

Rapport du Partenariat pour une forêt en santé sur la surveillance de l'eau dans les zones de recherche de 2020 pour Foray® 76B *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* (Btk) et le tébufénozide

Emily Owens¹ et Rob Johns, Ph.D.¹

CONTEXTE

En 2015, la « stratégie d'intervention précoce » (SIP) du Partenariat pour une forêt en santé a mis sur pied un programme de surveillance de l'eau pour quantifier les dépôts de Btk et de tébufénozide qui restaient après l'application des traitements dans le cadre du projet de la SIP. Les résultats du programme de surveillance de l'eau de 2020 sont présentés ci-dessous.

PRODUITS

Le Btk

Le *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* (Btk) est une bactérie naturellement présente appréciée en agriculture biologique et pour le jardinage en raison de son efficacité pour lutter contre les larves nuisibles, tout en n'ayant aucun effet sur les humains, les autres mammifères, les oiseaux, les poissons et les amphibiens (Meher et coll. 2002). Le Btk est toxique uniquement pour des groupes d'insectes spécifiques (p. ex., chenilles qui se nourrissent), et il est efficace pour lutter contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette. Les traitements au Btk sont épandus par voie aérienne sur le feuillage des épinettes et des sapins. Le Btk doit être ingéré par les larves de la tordeuse des bourgeons pour causer la mort, qui survient après que l'alcalinité élevée de l'intestin de l'insecte libère les cristaux de protéine présents dans le Btk. Les cristaux de Btk ouvrent des canaux dans l'intestin de l'insecte, lesquels permettent aux spores du Btk et à d'autres bactéries toxiques de l'estomac d'envahir le reste de l'organisme, causant essentiellement un empoisonnement du sang et la mort (Henry, 2014).

Notons que l'intestin des vertébrés est très acide, et donc toxique pour le Btk. Après des décennies de tests, aucun cas avéré de toxicité pour les poissons, les mammifères, les oiseaux, les amphibiens ou tout organisme aquatique n'a encore été recensé. Les études sur des variants 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 le comportement, la masse corporelle ou l'état des organes) n'a été constaté à des concentrations de 125 milliards de UFC/ml (Meher et coll. 2002), ce qui est 200 000 fois plus que la concentration moyenne la plus élevée détectée dans les rivières échantillonnées dans le cadre de ce projet de surveillance de l'eau de la SIP. On n'a rapporté aucun effet chez d'autres groupes d'insectes non ciblés à des concentrations de plus de 100 000 CFU/ml (EPA, 1998). L'absence d'effets toxiques par le Btk sur les mammifères a mené l'Organisation mondiale de la Santé à conclure que l'utilisation du Btk est sécuritaire pour la lutte antiparasitaire en agriculture, en horticulture et en sylviculture (OMS, 1999). L'OMS indique également qu'il est peu probable que le Btk pose un danger pour les humains et autres vertébrés en raison des mécanismes qui sous-tendent la toxicité du Btk pour les espèces d'insectes visées (OMS, 1999). Par ailleurs, l'Agence de protection de

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

l'environnement des États-Unis (EPA) a laissé tomber ses exigences d'études supplémentaires sur la toxicité du *Btk*, reconnaissant 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, qui est une version synthétisée d'un important régulateur de croissance des insectes qui perturbe le développement normal, entraînant ainsi la mort ou la stérilité (Ressources naturelles Canada, 2016). À l'instar du *Btk*, pour produire des résultats, le tébufénozide doit être ingéré par les larves. 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 immédiatement après l'ingestion et meurent un jour ou deux plus tard. Le tébufénozide n'a pas d'effets néfastes sur les oiseaux, les mammifères, les espèces aquatiques ou les invertébrés du sol (Département de l'Agriculture des États-Unis, 2012; Sundaram, 1997). Seules les larves qui se nourrissent sont susceptibles (Ressources naturelles Canada, 2016). Généralement, de 90 à 95 % du tébufénozide se dépose sur le couvert forestier et résiste relativement bien à la pluie, ce qui signifie qu'il n'est pas facilement lessivé par l'eau de pluie (Kreutzweiser et Nicholson, 2007; Sundaram, 1995). La portion qui atteint le sol reste dans les cinq premiers centimètres en surface, est décomposée avec le temps par les microbes du sol, la lumière du soleil et l'humidité et n'est pas nocive pour les invertébrés endogés (Sundaram, 1997; Thompson et Kreutzweiser, 2007; Addison, 1996).

Des études sur l'innocuité du tébufénozide, même quand il est présent à des concentrations supérieures à ce qui est habituellement utilisé, n'ont montré aucun effet important sur les espèces testées qui y ont été exposées (Kreutzweiser et Capell, 1994). Même à la concentration maximale testée, soit 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

Des échantillons d'eau ont été prélevés dans les bassins hydrographiques du havre de Bathurst, du ruisseau Forty Four Mile (figure 1) et de la rivière Kedgwick (figure 2). Le bassin hydrographique du havre de Bathurst a été traité dans les limites ou à proximité de la zone de traitement au *Btk*, et les bassins hydrographiques du ruisseau Forty Four Mile Brook et de la rivière Kedgwick ont été traités dans les limites ou à proximité de la zone de traitement au tébufénozide. Des échantillons ont été prélevés 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, et 3) deux semaines suivant le traitement final au *Btk* et au tébufénozide. Les périodes d'échantillonnage suivent généralement la procédure mise au point et utilisée par la SOPFIM depuis deux décennies pour la surveillance du *Btk*. La détection du tébufénozide se fait à l'aide de méthodes mises au point par Kreutzweiser et Nicholson (2007). Les échantillons d'eau de tous les sites d'échantillonnage ont été prélevés le long de la rive (4 échantillons à des intervalles d'environ 10 m).

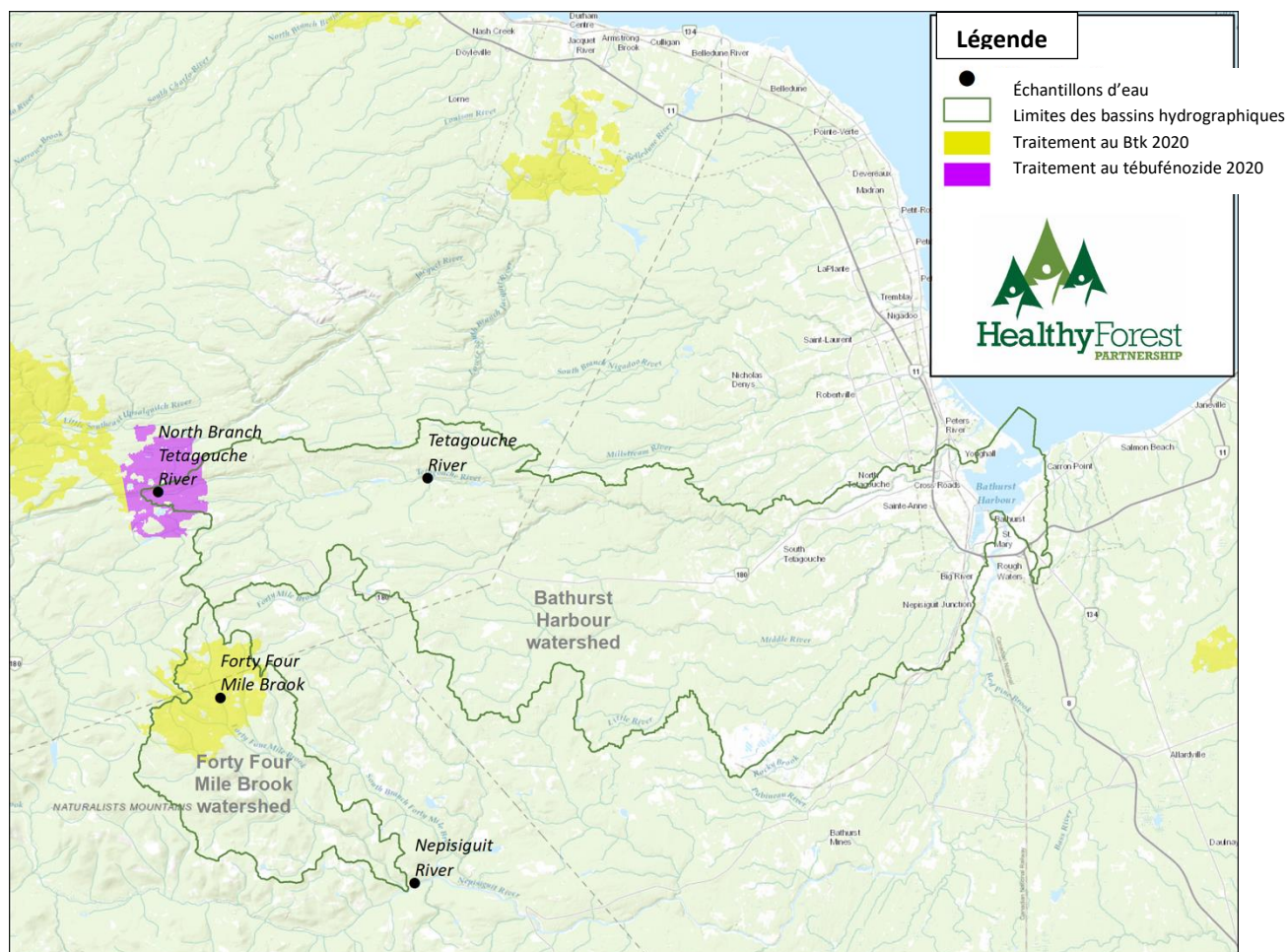


Figure 1. Carte de l'emplacement des prélèvements d'échantillons et des zones traitées dans les bassins hydrographiques du havre de Bathurst et du ruisseau Forty Four Mile

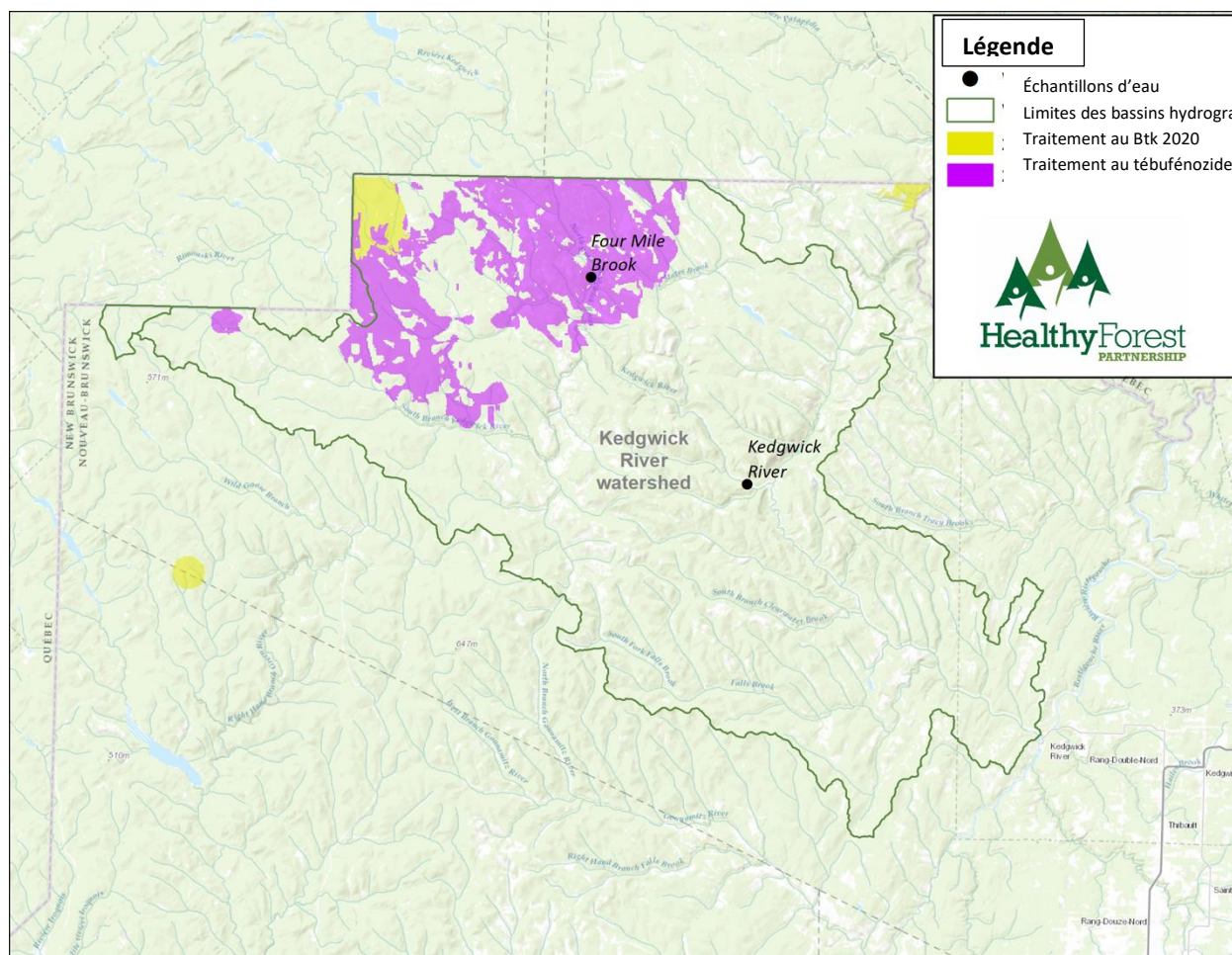


Figure 2 : Carte de l'emplacement des prélèvements d'échantillons et des zones traitées dans du bassin hydrographique de la rivière Kedgwick

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Le Btk

L'analyse des échantillons d'eau du bassin hydrographique du havre de Bathurst effectuée par RPC à Fredericton a montré une augmentation des concentrations de *Btk*, qui sont passées d'un très faible niveau initial avant les traitements à une concentration moyenne maximale de 6,7 UFC/ml au site d'échantillonnage du bras nord de la rivière Tetagouche deux jours après le traitement, et de 1,415 UFC/ml au site d'échantillonnage de la rivière Tetagouche. Deux semaines après le traitement, les niveaux de *Btk* avaient diminué pour atteindre une concentration moyenne maximale de 0,66 UFC/ml au site du ruisseau Forty Four Mile, et de 0,153 UFC/ml au site de la source du ruisseau (annexe 1).

Le tébufénozide

Les résultats de l'analyse en laboratoire effectuée sur les échantillons d'eau du bassin hydrographique du ruisseau Forty Four Mile Brook par le RPC à Fredericton a montré des concentrations à l'état de trace de tébufénozide avec une concentration moyenne maximale de 0,00007 mg/L au site d'échantillonnage du ruisseau Forty Four Mile deux jours après le traitement, et aucune concentration détectable de tébufénozide au site d'échantillonnage de la rivière Nepisiguit. Deux semaines après les traitements, on a détecté une concentration de 0,0006 mg/L de tébufénozide dans le ruisseau Forty Four Mile et pas de tébufénozide n'a été trouvé au site d'échantillonnage de la rivière Nepisiguit. Le tébufénozide n'a pas été détecté dans les échantillons d'eau prélevés aux sites d'échantillonnage de la rivière Kedgwick (annexe 2).

CONCLUSIONS

À la lumière des résultats du présent rapport, les traitements de recherche effectués en 2020 dans le cadre de la stratégie d'intervention précoce ont donné lieu à ce qui sont essentiellement des concentrations à l'état de trace de *Btk* et de tébufénozide dans les limites et à proximité des bassins hydrographiques.

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 2020, rapportées en termes d'unités formatrices de colonies par millilitre (UFC/ml).

Bassin hydrographique	Nom de l'emplacement	Latitude	Longitude	Pré-traitement	+2 jours	+2 semaines
Forty Four Mile	Ruisseau Forty Four Mile	47,50980	-66,34987	0,11 $\pm 0,102$	6,7 $\pm 2,7$	0,66 $\pm 0,288$
Forty Four Mile	Rivière Nepisiguit	47,39618	-66,17475	0,01 $\pm 0,014$	1,415 $\pm 0,97$	0,153 $\pm 0,072$

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 2020, rapportées en termes d'unités formatrices de colonies par litre (UFC/L).

Bassin hydrographique	Nom de l'emplacement	Latitude	Longitude	+2 jours	+2 semaines
Rivière Kedgwick	Ruisseau Forty Four Mile	47,93939	-67,90462	0,00007 $\pm 4, \times 10^{-5}$	0,00006 $\pm 8,2 \times 10^{-6}$
Rivière Kedgwick	Rivière Kedgwick	47,81467	-67,75975	0	0
Havre de Bathurst	Bras nord de la rivière Tetagouche	47,63616	-66,40583	0	0
Havre de Bathurst	Rivière Tetagouche	47,64419	-66,16141	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, 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: Numéro du projet de laboratoire : 2469.0889.6107.157; 90-2-3219. Étude non publiée préparée Springborn Laboratories, Inc. 57 p.
- EPA (1998). Reregistration eligibility decision (RED) – *Bacillus thuringiensis*. United States Environmental Protection Agency. 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., S. Capell, K. Wainio-Keizer et D. Eichenberg (1994). Toxicity of new molt inducing insecticide (RH-5992) to aquatic macroinvertebrates. *Ecotoxicological Environmental Safety* 28, 14-24.
- Kreutzweiser, D.P., J.M. Gunn, D.G. Thompson, H.G. Pollard et M.J. Faber (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 C. Nicholson (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, p. 107-113, USA.*
- Ressources naturelles Canada (2016). Répression des insectes ravageurs forestiers avec Mimic. Dans Internet : <http://www.mnca.gc.ca/forets/feux-insectes-perturbations/ravageurs-forestiers/17646>
- Meher, S.M., S.L. Bodhankar, Anukumar, J.N. Dhuley, D.J. Khodape et S.R. Naik (2002). Toxicity studies of microbial insecticide *Bacillus thuringiensis* var. *kenyae* in rats, rabbits and fish. *International Journal of Toxicology* 21: 99-105
- 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. USA.*
- 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, 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. USA.

OMS (1999). Environmental health criteria 217. Microbial pest control agent *Bacillus thuringiensis*. Organisation mondiale de la Santé, 125 p.