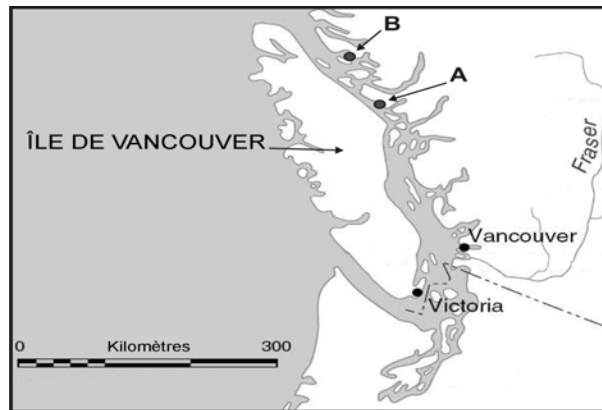




ÉVALUATION DU DEVENIR DU BENZOATE D'ÉMAMECTINE, L'INGRÉDIENT ACTIF DU SLICE[®], PRÈS DES INSTALLATIONS D'AQUACULTURE EN COLOMBIE-BRITANNIQUE ET DE SES EFFETS SUR LA CREVETTE TACHETÉE DU PACIFIQUE (*PANDALUS PLATYCEROS*)



Crevette tachetée du Pacifique (*Pandalus platyceros*)
Photo : Phillip Colla, OceanLight.com



Carte montrant l'emplacement des sites A et B de deux exploitations salmonicoles où de l'eau, des sédiments et des crevettes tachetées ont été prélevés à des fins d'analyse du BE, avant, pendant et après l'application de SLICE[®].

Contexte

Le pou du poisson est un parasite naturel du saumon et d'autres espèces de poissons vivant dans les eaux canadiennes et internationales. Le saumon d'élevage peut être infesté par le pou du poisson, et il est possible que des poux migrent des populations d'élevage aux populations sauvages. Les concentrations de poux du poisson dans les fermes d'élevage de saumons en Colombie-Britannique font l'objet d'une surveillance et de mesures de contrôle, afin d'atténuer leurs conséquences sur le poisson d'élevage et de réduire le risque d'infestation des poissons vivant à l'extérieur des installations. Parmi les stratégies actuellement utilisées pour lutter contre le pou du poisson, mentionnons la récolte, la mise en jachère et le traitement préventif au moyen d'agents chiomiothérapeutiques antiparasitaires. SLICE[®], dont la matière active est le benzoate d'émamectine (BE), est le seul agent chiomiothérapeutique antiparasitaire ajouté à la nourriture du poisson pour lutter contre le pou du poisson dans les fermes d'élevage de saumons en Colombie-Britannique. L'administration de tels traitements peut mener à la dispersion de BE dans l'environnement en général par diverses voies, notamment la solubilisation, le transport et la sédimentation de particules contenant du BE provenant d'aliments non consommés et de matières fécales du poisson. Il est donc possible que des produits chimiques soient présents dans la colonne d'eau, qu'ils s'accumulent dans les écosystèmes benthiques et que des organismes non ciblés soient exposés au BE. La Direction des sciences du MPO a effectué des recherches initiales en vue de mesurer les concentrations dans l'environnement de BE et de son produit de conversion principal, le 4'-désoxy-4'-épi-amino-avermectine B1a (BA), après l'application de SLICE[®] dans un certain nombre de fermes d'élevage de saumons en C.-B., ainsi que les répercussions toxicologiques potentielles de l'absorption du BE/BA par la crevette tachetée du Pacifique (*Pandalus platyceros*), en laboratoire et en mer. La Division de la gestion des pêches et de l'aquaculture de la région du Pacifique du MPO a demandé qu'un avis scientifique soit formulé sur la distribution spatiale et temporelle du BE près des fermes d'élevage de saumons et sur les effets biologiques sur les organismes non ciblés. Le présent

rapport expose les conclusions résultant du processus de consultation scientifique régional fondé sur la recherche connexe menée par le MPO.

Ce rapport de consultation scientifique résulte d'un processus de consultation scientifique régional (PCSR) du Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS). Des publications supplémentaires issues de ce processus seront mises en ligne dès que possible sur le calendrier des avis scientifiques du MPO au <http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/index-fra.htm>.

SOMMAIRE

- Les infestations de poux du poisson dans les fermes d'élevage de saumons en Colombie-Britannique font l'objet d'une surveillance et de mesures de contrôle, afin d'en atténuer les conséquences sur le poisson d'élevage et de réduire le risque d'infestation des poissons vivant à l'extérieur des fermes. SLICE®, dont la matière active est le benzoate d'émamectine (BE), est un agent chiomiothérapeutique antiparasitaire ajouté à la nourriture du poisson pour lutter contre le pou du poisson dans les fermes d'élevage de saumons en Colombie-Britannique.
- Un processus d'avis scientifique régional a été lancé pour passer en revue les résultats de la recherche effectuée par le MPO dans le but de déterminer les concentrations de BE dans l'environnement près de deux sites d'élevage de saumons de la Colombie-Britannique après l'application de SLICE®, ainsi que pour évaluer les répercussions toxicologiques potentielles de l'absorption du BE par la crevette tachetée du Pacifique (*Pandalus platyceros*), en laboratoire et en mer.
- On a mesuré, au moyen d'une nouvelle méthode d'analyse très sensible, les concentrations de BE et de son produit de conversion principal, le 4'-désoxy-4'-épi-amino-avermectine B1a (BA), dans l'eau, les sédiments et les crevettes tachetées, prélevés à deux sites d'élevage de saumons présentant des caractéristiques hydrodynamiques et biophysiques différentes avant, pendant et après l'application de SLICE®.
- De faibles concentrations de BE ont été décelées dans les eaux subsuperficielles sous chaque installation pendant le traitement au SLICE®. Le BE libéré dans la colonne d'eau s'est rapidement dissipé et ne pouvait plus être décelé 4 à 5 semaines après le traitement.
- La concentration de BE mesurée dans les sédiments de surface différait d'un site à l'autre. À l'un des sites, le BE dans les sédiments était resté près de la limite de quantification (LQ) de la méthode d'analyse. Dans l'autre, presque tout le BE qui avait atteint les sédiments était localisé, et les concentrations tombaient sous la LQ dans les 150 m entourant l'installation. On a retrouvé du BE dans les sédiments de ce site plus d'un an et demi après le traitement au SLICE®. Les concentrations de BA étaient de 30 % inférieures à la concentration de BE dans tous les sédiments.
- Les concentrations estimées de BE dans les sédiments représentent une petite fraction du BE appliqué au cours d'un cycle complet de traitement au SLICE®. Les données disponibles n'ont pas permis de générer un bilan massique complet pour le BE.
- Les concentrations de BE mesurées dans les tissus des crevettes tachetées récoltées dans les 150 m entourant chaque site d'élevage de saumons avaient augmenté dans les 100 jours suivant l'application de SLICE®. Le niveau et la durée de l'exposition en mer différaient de ceux qui avaient été utilisés pour les expérimentations en laboratoire qui faisaient partie intégrante de la même étude; il a donc été impossible d'établir une

corrélation directe entre les résultats obtenus en laboratoire et les mesures de BE prises en mer.

- Les expérimentations en laboratoire portent à croire qu'une exposition de courte durée (8 jours) des crevettes tachetées à des sédiments contenant du BE à des concentrations nettement supérieures à celles mesurées en mer peut altérer l'expression de certains gènes dans les tissus musculaires. Il a été impossible d'établir clairement la relation dose-effet, en qui concerne la mortalité ou les différences dans l'expression génétique observées au cours de ces expérimentations. Il est recommandé d'effectuer d'autres études comportant des mesures toxicologiques standards, des étapes de cycle de vie différentes, ainsi que des concentrations de BE pertinentes sur le plan environnemental, en plus de mener d'autres études sur l'expression génétique dans des conditions de laboratoire et en mer.
- Il est également recommandé d'inclure un éventail plus large de sites d'élevage de saumons de la Colombie-Britannique. Pour planifier les futures études et en interpréter les résultats, on peut utiliser l'information concernant l'utilisation du SLICE®, les conditions des sites et les pêches locales de crevettes qui se trouve dans diverses sources des gouvernements et de l'industrie.
- La recherche actuellement en cours montre que la distribution spatiale et temporelle du BE à proximité des fermes d'élevage de saumons varie d'une ferme à l'autre et que, sous certaines conditions, le BE peut persister et pourrait donc s'accumuler dans les sédiments près de celles-ci, selon l'étendue et la fréquence d'utilisation du SLICE®. Comme le BE est également biodisponible, on peut le mesurer dans les tissus musculaires des crevettes tachetées se trouvant près des fermes d'élevage de saumons qui ont été traités au SLICE®. Il faudra effectuer d'autres recherches pour évaluer les effets biologiques potentiels de faibles concentrations de BE et de ses métabolites sur les crevettes tachetées et sur d'autres organismes non ciblés.

INTRODUCTION

Le pou du poisson est un parasite naturel du saumon et d'autres espèces de poissons vivant dans les eaux canadiennes et internationales. Le saumon d'élevage peut être infesté par le pou du poisson, et il est possible que des poux migrent des populations d'élevage aux populations sauvages. Pêches et Océans Canada (MPO) admet qu'un taux élevé d'infestation par les poux peut nuire à la survivabilité des jeunes saumons. En conséquence, les concentrations de poux du poisson dans les fermes d'élevage de saumons en Colombie-Britannique font l'objet d'une surveillance, afin d'en atténuer les conséquences sur le poisson d'élevage et de réduire le risque d'infestation des poissons vivant à l'extérieur des fermes.

Parmi les stratégies utilisées pour lutter contre le pou du poisson, mentionnons la récolte, la mise en jachère (modification des cycles de production pour limiter la présence de poissons d'élevage au cours de périodes clés), et le traitement préventif des installations aquicoles avec des agents chiomiiothérapeutiques antiparasitaires, conformément aux ordonnances délivrées par les vétérinaires traitants. SLICE®, un traitement ajouté à la nourriture dont la matière active est le benzoate d'émamectine (BE), est le seul produit chimique utilisé pour lutter contre le pou du poisson dans les fermes d'élevage de saumons en Colombie-Britannique.

L'administration de tels traitements pour maîtriser les infestations de poux du poisson dans les fermes d'élevage de saumons en Colombie-Britannique peut mener à la dispersion de BE dans l'environnement en général par diverses voies, notamment la solubilisation, le transport et la

sédimentation de particules contenant du BE provenant d'aliments non consommés et de matières fécales du poisson. Il est donc possible que des produits chimiques soient présents dans la colonne d'eau, qu'ils s'accumulent dans les écosystèmes benthiques et que des organismes non ciblés soient exposés au BE. Plusieurs groupes d'intervenants, notamment la Pacific Prawn Fishermen's Association et des Premières nations ont exprimé leurs préoccupations concernant l'absorption du BE par des organismes non ciblés près des fermes d'élevage de saumons en Colombie-Britannique et ses répercussions potentielles sur ceux-ci.

La compréhension du niveau d'exposition des organismes aquatiques au BE et à d'autres substances chimiques constitue un aspect important de la recherche du MPO et offre un corpus de connaissances critiques à divers utilisateurs finaux, notamment les gestionnaires de l'environnement, les organismes chargés de la réglementation de l'industrie de l'aquaculture et l'industrie de l'aquaculture. Les avis scientifiques sont nécessaires pour appuyer la réglementation de l'environnement et la prise de décisions concernant l'aquaculture.

Le Programme de recherche sur la réglementation de l'aquaculture (PRRA) subventionne les recherches effectuées par les scientifiques du MPO dans le but d'accroître le corpus des connaissances scientifiques qui sont utilisées pour orienter l'élaboration de règlements sur l'environnement relatifs aux écosystèmes et la prise de décisions concernant le secteur de l'aquaculture. Au cours des dernières années, la Direction des sciences du MPO a mené des recherches, subventionnées par le PRRA et d'autres programmes, sur le devenir du BE près des fermes d'élevage de saumons de la Colombie-Britannique qui utilisent le SLICE® et sur les effets potentiels de ce produit sur la crevette tachetée du Pacifique (*Pandalus platyceros*), une espèce non ciblée importante sur le plan commercial.

Cette recherche du MPO a été réalisée en partenariat avec le B.C. Pacific Salmon Forum, le ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique, Environnement Canada, l'Université de Victoria, la Pacific Prawn Fishermen's Association, Marine Harvest Canada, ainsi que Mainstream Canada.

Justification de l'évaluation

La Division de la gestion des pêches et de l'aquaculture de la région du Pacifique du MPO a demandé qu'un avis scientifique soit formulé sur le devenir et la distribution spatiale et temporelle du benzoate d'émamectine (BE), en tant que matière active d'un traitement utilisé pour lutter contre le pou du poisson dans les fermes d'élevage de saumons en Colombie-Britannique et sur les effets biologiques potentiels sur les organismes non ciblés. Cet avis sera utilisé par les gestionnaires de l'environnement, les organismes de réglementation de l'aquaculture et l'industrie de l'aquaculture et pourrait constituer la base des éléments de futurs processus de consultation sur les activités aquacoles par le biais de plans de gestion intégrée de l'aquaculture (PGIA).

ÉVALUATION

Cet exercice avait pour objet de produire une évaluation détaillée sur (i) le devenir du BE et de son produit de conversion principal, le 4'-désoxy-4'-épi-amino-avermectine B1a (BA), sur les fermes d'élevage de saumons en cage par suite du traitement au SLICE®, (ii) des effets toxicologiques potentiels de l'absorption de BE/BA par la crevette tachetée du Pacifique en laboratoire et en mer, en utilisant une approche fondée sur la génomique.

Cette approche double vise à procurer un cadre normalisé pour évaluer les effets biologiques potentiels du BE/BA, tandis que les résultats de l'étude en laboratoire offrent un contexte pour l'évaluation sur place du BE et du BA dans l'eau, les sédiments et le biote. Les mesures environnementales peuvent également être utilisées pour mettre à l'essai, étalonner et mettre en application le modèle DEPOMOD de suivi des particules pour prédire le comportement du BE dans les écosystèmes aquatiques pertinents et contribuer à l'élaboration d'une politique sur la réglementation de l'utilisation du SLICE®.

Méthodes

Collecte d'échantillons

L'emplacement des échantillonnages sur les sites A et B (Fig. 1) et sur les sites de référence a été fixé et des échantillons d'eau, de sédiments et de biote (crevette tachetée du Pacifique) ont été prélevés avant, pendant et après l'application de SLICE® sur les sites A et B. Le tableau 1 contient les données hydrodynamiques et biophysiques pour les deux sites d'élevage de saumons.

Tableau 1. Données biophysiques et hydrodynamiques disponibles sur les sites A et B d'élevage de saumons.

Site	Biomasse de pointe maximale autorisée (tonnes)	Profondeur (mètres)	Vitesse moyenne du courant près de la surface (cm/s)	Vitesse moyenne du courant près du fond (cm/s)
A	2550	70	6.7	3.9
B	650	50-80	9.1	5.1

Pour des raisons d'ordre logistique, le nombre d'échantillons prélevés était plus élevé et, par conséquent, les ensembles de données plus complets sur le site A que sur le site B (où les sédiments benthiques étaient relativement rares).

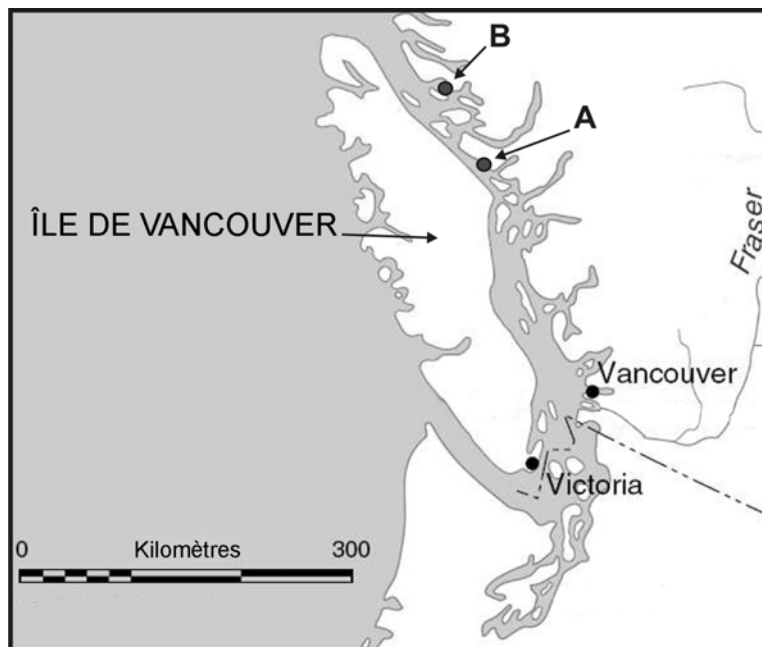


Figure 1. Carte montrant l'emplacement, dans l'archipel de Broughton, des sites A et B des deux fermes d'élevage de saumons où de l'eau, des sédiments et des crevettes tachetées ont été prélevés à des fins d'analyse du BE et du BA, avant, pendant et après le traitement au SLICE®.

Des échantillons d'eau ont été prélevés à une profondeur de 30 à 60 cm au moyen de bouteilles de verre ambré de 4 litres. Les échantillons d'eau sur le site A ont été prélevés le long de deux transects s'étendant d'est en ouest, à des distances de 0, 30, 60, 100 et 150 m des parcs en filet et à une station de référence. Les échantillons ont été prélevés en triple, tout d'abord à la station de référence, puis au point où l'on s'attendait à trouver la concentration la plus faible jusqu'à celui où l'on anticipait la concentration la plus élevée le long de chaque transect. Sur le site B, les échantillons d'eau ont été prélevés uniquement à 0 m du coin sud-ouest de la ferme. Les bouteilles de 4 litres ont été transportées dans des sacs scellés, puis, à l'arrivée à l'Institut des sciences de la mer (ISM), à Sidney, en Colombie-Britannique, l'eau a été gelée et entreposée à -20 °C jusqu'au moment de l'analyse.

Les échantillons de sédiments ont été recueillis au moyen d'une benne Van Veen. Là encore, les échantillons sur le site A ont été prélevés le long de transects des parcs en filet s'étendant d'est en ouest, à des distances de 0, 30, 60, 100 et 150 m, et à la station de référence. Des échantillons en double ont été préparés en retirant le premier centimètre de sédiments que l'on a déposé et rangé dans des pots de verre ambré de 100 ml, nettoyés selon les normes en matière de substances organiques à l'état de traces. Les échantillons ont été prélevés, tout d'abord à la station de référence, puis du point où l'on s'attendait à trouver la concentration la plus faible jusqu'à celui où l'on anticipait la concentration la plus élevée le long de chaque transect. Sur le site B, les échantillons de sédiments ont été recueillis à 0, 100 et 300 m au sud-ouest des parcs en filet. Les échantillons dans les pots de verre ambré ont été transportés à l'ISM dans des glacières, puis gelés (-20 °C) et entreposés jusqu'au moment de l'analyse.

Des crevettes tachetées du Pacifique sauvages ont été récoltées dans des trappes à crevettes ordinaires appâtées au moyen d'aliments en grains pour le saumon. Les crevettes ont été récoltées sur le site A, à des distances de 0, 100 et 300 m à l'ouest du parc en filet, de manière à respecter la direction est-ouest des courants sur ce site. Les crevettes de contrôle ont été récoltées sur un site de référence éloigné de la ferme. Les crevettes capturées vivantes ont immédiatement été échantillonnées et soumises à une analyse génomique; à cette fin, on a retiré le premier segment abdominal et extrait une petite section dorsale de tissu musculaire que l'on a immédiatement déposé dans une solution RNA-Later et conservé sur la glace pendant 24 heures avant de le faire geler. Le reste du tissu des crevettes a été déposé dans des sacs Ziploc et rangé en prévision de l'analyse de BE.

Les trappes pour récolter des crevettes vivantes sur le site de référence ont été placées à une distance de 0 m (du coin des parcs en filet) sur les sites A et B avant le traitement au SLICE®, ainsi que sur le site de référence. Ce dernier a servi de contrôle pour les crevettes sauvages comme pour les crevettes en captivité échantillonnées sur les sites A et B. Les crevettes en captivité ont été nourries de calmars à différents moments pendant l'exercice, puis elles ont été soumises à des analyses génomiques et de détection du BE de la même manière que les crevettes sauvages. Toutefois, en raison de problèmes imprévus, on n'a pas obtenu tous les échantillons prévus des crevettes en captivité et, en conséquence, les données sont insuffisantes pour interpréter les résultats de l'analyse génomique des crevettes tachetées sauvages et des crevettes en captivité.

Analyse chimique

Les mesures de BE et de son produit de conversion principal (BA) dans l'eau, les sédiments et les échantillons biologiques ont été effectuées selon une nouvelle méthode d'analyse très sensible au moyen d'un spectromètre de masse LC-ESI-MS/MS à haut rendement. Cette

méthode permet une quantification précise et exacte du BE et du BA, en parties par milliard, dans les sédiments et les extraits de tissu et, en parties par billion, dans les échantillons d'eau. Les limites de quantification (LQ) du BE étaient de 0,006 ng/l (parties par billion), 0,12 ng/g (parties par milliard) et 0,09 ng/g (parties par milliard), respectivement, dans l'eau, les sédiments et le tissu musculaire des crevettes (déterminé en fonction du poids humide). On trouvera des précisions sur la méthode sous *Ikonomou et Surridge (2012)*.

Analyse génomique

Les crevettes tachetées sauvages récoltées près de l'ISM ont été exposées pendant 8 jours à des sédiments contenant de 0,1 à 4,8 mg/kg (parties par million) de BE dans des conditions statiques d'aquarium, puis elles ont été échantillonnées pour déterminer la présence de BE et soumises à une analyse génomique de la manière décrite ci-dessus. Une banque soustractive d'ADNc a été créée; elle contient des séquences génétiques exprimées qui augmentaient dans le transcriptome musculaire à la suite de l'exposition au BE. Des séquences partielles (transcription de l'ARNm) de 12 gènes exprimés distincts ont été sélectionnées en vue du développement d'un essai de qPCRT et de l'évaluation préalable des effets biologiques de l'exposition au BE. On trouvera des précisions sur la méthodologie employée sous *Veldhoen et al. (2012)*.

Résultats

Le mandat de cette évaluation comprenait la question générale suivante :

Est-ce que l'utilisation actuelle de SLICE® dans les fermes d'élevage de saumons de la Colombie-Britannique entraîne l'exposition d'organismes non ciblés à des concentrations de benzoate d'émamectine (BE) pouvant avoir des effets biologiques?

Les conclusions de cette évaluation montrent que (i) le BE peut persister et, en conséquence, qu'il pourrait s'accumuler dans les sédiments situés près des fermes de saumons, selon l'étendue et la fréquence d'utilisation du SLICE® et des conditions locales du site; (ii) le BE est également biodisponible, et il a été possible de le mesurer dans les tissus musculaires des crevettes tachetées récoltées près des fermes d'élevage de saumons qui avaient été traitées au SLICE®. Toutefois, il faudra effectuer d'autres recherches pour évaluer la bioaccumulation du BE et les effets biologiques potentiels du BE et de ses métabolites sur les crevettes tachetées et sur d'autres organismes non ciblés.

Voici le résumé des réponses apportées par les résultats de l'évaluation aux questions spécifiques posées dans le mandat.

1. *Est-ce que le benzoate d'émamectine (BE) peut être décelé dans l'eau et les sédiments entourant les fermes d'élevage de saumons et les sites de référence distants dans les eaux côtières de la Colombie-Britannique?*

On a décelé du BE, en parties par billion, dans des échantillons d'eau subsuperficielle prélevés à proximité immédiate de deux fermes d'élevage de saumons en Colombie-Britannique après le traitement au SLICE®. Du BE a également été mesuré, en parties par milliard, dans les échantillons de sédiments de surface prélevés dans les 150 m entourant les parcs en filet de chaque site. Les limites de quantification (LQ) visant l'eau et les sédiments étaient de 0,006 parties par billion et 0,12 parties par milliard, respectivement.

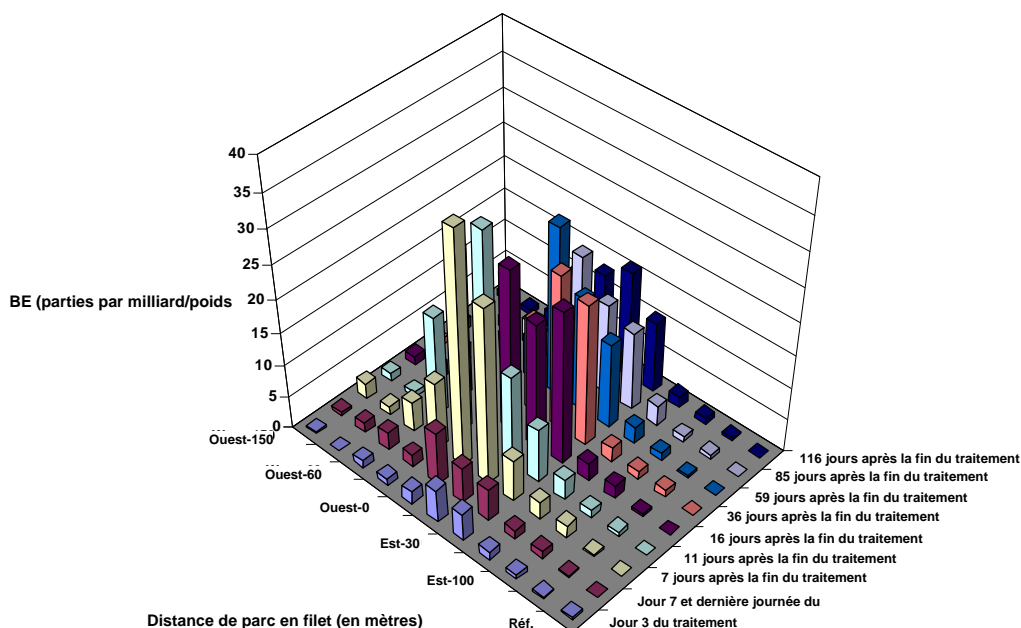


Figure 2. Concentrations de benzoate d'émamectine (BE) (parties par milliard/poids humide) mesurées dans les échantillons de sédiments de surface prélevés sur le site A jusqu'à 4 mois après l'application de SLICE® le 12 janvier 2009. Les échantillons avaient été prélevés à des distances de 0, 30, 60, 100 et 150 m à l'est et à l'ouest de la ferme et à un site de référence distant. La teneur moyenne en humidité des échantillons de sédiments s'établissait à 69,7 % ± 11,4 %.

2. Quelle est la distribution spatiale et temporelle du BE à proximité des fermes de saumons après le traitement au SLICE®, et comment se compare-t-elle à celle des sites de référence?

Les plus fortes concentrations de BE mesurées sur le site A (35 parties par milliard) et sur le site B (0,33 parties par milliard) se trouvaient dans les sédiments de surface prélevés à une distance de 0 m (c.-à-d. en bordure des parcs en filet) environ 2 à 3 semaines après le traitement au SLICE® (la figure 2 montre les données sur les sédiments prélevés sur le site A). Les concentrations de BE dans les sédiments prélevés à une distance de 100 à 150 m des sites A et B se situaient près de la limite de quantification visant les sédiments (0,12 parties par milliard). Le BE se situait près ou sous la limite de détection (0,06 parties par milliard) dans les sédiments prélevés sur les deux sites de référence.

Les concentrations de BE dans l'eau étaient les plus élevées (0,6 parties par billion) dans les 50 m autour des parcs en filet le jour suivant le traitement au SLICE®, se situant sous la limite de quantification visant l'eau (0,006 parties par billion) à une distance de 150 m entourant les sites A et B et sur les sites de référence. Environ 4 à 5 semaines après le traitement au SLICE®, le BE et son produit de conversion principal, le BA, étaient indétectables dans les échantillons d'eau.

3. En quoi les traces de BE sont-elles liées aux conditions locales (p. ex., sites de dépôt ou de dispersion, pH) et est-ce que l'on peut modéliser efficacement la distribution et la décomposition du BE?

Le BE rejeté dans la colonne d'eau pendant le traitement au SLICE® se dissipe rapidement, tandis que presque tout le BE qui atteint les sédiments reste localisé dans les 150 m entourant la ferme. On a mesuré du BE à des concentrations en parties par milliard dans les sédiments du site A, mais à des concentrations inférieures aux parties par milliard dans ceux du site B, ce qui montre que les caractéristiques hydrodynamiques et biophysiques des deux sites diffèrent (tableau 1).

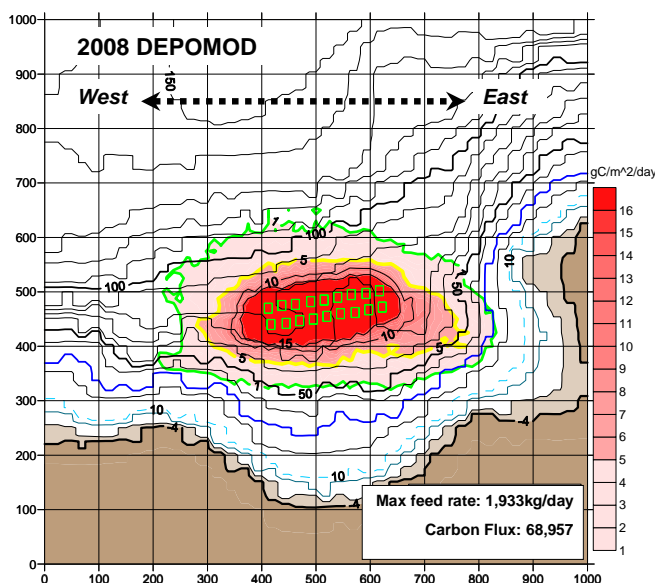


Figure 3. Modélisation DEPOMOD de l'accumulation de matières solides sur le site A en 2008. L'orientation des parcs en filet de saumons était la même en 2009, lorsque la présente étude a été entreprise.

Même si la distribution de BE dans les sédiments du site A montre une corrélation entre le profil d'accumulation de sédiments prévue au moyen du programme de suivi de particules DEPOMOD (Fig. 3), la quantité estimée de BE dans les sédiments représente une petite fraction seulement du BE qui est appliqué pendant le cycle complet de traitement au SLICE®. Il faudra obtenir de plus amples renseignements (par exemple la quantité de BE lié aux particules en suspension) pour pouvoir modéliser efficacement la distribution et le devenir du BE ou obtenir un bilan massique complet et exact.

Le BE était présent à de faibles concentrations, en parties par milliard, dans les sédiments du site A plus d'un an et demi après le traitement au SLICE®. Ce résultat montre que le BE peut persister et, en conséquence, qu'il pourrait s'accumuler dans les sédiments près des fermes d'élevage de saumons. On a également observé que les concentrations de BA restaient de 30 % inférieures aux concentrations de BE mesurées dans le même échantillon. Les concentrations relativement faibles de BE et de BA qui ont été mesurées sur le site B montrent qu'il y a lieu de réaliser d'autres études à partir d'autres sites de fermes d'élevage de saumons

de la Colombie-Britannique représentant un éventail plus vaste de conditions hydrodynamiques et d'y intégrer de l'information détaillée sur l'étendue de l'utilisation du SLICE® sur chaque site.

4. Comment peut-on comparer les concentrations de BE mesurées dans l'eau et les sédiments sur les sites de référence et dans les 300 mètres entourant les fermes d'élevage de saumons à celles qui ont été mesurées chez les organismes non ciblés (p. ex., crevettes) et à celles qui, selon les études toxicologiques, ont des effets biologiques?

Les concentrations de BE mesurées dans les tissus des crevettes tachetées récoltées dans les 150 m entourant les sites A et B atteignaient 3,1 parties par milliard 100 jours après le traitement au SLICE®. Toutefois, le niveau et la durée de l'exposition différaient du niveau et de la durée d'exposition utilisés lors des expérimentations en laboratoire menées dans le cadre de la même étude. Par conséquent, il a été impossible d'établir une corrélation entre les résultats de ces expérimentations et les mesures du BE sur le terrain.

Les résultats des expérimentations en laboratoire axées sur la génomique, réalisées dans des conditions statiques en aquarium, portent à croire que l'exposition de courte durée au BE à des concentrations nettement supérieures à celles mesurées sur le terrain peut altérer l'expression génétique des crevettes tachetées. Toutefois, il a été impossible d'établir clairement la relation dose-effet, en qui concerne la mortalité ou les différences dans l'expression génétique observées au cours de ces expérimentations. Les mesures toxicologiques standards telles que les concentrations minimales sans effet nocif observé (CMENO) ou les concentrations sans effet nocif observé (CSENO) et la concentration létale (CL₅₀) n'étaient pas comprises dans l'étude et, pour le moment, la documentation disponible sur la crevette tachetée ne donne aucune information sur ces effets qui permettrait de faire des comparaisons avec les résultats des études génomiques ou des mesures du BE sur le terrain. Il est recommandé d'effectuer d'autres études comportant des mesures toxicologiques standards, des étapes de cycle de vie différentes, ainsi que des concentrations de BE pertinentes sur le plan environnemental, en plus de mener d'autres études sur l'expression génétique dans des conditions en laboratoire et en mer.

Sources d'incertitude

L'étude sur les sites A et B représente un petit sous-ensemble de fermes aquatiques d'élevage de saumons en cage en Colombie-Britannique, même si les différentes conditions hydrodynamiques et benthiques (p. ex., moins d'alimentation intensive et plus grande sédimentation sur le site A) offrent un certain contexte pour l'interprétation des mesures de BE à chaque site. Il est recommandé d'effectuer d'autres études comportant d'autres sites d'aquaculture, de formuler d'autres prévisions de particules en suspension en provenance de ces sites au moyen du DEPOMOD, ainsi que de réaliser une analyse du BE dans ces particules au moyen d'échantillonnage des sédiments en suspension. Il faudra également obtenir de l'information détaillée sur l'utilisation du SLICE® et les conditions locales pour modéliser et prédire efficacement le devenir du BE dans l'environnement et ses effets potentiels résultant des traitements au SLICE®.

Pour le moment, à cause des différences dans le niveau et la durée de l'exposition au BE, il est impossible d'établir des liens entre les résultats des études génomiques en laboratoire des effets biologiques potentiels du BE sur les crevettes tachetées et les mesures sur le terrain du BE dans l'eau, les sédiments et le biote. Il faudra réaliser d'autres études comportant des mesures toxicologiques standards (p. ex., CMENO, CSENO, CL₅₀), des étapes du cycle de vie différentes et des concentrations de BE pertinentes sur le plan environnemental pour obtenir

une évaluation toxicologique des effets du BE sur les crevettes tachetées et interpréter les répercussions potentielles sur les crevettes sauvages, les pêches et les écosystèmes.

Les crevettes tachetées du Pacifique sont importantes sur le plan commercial certes, mais d'autres espèces sont peut-être plus sensibles aux effets biologiques du BE. Des études pertinentes de ces effets sur d'autres espèces (p. ex., le crabe, la crevette, les crustacés planctoniques) sont en conséquence justifiées.

Considérations écosystémiques

Même si les résultats procurent de l'information sur la distribution et le devenir du BE près des fermes d'élevage de saumons et sur ses effets potentiels sur les crevettes tachetées, l'étude actuelle n'offre pas suffisamment d'information pour permettre de mesurer les effets potentiels du BE à l'échelle écosystémique. D'autres études, portant cette fois sur les effets cumulatifs du BE, y compris la bioaccumulation du BE et du BA dans les crevettes tachetées et d'autres organismes et prédateurs résidents, ainsi que la dispersion à plus grande échelle, la persistance et l'accumulation possible du BE dans les sédiments sont nécessaires pour évaluer ces effets écosystémiques potentiels.

CONCLUSIONS ET AVIS

Voici les conclusions et les recommandations spécifiques résultant de cette étude.

- Il a été établi dans le cadre d'une étude sur le traitement au SLICE® effectué dans deux sites que les concentrations de BE dans les sédiments de surface se situaient entre 0,12 parties par milliard (limite de quantification ou LQ de la méthode d'analyse) à 35 parties par milliard dans un rayon de 150 m entourant ces sites. Les concentrations de BE dans les sédiments du site B étaient nettement plus faibles que celles du site A, ce qui peut être attribué aux conditions hydrodynamiques et biophysiques différentes sur les deux sites.
- On a trouvé du BE dans les sédiments de surface où le SLICE® avait été utilisé. Des résidus de BE, de l'ordre de 3 parties par milliard, ont persisté dans les sédiments autour du site A pendant une période prolongée (>1,5 an). Le site B et quatre sites avoisinants ont également été échantillonnés en même temps et les concentrations de BE se situaient entre 0,12 parties par milliard (méthode de la LQ) et 6,5 parties par milliard. Lors des prochains travaux, il est recommandé de relier l'historique d'utilisation du SLICE® au profil des sédiments dans ces fermes d'élevage de saumons et d'autres en Colombie-Britannique.
- La conversion du BE à son produit de conversion principal, le BA, a été constatée dans les sédiments recueillis sur le site A. Les concentrations de BA étaient de 30 % inférieures aux concentrations de BE mesurées dans le même échantillon sur une période de 115 jours suivant le traitement au SLICE®. Ce rapport n'a pas changé dans les échantillons prélevés jusqu'à un an et demi plus tard sur le site A ou sur d'autres sites soumis à une évaluation.
- On a décelé du BE dans les échantillons d'eau subsuperficielle à des concentrations se situant entre 0,006 parties par billion (méthode de la LQ) et 0,635 parties par billion sur les deux sites de l'étude pendant le traitement au SLICE®. Le BE semblait se dissiper rapidement au fil du temps et n'a pas été décelé dans l'eau subsuperficielle 4 à 5 semaines après le traitement. On n'a pas décelé de BA dans les échantillons d'eau.
- On a mesuré du BE à des concentrations se situant entre 0,09 parties par milliard (méthode de la LQ) et 3,1 parties par milliard dans le tissu musculaire des crevettes tachetées récoltées à proximité des fermes d'élevage de saumons traitées au SLICE® plus de

100 jours après le traitement. On a également décelé du BA à une concentration d'environ 30 % de celle du BE.

- Les examens en laboratoire dans des conditions statiques d'aquarium montrent qu'une exposition de courte durée (8 jours) à des sédiments contenant >100 parties par milliard de BE peut altérer l'expression de gènes spécifiques (profils d'abondance dans l'ARNm) dans le tissu musculaire. Il a été impossible d'établir des liens directs entre ces études et les mesures sur le terrain du BE dans l'eau, les sédiments ou le biote. De plus, les recherches comportant des mesures toxicologiques standards (CMENO, CSENO, CL₅₀), différentes étapes de cycle de vie (p. ex., avant la mue), et des concentrations pertinentes pour l'environnement sont nécessaires pour déterminer les effets du BE sur les crevettes et d'autres organismes sensibles, les pêches et les écosystèmes.
- On a effectué une analyse de l'expression génétique de crevettes sauvages et de crevettes en captivité qui avaient été récoltées près des sites de fermes d'élevage de saumons. Toutefois, on n'a pas suffisamment d'information pour interpréter les résultats de ces analyses. Il est recommandé d'entreprendre d'autres travaux sur l'expression génétique.
- Les techniques d'échantillonnage disponibles étaient adéquates pour une étude menée initialement dans le but d'évaluer le devenir du BE. Parmi les recommandations visant les futures études figurent une plus grande utilisation du modèle DEPOMOD de suivi des particules et des stratégies d'échantillonnage qui procureront un complément d'information (y compris les concentrations de BE dans les particules en suspension et les eaux de fond) pour déterminer les concentrations de BE dans l'environnement et son devenir.
- La spectrométrie de masse LC-ESI-MS/MS offre la sensibilité, la spécificité et la précision requises pour mesurer le BE, le BA et d'autres substances chimiques préoccupantes dans les échantillons environnementaux et biologiques. Les chercheurs du MPO ont accès à cette technologie par le biais du Laboratoire d'expertise pour l'analyse chimique aquatique (LEACA) à l'Institut des sciences de la mer, à Sidney, en Colombie-Britannique.

Les conclusions de cette évaluation montrent que (i) le BE peut persister et, en conséquence, qu'il pourrait s'accumuler dans les sédiments près des fermes d'élevage de saumons, selon l'étendue et la fréquence d'utilisation du SLICE® et les conditions locales sur le site; (ii) le BE est également biodisponible, et on peut le mesurer dans les tissus musculaires des crevettes tachetées récoltées près des fermes d'élevage de saumons qui ont été traitées au SLICE®. Le BE rejeté dans l'environnement par suite de l'application de SLICE® se dissipe rapidement et presque tout le BE qui atteint les sédiments benthiques reste localisé à une courte distance (150 m) du site de la ferme d'élevage. Toutefois, il a été impossible d'extrapoler les mesures prises sur ces deux sites de l'étude à d'autres sites d'aquaculture en Colombie-Britannique, car il n'y a pas suffisamment de données pour établir un lien entre les conditions sur ces sites et le devenir du BE dans l'environnement ou ses effets potentiels sur les pêches et les écosystèmes. D'autres recherches sont nécessaires pour évaluer la persistance du BE dans les écosystèmes aquatiques, ainsi que la bioaccumulation et les effets biologiques potentiels du BE et de ses métabolites sur les crevettes tachetées et d'autres organismes non ciblés.

SOURCES D'INFORMATION

Le présent avis scientifique est le fruit d'un processus consultatif régional (PCR) découlant d'une réunion du Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS), de Pêches et Océans Canada, tenue les 18 et 19 octobre 2011 pour évaluer l'impact environnemental du traitement contre le pou du poisson par le pesticide SLICE® dans des installations aquicoles de Colombie-Britannique. Des publications additionnelles découlant de cette réunion seront mises en ligne dès que possible sur le Calendrier des avis scientifiques au <http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/index-fra.htm>.

Ikonomou, M.G. et Surridge, B.D. (sous presse). Ultra-Trace Determination of Aquaculture Chemotherapeutants and Degradation Products in Environmental Matrices by LC/MS/MS. *Intern. J. Environ. Anal. Chem.*

Veldhoen, N., Ikonomou, M.G., Buday, C., Jordan, J., Rehaume, V., Cabecinha, M., Dubetz, C., Chamberlain, J., Pittroff, S., Vallee, K., van Aggelen, G., Helbing, C. (sous presse). Biological Effects of the Anti-parasitic Chemotherapeutant Emamectin Benzoate on a Non-target Crustacean, the Spot Prawn (*Pandalus platyceros* Brandt, 1851) under Laboratory Conditions. *Aquatic Toxicol.*

POUR DE PLUS AMPLES RENSEIGNEMENTS

Communiquer : Dr. Andrew R.S. Ross
avec : Institut des sciences de la mer, Pêches et Océans Canada
9860, chemin West Saanich Road, Sidney, C.-B. V8L 4B2

Téléphone : (250) 363-6800
Télécopieur : (250) 363-6807
Courriel : Andrew.Ross@dfo-mpo.gc.ca

Ce rapport est disponible auprès du :

Centre des avis scientifiques (CAS)
Région du Pacifique
Pêches et Océans Canada
Station biologique du Pacifique
3190, chemin Hammond Bay
Nanaimo (Colombie-Britannique), Canada, V9T 6N7

Téléphone : 250-756-7208
Courriel : CSAP@dfo-mpo.gc.ca
Adresse Internet : www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs

ISSN 1919-5109 (Imprimé)
ISSN 1919-5117 (en ligne)
© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2012

*An English version is available upon request at the above
address.*



LA PRÉSENTE PUBLICATION DOIT ÊTRE CITÉE COMME SUIT :

DFO. 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.