

Rapport du Partenariat pour une forêt en santé sur la surveillance de l'eau dans les zones de recherche de 2021 pour déterminer la présence de l'insecticide biologique Foray^{md} 76B *Bacillus thuringiensis* variété *kurstaki* (*Btk*) et du tébufénozide

Par Emily Owens¹ et Rob Johns, Ph.D.¹

Contexte

En 2015, la Stratégie d'intervention précoce (SIP) du Partenariat pour une forêt en santé lançait un programme de surveillance de l'eau afin de quantifier les dépôts de *Btk* et de tébufénozide par suite d'applications dans le cadre du projet de la SIP. Les résultats du programme de surveillance de l'eau de 2021 sont présentés ci-dessous.

Produits

Btk

Le *Bacillus thuringiensis* variété *kurstaki* (*Btk*) est une bactérie présente à l'état naturel utilisée à profit comme agent de lutte biologique en raison de son efficacité pour réprimer les populations d'insectes ravageurs forestiers et agricoles au stade larvaire. Le *Btk* est hautement efficace car toxique pour les larves de certaines espèces d'insectes ravageurs tout en n'ayant aucun effet sur les humains, les autres mammifères, les oiseaux, les poissons ni les amphibiens (Meher et al. 2002). Le *Btk* est toxique uniquement pour des espèces d'insectes particulières (p.ex. chenilles qui s'alimentent) et est efficace dans la lutte contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette. L'application du *Btk* se fait par pulvérisation aérienne des forêts d'épinette et de sapin. Afin d'être létal il doit être ingéré par la larve de la tordeuse. Une fois ingérée, la bactérie produit des spores et des cristaux qui se transforment en toxines lorsqu'elle se trouve dans le système digestif hautement alcalin de l'insecte. Notons que le système digestif des vertébrés est très acide ce qui fait que le *Btk* passe au travers sans s'activer. Les cristaux que forment le *Btk* détruisent la paroi intestinale de l'insecte, ce qui permet aux spores et à d'autres bactéries toxiques de l'estomac d'envahir le reste de l'organisme causant ainsi l'empoisonnement et entraînant la mort. (Henry, 2014).

Des décennies de tests n'ont recensé aucune instance de toxicité parmi les poissons, les mammifères, les oiseaux, les amphibiens ni aucun organisme aquatique. Seules les larves actives de certains ordres d'insectes sont susceptibles aux effets du *Btk* (Ressources naturelles Canada, 2016). Les études sur les variétés du *Bt* montrent que la bactérie n'a pas d'effet mesurable sur les organismes non ciblés, y compris les organismes aquatiques et les organismes endogés non ciblés (Beavers et Smith, 1990; Christensen, 1990; EPA, 1998). Dans le cas des rongeurs, aucun effet observable (p.ex. changements dans les comportements, la masse corporelle ou l'état des organes) n'a été constaté à des concentrations de 125 milliards d'UFC/ml (Meher et al. 2002), ce qui est plus de 200 000 fois plus élevé que la concentration moyenne la plus élevée détectée dans les rivières échantillonnées dans le cadre de ce projet de surveillance de l'eau. On n'a rapporté aucune toxicité chez d'autres groupes d'insectes non ciblés à des concentrations de plus de 100 000 UFC/ml (EPA, 1998). L'absence d'effets toxiques par le *Btk* chez les mammifères a mené l'Organisation mondiale de la santé à conclure de l'innocuité de l'utilisation du *Btk* dans la lutte

¹ Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts – Centre de foresterie de l'Atlantique, Fredericton, Nouveau-Brunswick, Canada, E3B 5P7

antiparasitaire en agriculture, en horticulture et en silviculture (OMS, 1999). L'OMS indique également qu'il est peu probable que le *Btk* pose un danger pour les humains et d'autres vertébrés en raison des mécanismes qui sous-tendent la toxicité du *Btk* pour les espèces d'insectes visés (OMS, 1999). En outre, l'Agence de protection de l'environnement des États-Unis (EPA) a mis fin aux exigences d'études supplémentaires sur la toxicité du *Btk*, reconnaissant ainsi l'absence de danger pour la santé humaine.

Le tébufénozide

Un autre produit utilisé pour réprimer la tordeuse des bourgeons de l'épinette est le tébufénozide. Le tébufénozide est une version synthétisée d'un important régulateur de croissance des insectes qui en perturbe le développement normal, entraînant ainsi la mort ou la stérilité (Ressources naturelles Canada, 2016). Comme pour le *Btk*, le tébufénozide doit être ingéré par les larves pour produire des résultats. Les traitements au tébufénozide sont épandus par voie aérienne sur les forêts d'épinette et de sapin. Habituellement, les larves arrêtent de se nourrir presque aussitôt qu'elles ont ingéré le produit et meurent un jour ou deux plus tard. Le tébufénozide n'a aucun effet néfaste sur les oiseaux, les mammifères, les espèces aquatiques ni les invertébrés au sol (ministère de l'Agriculture des É.-U., 2012; Sundaram, 1997). Seules les larves qui s'alimentent y sont sensibles (Ressources naturelles Canada, 2016). En général, de 90 à 95 % du tébufénozide est déposé sur le couvert forestier et résiste relativement bien aux intempéries, ce qui signifie qu'il n'est pas facilement lessivé par la pluie (Kreutzweiser et Nicholson, 2007; Sundaram, 1995). La portion qui atteint le sol reste en surface, dans les cinq premiers centimètres, et se dégrade avec le temps par l'action des micro-organismes dans le sol, les rayons UV du soleil et l'humidité, et est inoffensive pour les invertébrés endogés (Sundaram, 1997; Thompson et Kreutzweiser, 2007; Addison, 1996).

Des études sur l'innocuité du tébufénozide, même lorsqu'il est présent à des concentrations très élevées, n'ont montré aucun effet important sur les espèces testées (Kreutzweiser et Capell, 1994). Même à une concentration maximale testée de 3,5 mg/L ou 100 fois les concentrations attendues dans l'environnement, aucun effet significatif n'a été observé sur la survie des espèces testées, y compris les invertébrés endogés et les macro-invertébrés (Kreutzweiser et Capell, 1994; Addison, 1996).

Protocole d'échantillonnage

On a prélevé des échantillons d'eau dans les bassins hydrographiques de la rivière Miramichi Northwest (figure 1) et de la rivière Jacquet (figure 2). Le bassin hydrographique de la rivière Miramichi a été traité dans les limites ou à proximité de la zone de traitement au *Btk*, et le bassin hydrographique de la rivière Jacquet a été traité dans les limites ou à proximité de la zone de traitement au tébufénozide. On a prélevé des échantillons aux intervalles suivants : 1) dans la semaine précédant le traitement initial au *Btk*, 2) dans les deux jours suivant le traitement final au *Btk* et au tébufénozide, 3) deux semaines après le traitement final au *Btk* et au tébufénozide. Ces périodes d'échantillonnage suivent généralement les procédures élaborées et utilisées par la Société de protection contre les insectes et maladies (SOPFIM) depuis les deux dernières décennies pour la surveillance du *Btk*. La détection du tébufénozide se fait à l'aide de méthodes élaborées par Kreutzweiser et Nicholson (2007). Les échantillons d'eau de tous les sites

d'échantillonnage ont été prélevés le long de la rive (quatre échantillons à des intervalles d'environ 10 mètres).

[Map legend]

Sites d'échantillonnage de 2021

Limites du bassin hydrographique

Traitement au Btk (1 L/ha)

Traitement au Btk (1,5 L/ha)

Traitement au Btk (2 x 1,5 L/ha)

Traitement au Btk et au tébufénozide (1,5 L/ha)

Phéromone (50 g ai/ha)

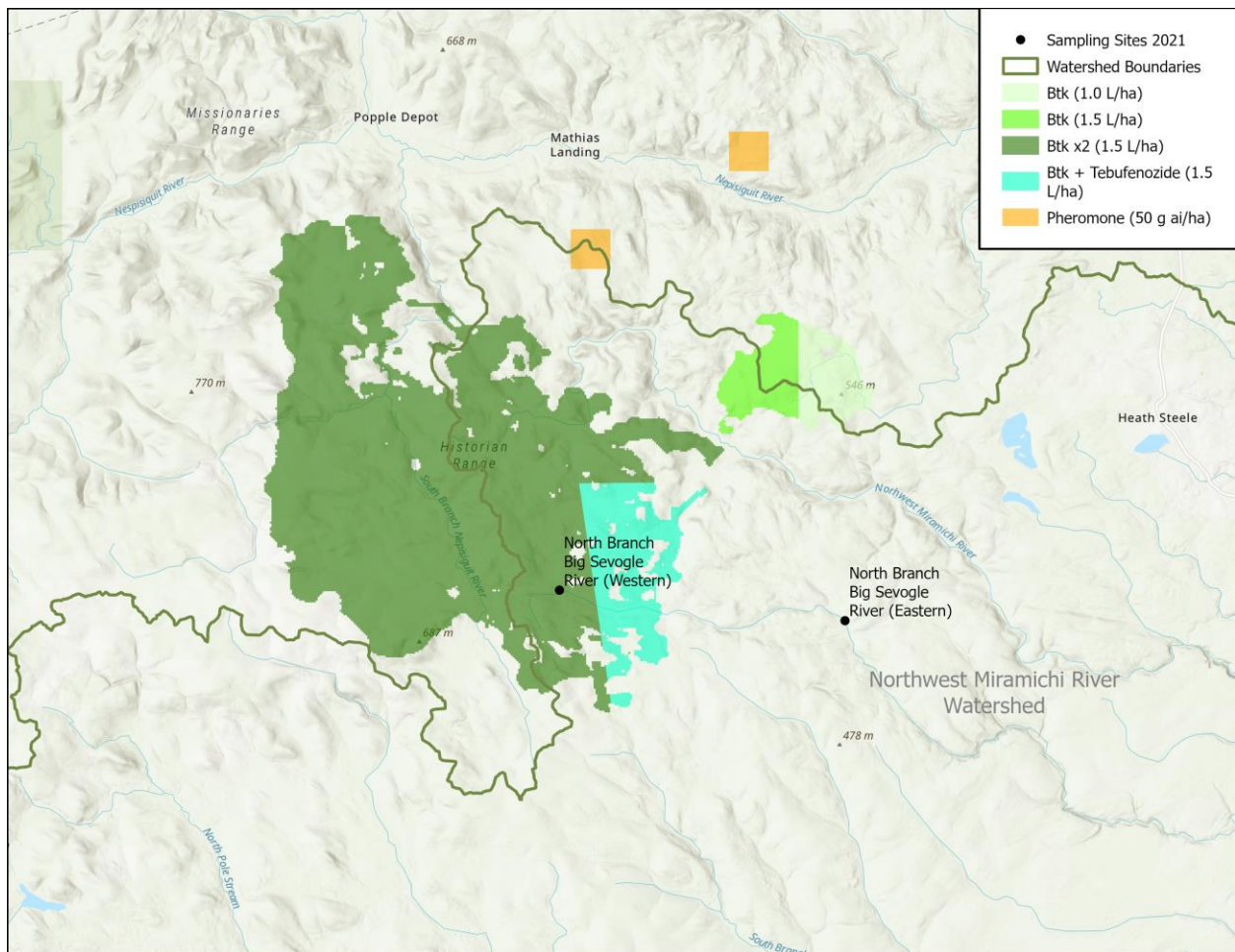


Figure 1. Carte de l'emplacement des prélèvements d'échantillons d'eau du bassin hydrographique de la rivière Miramichi Northwest et des zones traitées.

Sites d'échantillonnage de 2021
Limites du bassin hydrographique
Traitement au Btk (1,5 L/ha)
Traitement au tébufénozide (1 L/ha)
Traitement au tébufénozide (1 L/ha)
Traitement au tébufénozide (1,5 L/ha)
Phéromone (50 g ia/ha)

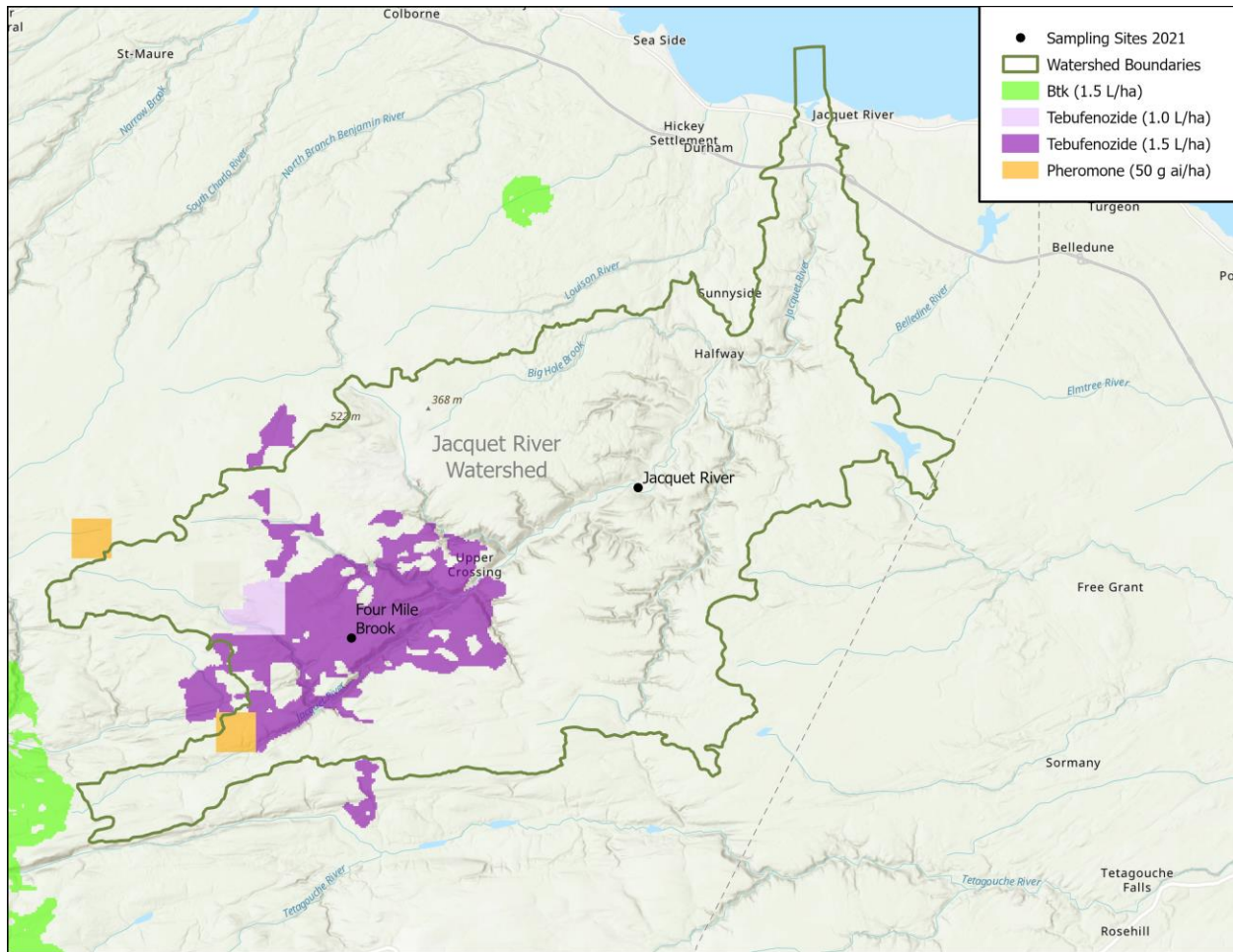


Figure 2. Carte de l'emplacement des prélèvements d'échantillons d'eau du bassin hydrographique de la rivière Jacquet et des zones traitées.

Résultats et discussion

Le Btk

L'analyse des échantillons d'eau du bassin hydrographique de la rivière Miramichi Northwest, effectuée par RPC à Fredericton, a montré une augmentation des concentrations de *Btk*, passées d'un très faible niveau initial avant les traitements à une concentration moyenne maximale de 44,35 UFC/ml au site d'échantillonnage du bras ouest de la rivière North Branch Big Sevogle deux jours après le traitement et de 6,598 UCF/ml au site d'échantillonnage du bras est de la rivière North Branch Big Sevogle. Deux semaines après les traitements, on a constaté une baisse des niveaux de *Btk* à une concentration moyenne maximale de 3,115 UFC/ml à l'emplacement ouest et de 1,165 UCF/ml à l'emplacement est (annexe 1).

Le tébufénozide

Les résultats de l'analyse en laboratoire des échantillons d'eau du bassin hydrographique de la rivière Jacquet, effectuée par RPC à Fredericton, a montré des concentrations de tébufénozide à l'état de traces avec une concentration moyenne maximale de 0,00005 mg/L au site d'échantillonnage du ruisseau Four Mile deux jours après le traitement, et aucune concentration détectable de tébufénozide au site d'échantillonnage de la rivière Jacquet. Deux semaines après le traitement, on n'a trouvé aucune concentration de tébufénozide à l'un ou l'autre des sites d'échantillonnage (annexe 2).

Conclusion

À la lumière des résultats du présent rapport, les traitements de recherche effectués en 2021 dans le cadre de la Stratégie d'intervention précoce ont donné lieu à ce qui sont essentiellement des concentrations à l'état de traces de *Btk* et de tébufénozide dans les limites et à proximité des bassins hydrographiques. Même lorsqu'ils sont présents à des concentrations très élevées, on n'a trouvé aucun effet important du *Btk* et du tébufénozide sur les oiseaux, les mammifères ni les espèces aquatiques. Les deux produits ont fait l'objet d'études poussées par les scientifiques et les fonctionnaires chargés de la réglementation avant qu'ils ne soient homologués pour leur usage au Canada (Ressources naturelles Canada 2016).

Bassin hydrographique	Nom de l'emplacement	Latitude	Longitude	Pré-traitement	Après 2 jours	Après 2 semaines
Rivière Miramichi Northwest	Rivière North Branch Big Sevogle (bras ouest)	47,2162	-66,4071	0	44,35 ± 12,077	3,115 ± 0,891
Rivière Miramichi Northwest	Rivière North Branch Big Sevogle (bras est)	47,2040	-66,2434	0,005 ± 0,01	6,598 ± 0,845	1,165 ± 0,14

Annexe 1 : Concentrations moyennes (\pm erreur-type) de *Btk* trouvées dans les échantillons d'eau recueillis dans la zone de recherche de la Stratégie d'intervention précoce en 2021, rapportées en tant qu'unités formatrices de colonies par millilitre (UFC/ml).

Annexe 2 : Concentrations moyennes (\pm erreur-type) de tébufénozide trouvées dans les échantillons d'eau recueillis dans la zone de recherche de la Stratégie d'intervention précoce en 2021, rapportées en milligrammes par litre (mg/L).

Bassin hydrographique	Nom de l'emplacement	Latitude	Longitude	Après 2 jours	Après 2 semaines
Rivière Jacquet	Ruisseau Four Mile	47,7159	-66,2927	0,00005 ± 1,7x10 ⁻⁵	0
Rivière Jacquet	Rivière Jacquet	47,7745	-66,1261	0	0

Références

- Addison, J.A. (1996). Safety testing of tebufenozide, a new molt-inducing insecticide for effects on non-target forest soil invertebrates. *Ecotoxicological Environmental Safety* 33, pp. 55-61.
- Beavers, J. et Smith, G. (1990) An avian oral pathogenicity and toxicity study in the mallard: Lab project number: 297-106. Étude non publiée préparée par Wildlife International Ltd., 19 p.
- Christensen, K. (1990) Dipel technical material (*Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*) – Infectivity and pathogenicity to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) during a 32-day state renewal test: n° du projet de laboratoire : 2469.0889.6107.157; 90-2-3219. Étude non publiée préparée par Springborn Laboratories, Inc., 57 p.
- EPA (1998) Reregistration eligibility decision (RED) – *Bacillus thuringiensis*. Agence de protection de l'environnement des É.-U. EPA 738-R98-004, mars 1998, 157 p.
- Henry, C. (2014) Rapport de suivi environnemental 2013. Société de protection des forêts contre les insectes et maladies, décembre 2014, 43 p.
- Kreutzweiser, D., Capell S., Wainio-Keizer K., et Eichenberg, D. 1994. Toxicity of new molt inducing insecticide (RH-5992) to aquatic macroinvertebrates. *Ecotoxicological Environmental Safety* 28, pp. 14-24.
- Kreutzweiser, D.P., Gunn, J.M., Thompson, D.G., Pollard, H.G., et Faber, M.J. 1998. Zooplankton community responses to a novel forest insecticide, tebufenozide (RH-5992), in littoral lake enclosures. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 55:639-648.
- Kreutzweiser, D., et Nicholson, C. 2007. A Simple Empirical Model to Predict Forest Insecticide Ground-Level Deposition from a Compendium of Field Data. *Ressources naturelles Canada, Sault Ste. Marie (Ontario), Canada P6A 5M7. Journal of Environmental Sciences & Health Part B, V 42, pp. 107-113. É.-U.*
- Mehere, S.M., Bodhankar, S.L., Anukumar, Dhuley, J.N., Khodape, D.J. et Naik, S.R. (2002) Toxicity studies of microbial insecticide *Bacillus thuringiensis* var. *kenyae* in rats, rabbits and fish. *International Journal of Toxicology* 21: 99-105
- OMS (1999) Environmental health criteria 217. Microbial pest control agent *Bacillus thuringiensis*. Organisation mondiale de la santé, 125 p.
- Ressources naturelles Canada (2016). Répression des insectes ravageurs avec *Mimic*. Dans internet : <https://www.rncan.gc.ca/nos-ressources-naturelles/forets/feux-insectes-perturbations/repression-des-ravageurs-forestiers/repression-des-insectes-ravageurs-forestiers-avec-mimicmd/17646>

Sundaram, K.M.S. (1995). Photostability & Rainfastness of Tebufenozide Deposits of Fir Foliage. Ressources naturelles Canada, Sault Ste. Marie (Ontario), Canada P6A 5M7. American Chemical Society, 0097-6156/95/0595-034. É.-U.

Sundaram, K.M.S. (1997). Persistence & Mobility of Tebufenozide in Forest Litter and Soil Ecosystems under Field and Laboratory Conditions. Ressources naturelles Canada, Sault Ste. Marie (Ontario), Canada P6A 5M7 Pesticide Science, V 51, pp. 115-130. R.-U.

US Department of Agriculture - Forest Service. 2012. Gypsy Moth Management in the United States: A Cooperative Approach. Final Supplementary Environmental Impact Statement V 1, p. 11. É.-U.