



Table des matières

TABLE DES MATIÈRES	0
INTRODUCTION	1
1. ACCEPTABILITÉ SOCIALE.....	1
2. INNOCUITÉ DU BTI	1
3. LA SANTÉ PUBLIQUE	3
RÉFÉRENCES.....	4

Introduction

Dès les premiers jours du printemps, la fonte des neiges et les précipitations créent de nombreux réservoirs d'eau partout dans la nature. Les larves de moustique se développent exclusivement dans les eaux stagnantes avant de passer au stade adulte où elles prennent alors leur envol. Après l'accouplement, les femelles d'insectes piqueurs (moustiques et mouches noires) chercheront à se nourrir de sang pour permettre le développement de leurs œufs. La nuisance occasionnée par ces insectes apporte son lot de conséquences tant sur notre qualité de vie que sur la santé publique.

C'est en 1976, lors d'un projet parrainé par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) qu'une nouvelle souche de bacille, le *Bacillus thuringiensis israelensis* (Bti) a été découverte avec une toxicité élevée pour les larves de moustique. La nécessité d'un agent de lutte contre les moustiques plus respectueux de l'environnement et l'incidence croissante de la résistance aux pesticides chimiques ont fourni une plate-forme pour le développement rapide de Bti. Les produits à base du Bti sont maintenant utilisés partout au monde.

Espérant ici contribuer à l'amélioration des connaissances à l'égard de ce larvicide biologique et à une meilleure compréhension des programmes de contrôle biologique des insectes piqueurs.

1. Acceptabilité sociale

Le contrôle des insectes piqueurs n'augmente pas la pression sur les milieux humides. Le contrôle biologique permet une meilleure cohabitation et accroît l'acceptabilité citoyenne des milieux humides en zone urbaine et périurbaine, protégeant du coup ses zones sensibles. La perte de ces habitats étant d'ailleurs une des causes du déclin des oiseaux insectivores et de la biodiversité aquatique.

Il est important de mentionner que les programmes de contrôle des insectes piqueurs utilisant le Bti permettent de s'assurer que le contrôle soit fait de façon plus écologique pour les citoyens et l'environnement. En effet, une partie de cette population, sans cette alternative, se tournerait vers d'autres solutions comme les pesticides chimiques individuels (serpentin, bombe aérosol, fumigation, etc.) ou des pièges non sélectifs.

2. Innocuité du Bti

Autorisés au Canada depuis 1982, les produits à base de Bti sont couramment utilisés dans le contrôle des populations de moustiques et de mouches noires à travers le monde. L'activité larvicide provient exclusivement de la structure cristalline produite lors du cycle vital de la bactérie. Pour être toxique, le cristal doit être ingéré et l'organisme en cause doit posséder un tube digestif à pH hautement alcalin, des enzymes capables de libérer les molécules toxiques et finalement, des récepteurs cellulaires compatibles aux toxines. L'innocuité du Bti et les marges de sécurité relatives aux doses opérationnelles recommandées indiquent que l'emploi du Bti est aussi sécuritaire pour les micro- et les macro-invertébrés, les poissons, les batraciens et les oiseaux. (Boisvert et Lacoursière, 2004).

Malgré plus de 35 années de recherche sur l'innocuité du Bti, résumés dans un document du MELCC (Boisvert et Lacoursière 2004), un groupe de chercheurs a publié des articles qui soulèvent certaines incertitudes. Poulin et al. en 2010, puis en 2016 auraient rapporté des impacts indirects sur la faune non-cible des traitements au Bti. Pourtant, des études à long terme au Minnesota (Niemi et al. 1999), en Suède (Persson

Vinnersten et al., 2010), en France (Caquet et al., 2011; Lagadic et al., 2014, Duchet et al., 2015, Lagadic et al., 2016) et en Allemagne (Timmermann et Becker, 2017) n'ont démontré aucun impact direct ou indirect du Bti sur les consommateurs secondaires. L'étude de Poulin et al. (2010) est aujourd'hui contestée par plusieurs chercheurs qui dénoncent, entre autre, l'hétérogénéité écologique initiale entre les zones témoins et traitées choisies pour l'étude (Lagadic et al. 2014) et le manque d'étude sur la disponibilité des proies dont la conclusion est basée sur une hypothèse (Timmermann et Becker 2017). L'étude de 2016 est également contestée pour les mêmes raisons (Wolfram et al. 2018). Timmermann et Becker 2017 est une publication sur les impacts des traitements routiniers au Bti sur la disponibilité des insectes volants comme proie pour les prédateurs aériens. Leur conclusion indique : "Our results are not in line with those of Poulin et al. (2010), who reported that direct and indirect impacts of Bti treatment on the abundance of Nematocera were responsible for lower breeding performance of *D. urbicum* in France. However, prey availability was not investigated by Poulin et al. (2010). Rather, the authors assumed that the number of Nematocera and their arthropod predators was lower in treated areas because their number was lower in the birds' diet. According to our observation, these conclusions seem questionable; especially as Lagadic et al. (2014) pointed out that there were considerable environmental discrepancies between treated and untreated areas in Poulin et al. (2010). [...] Secondly, the manner in which mosquito control was conducted in the Upper Rhine Valley showed no direct or indirect effects on aerial insect abundance, which would indicate a negative impact on food resources for aerial feeding predators." Il est important de prendre en considération que la littérature scientifique démontre que les restes de moustiques ne figurent pas dans les contenus stomacaux ou les fèces des oiseaux, qui consomment préférentiellement les proies plus abondantes et dont la taille permet une collecte plus facile. D'ailleurs, un jugement en France en 2014 a débouté des groupes qui voulaient interdire l'utilisation du Bti basé sur les travaux de Poulin et al (2010) (<http://www.eid-med.org/actualites/des-associations-retoquees-en-justice>). Le jugement précise qu'« au regard des travaux scientifiques disponibles en France et à l'étranger, il apparaît difficile de conclure à une atteinte significative de ces activités de démoustication sur l'état de conservation des sites ».

Une autre publication sortie en 2015 aurait démontré un impact possible, en condition de surdosage, sur les amphibiens (Lajmanovich et al., 2015). Depuis, un article paru en 2018 en Allemagne est venu démentir les résultats de cette étude, n'enregistrant aucune mortalité et aucun impact sur le développement (Allgeier et al. 2018). Auparavant, aucun effet direct ou indirect du Bti sur les amphibiens n'avait été rapporté suite à plusieurs études (recensées dans l'article de Boisvert et Boisvert, 2000). Une autre étude effectuée au Minnesota sur la grenouille léopard en laboratoire et sur le terrain durant 2 années consécutives (Johnson & Johnson, 2001) et une effectuée en Inde en 2011 (Tiwari et al. 2011) sont arrivées aux mêmes conclusions. Finalement, une étude effectuée à Trois-Rivières (Leclair et al., 1988), sur des grenouilles indigènes, n'avait démontré aucun effet sur le développement de têtards se nourrissant de cadavres de larves de moustiques tuées par le Bti. G.D.G. Environnement œuvre depuis plus de 30 ans dans le domaine du contrôle des insectes piqueurs et nous n'avons jamais observé de mortalité ni baisse dans la population (œufs, têtards ou adultes), malgré des traitements effectués année après année.

Suite à l'augmentation des restrictions lors de la délivrance des certificats d'autorisation, nous avons décidé d'effectuer des validations terrain en collaboration avec des instituts de recherche. Une étude est en cours présentement pour une troisième année consécutive en collaboration avec les chercheurs Dr. Antoine Morin et Dr. Alexandre Poulain de l'université d'Ottawa sur l'effet du Bti sur les chironomides. Jusqu'à présent, aucun effet n'a été observé sur les populations de chironomides réputées sensibles aux Bti.

3. La santé publique

En 2016, les grandes instances mondiales telles que l'OMS, ont recommandé de revenir à l'application de larvicide dans la lutte en santé contre les vecteurs. Selon eux, la résurgence de la dengue et la propagation des maladies émergentes telles que le Zika et le Chikungunya résultent de la réduction du financement et des efforts pour lutter contre les vecteurs. Avec les changements climatiques et notamment le réchauffement de la planète, les moustiques vecteurs de ces maladies sont aux portes du Québec et se déplacent progressivement vers le nord. Le virus du Nil occidental est déjà présent sur notre territoire et des épandages aériens ont été requis en 2003 pour cause d'épidémie.

Des études récentes ont quantifié l'impact des moustiques sur la santé physique des gens. Ils en arrivent à la conclusion que même en l'absence de transmission de maladie, une infestation de moustiques a un impact négatif sur la santé et qu'en présence d'un programme de contrôle, l'activité physique des enfants est plus importante (Halasa et al., 2014; Worobey et al., 2013; Hirsch and Beckec, 2009). De plus en plus de gens développent aussi des réactions allergiques aux piqûres de moustiques. Dans certains cas, ces réactions d'hypersensibilité peuvent mener à de l'urticaire, des bronchospasmes et même des chocs anaphylactiques (Feuillet-Dassonval et al. 2006).

Le contrôle biologique est la solution la plus logique et écologique. Les larvicides ciblent les larves alors qu'elles sont confinées dans leurs gîtes de développement. À l'inverse, toutes autres solutions ciblent les moustiques adultes alors dispersés et moins vulnérables. Les bénéfices significatifs quant à la diminution des concentrations d'insectes et la non-utilisation des insecticides et répulsifs chimiques font de ces produits un moyen de contrôle couramment utilisé.

Références

ALLGEIER, S., Frombold B., Mingo V., Brühl C. A. 2018. European common frog *Rana temporaria* (anura: Ranidae) larvae show subcellular responses under field-relevant *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* (Bti) exposure levels. *Environmental Research* 162 : 271-279.

BOISVERT, Mario & J. Boisvert (2000). Effects of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* on target and nontarget organisms: a review of laboratory and field experiments. *Biocontrol Science and Technology* 10 (5) : 517-561.

BOISVERT, Jacques & Lacoursière, Jean O., 2004, Le *Bacillus thuringiensis israelensis* et le contrôle des insectes piqueurs au Québec, Québec, ministère de l'Environnement, Envirodoq no ENV/2004/0278, 101 p., document préparé par l'Université du Québec à Trois-Rivières pour le ministère de l'Environnement du Québec.

CAQUET Th, Roucaute m, Le Goff P & Lagadic L., 2011. Effects of *Bacillus thuringiensis* on nontarget benthic organisms in a lentic habitat and factors affecting the efficacy of the larvicide. *Environ. Toxicol. Chem.* 13, 267-279.

DUCHET, C. Franquet, E. Lagadic, L. Lagneau, C., 2015. Effects of *Bacillus thuringiensis israelensis* and spinosad on adult emergence of the non-biting midges *Polypedilum nubifer* (Skuse) and *Tanytarsus curticornis* Kieffer (Diptera: Chironomidae) in coastal wetlands. *Ecotoxicology and Environmental Safety* (115) , 272-278

EID Méditerranée, 2014. Des associations retoquées en justice. Repéré à <http://www.cid-med.org/actualites/des-associations-retoquees-en-justice>.

FEUILLET-DASSONVAL, C. Lavaud, F. Viniaker, H. Bidat, E. 2006. Réactions allergiques aux piqûres de moustiques, quelle prévention? *Archives de pédiatrie* 13 : 93-99.

HALASA Yara A, DS Shepard, DM Fonseca, A Farajollahi, S Healy, R Gaugler, K Bartlett-Healy, DA Strickman et GG Clark. 2014. Quantifying the impact of mosquitoes on quality of life and enjoyment of yard and porch activities in New Jersey. *Plos one* 9 (3): e89221.

HIRSCH, Hans von and Norbert Becker. 2009. Cost-benefit analysis of mosquito control operations based on microbial control agents in the upper Rhine valley (Germany). *European Mosquito Bulletin* 27 (2009), 47-55.

JOHNSON, Catherine & Lucinda Johnson (2001). Evaluation of the potential effects of methoprene and Bti on anuran malformations in Wright County, MN. NRRI Technical Report Number: NRRI/TR-2001/01

LAGADIC, Laurent, Marc Roucaute & Thierry Caquet (2014) Bti sprays do not adversely affect non-target aquatic invertebrates in French Atlantic coastal wetlands. *Journal of Applied Ecology* 51(1): 102-113.

LAGADIC, Laurent, RB Schäfer, M Roucaute, E Szöcs, S Chouin, J de Maupéou, C Duchet, E franquet, B Le Hunsec, C Bertrand, S Fayolle, B Francés, Y Rozier, R Foussadier, JB Santoni et C Lagneau. 2016. No association between the use of Bti for mosquito control and the dynamics of non-target aquatic invertebrates in French coastal and continental wetlands. *Science of the Total Environment* 553: 486-494.

LAJMANOVICH, Rafael C., Celina M. Junges, Mariana C. Cabagna-Zenkhusen, Andrés M. Attademo, Paola M. Peltzer, Mariana Maglianese, Vanina E. Márquez, Alejandro J. Beccaria (2015) Toxicity of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* in aqueous suspension on the South American common frog *Leptodactylus latrans* (Anura: *Leptodactylidae*) tadpoles. *Environmental Research* 136: 205-212

¹ LECLAIR, Raymond, Guy charpentier, France Pronovost et Sylvie Trotter (1988) Progress Report to the Metropolitan Mosquito Control District on the Effects of the Insect Control Agent, *Bacillus thuringiensis israelensis* (B.t.i.), to some larval Amphibian species: 37p.

NIEMI GJ, Hershey AE, Shannon L, Hanowski JM, Lima A, Axler RP & Regal RR, 1999. Ecological effects of mosquito control on zooplankton, insects, and birds. *Environ. Toxicol. chem.* 18, 549-559.

PERSSON VINNERSTEN TZ, Lundström JO, Petersson E & Landin J, 2010. A six-year study of insect emergence from temporarily flooded wetlands in central Sweden, with and without Bti-based mosquito control. *Bull. Entomol. Res.* 100, 715-725.

POULIN B., G. Lefebvre et L. Paz. 2010. Red flag for green spray : adverse trophic effects of Bti on breeding birds. *Journal of Applied Ecology* 47 : 884-889.

POULIN B. et G. Lefebvre. 2016. Perturbation and delayed recovery of the reed invertebrate assemblage in Camargue marshes sprayed with *Bacillus thuringiensis israelensis*. *Insect Science* 25 (4) : 542-548.

TIMMERMANN U et Becker N. 2017. Impact of routine *Bacillus thuringiensis israelensis* (Bti) treatment on the availability of flying insects as prey for aerial feeding predators. *Bull. Entomol. Res.* Epub ahead of print.

TIWARI S, SK Ghosh, PK Mittal et AP Dash. 2011. Effectiveness of a new granular formulation of the bioinsecticide *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* against larvae of malaria vectors in India. *Vector Borne Zoonotic Disease* 11 (1): 69-75.

WIPFLI, M. & Merritt, W., (1994) Effects of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* on Nontarget Benthic Insects through Direct and Indirect Exposure. *Journal of the North American Benthological Society*, Vol. 13, No. 2 (Jun., 1994), pp.190-205

WOLFRAM, G., Wenzl P. et Jerrentrup H. 2018. A multi-year study following BACI design reveals no short-term impact of Bti on chironomids (Diptera) in a floodplain in Eastern Austria. *Environ Monit Assess* 190 : 709.

WOROBAY, J, Fonseca, D.M., Espinosa, C , Healy, S, and Randy Gaugler. (2013). Child Outdoor Physical Activity is Reduced by Prevalence of the Asian Tiger Mosquito, *Aedes albopictus*. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 29(1):78-80.