

MISE À JOUR SUR L'UTILISATION D'UN LARVICIDE (BTI) DANS LA LUTTE CONTRE LES INSECTES PIQUEURS

Stéphanie Moreau, M.Sc. Env.



Les effets des pesticides sur la santé humaine et l'environnement prennent une place de plus en plus importante dans l'actualité et les préoccupations de la population. Les nombreux reportages et articles sur les pesti-

cides, la tenue de la Commission sur les pesticides ainsi que le désir grandissant de la population pour la protection de l'environnement soulèvent bien des questions quant à leur utilisation. L'effet des biopesticides à base *Bacillus thuringiensis israelensis* (Bti) pour le contrôle des insectes piqueurs n'y échappe pas et de plus en plus de demandes d'information sont formulées. Faisons un tour d'horizon afin de savoir où en est la recherche sur le sujet.

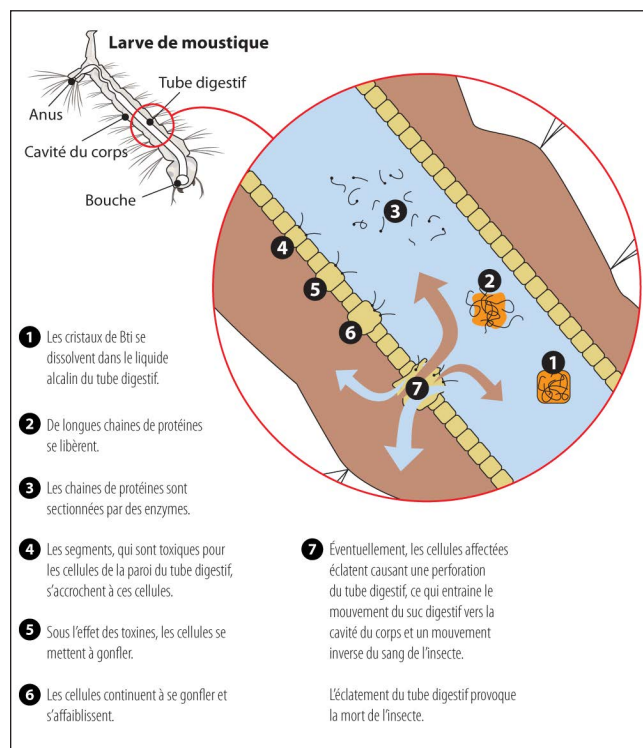
QU'EST-CE QUE LE BTI ET COMMENT FONCTIONNE-T-IL?

Le Bti a été découvert en Israël en 1976 dans une petite mare du désert du Néguev. Un tapis flottant de larves mortes du moustique *Culex pipiens* a été observé à la surface de l'eau, alors qu'une multitude d'autres organismes vivants tels que des cyclopoïdes, des ostracodes, des chironomides, des libellules, des corixides et des hydrophilides se trouvaient dans la mare. Depuis ce temps, de nombreuses études ont été faites afin de caractériser la biologie de la bactérie, de comprendre son potentiel larvicide et ses différents impacts sur l'homme et l'environnement. Le Bti est une bactérie naturelle présente dans les sols et l'eau, un peu partout dans le monde et tout laisse croire qu'il est présent de façon indigène au Québec.

Lors de la sporulation de la bactérie, une inclusion cristalline composée d'au moins 6 protéines est formée. L'activité larvicide de la bactérie provient exclusivement de cette structure cristalline produite lors du cycle vital. Pour être

toxique, le cristal doit être capturé puis ingéré et l'organisme ciblé 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. Tout le processus est illustré à la figure 1.

Figure 1. Représentation schématique du mode d'action des cristaux de *Bacillus thuringiensis israelensis* sur une larve de moustique.



© GDG Environnement

IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

Lors de l'homologation des produits à base de Bti dans les années 1980, plusieurs agences gouvernementales à travers le monde (Canada, États-Unis, Europe, etc.) ont reconnu son innocuité à court et long terme, « pour les humains et tout

autre mammifère potentiellement exposés ». Ces homologations sont revues périodiquement par chacune des instances. Au début des années 2000, une revue de littérature reconnue mondialement et rédigée par des québécois, (Boisvert et Boisvert 2000) a analysé 77 articles scientifiques ayant étudié l'impact du Bti sur 125 familles d'invertébrés, 300 genres et 400 espèces. Ensuite, Boisvert et Lacoursière (2004) ont préparé un document pour le ministère de l'Environnement du Québec regroupant l'information sur les insectes

pikeurs, le Bti, le contrôle des insectes piqueurs et les impacts environnementaux du Bti. Ce document conclut : « 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. [...] L'information scientifique actuellement disponible n'indique pas la présence, à moyen ou long terme, d'effets négatifs appréciables sur les communautés aquatiques ou terrestres suivant les traitements répétés au Bti. » À ce moment, aucune polémique n'était associée à l'utilisation du Bti car les seuls articles recensant un impact portaient sur des

études en laboratoire et en situation de surdosage (5 à 1000 fois les dosages utilisés contre les insectes piqueurs), les espèces les plus sensibles étant les chironomes. En 2010, un article dans la prestigieuse revue scientifique *Nature* (Fang 2010) faisait état du rôle mineur que le moustique jouait dans l'écosystème et que sa niche écologique était rapidement comblée par des espèces opportunistes.

Toutefois, des travaux de la station biologique de la Tour du Valat en France (Poulin *et al.* 2010) ont remis en question l'effet du Bti sur le réseau trophique des hirondelles des fenêtres, via ses effets sur les chironomes, un taxon proche aux moustiques. L'étude de Poulin *et al.* (2010) est aujourd'hui contestée par plusieurs chercheurs qui dénoncent, entre autres, l'hétérogénéité écologique initiale entre les zones témoins et traitées choisies pour l'étude (Lagardic *et al.* 2014) et le manque d'étude sur la disponibilité des proies dont la conclusion est basée sur une hypothèse (Timmermann and Becker 2017). De plus, ces résultats allaient à l'encontre de plusieurs 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, 2016; Duchet *et al.* 2015) et en Allemagne (Timmermann and Becker 2017) qui n'ont démontré aucun impact direct ou indirect du Bti sur les consommateurs secondaires. Timmermann et Becker ont publié une étude en 2017 qui stipulait qu'il n'y avait pas d'impacts des traitements routiniers au Bti sur la disponibilité des insectes volants comme proies pour les prédateurs aériens. Plus près de nous, une étude de 3 ans vient d'être complétée par l'Université d'Ottawa sur l'impact du Bti sur les chironomes et aucune différence significative n'a été trouvée entre les endroits traités et non-traités (Epp *et al.* 2019).

Une autre publication sortie en 2015 aurait démontré un impact possible, en condition de surdosage, sur les amphibiens (Lajmanovich *et al.* 2015). Depuis, deux autres articles parus en 2018 et en 2019 en Allemagne sont venus démentir les résultats de cette étude, n'enregistrant aucune mortalité et aucun impact sur le développement (Allgeier *et al.* 2018; Schweizer *et al.* 2019). 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 *et al.* 2001) et une effectuée en Inde (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. Une étude, commanditée par le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) a eu lieu cette année sur l'impact du Bti sur des amphibiens. Les résultats de cette étude réalisée par l'Institut national de la recherche scientifique (INRS) devraient être disponibles en 2020.

Malgré quelques études démontrant un impact potentiel de l'utilisation du Bti, aucune preuve scientifique à ce jour a permis de démontrer des effets néfastes sur l'environnement. Au contraire, une littérature scientifique nombreuse et diversifiée, incluant des études à long terme, ont démontré l'innocuité du Bti même dans un contexte d'utilisation routinière. Il faut aussi mettre en perspective les opérations au Québec où plus de 80 % des traitements pour les moustiques s'effectuent une seule fois au printemps. Dans la région de Camargue en France et dans la vallée du Rhin en Allemagne, il se réalise plus d'une dizaine de traitements majeurs tout au long de l'année.

LES ALTERNATIVES

Il convient tout de même d'analyser les alternatives qui s'offrent à la population. Parmi les méthodes non-invasives (on exclut ici tout recours aux pesticides chimiques classiques), on retrouve la lutte biologique à l'aide de prédateurs (par exemple les chauves-souris, les oiseaux, les poissons), l'utilisation d'extraits de plantes, de champignons entomopathogènes, de moustiques mâles (irradiés, génétiquement modifiés ou porteurs de bactérie), d'acides aminés et l'utilisation de pièges attractifs (Benelli *et al.* 2016; Weeks *et al.* 2019). Malheureusement, on ne peut avoir recours à la plupart de ces alternatives qui

sont soit toujours à l'étape de la recherche, soit inefficaces, soit non-disponibles ou non-homologués au Canada. Parmi les alternatives disponibles au Québec actuellement, il est possible d'installer des nichoirs pour oiseaux insectivores ou chauve-souris, mais ceux-ci s'alimentent très peu de moustiques et aucune efficacité n'a été démontrée (Clare *et al.* 2011; Beck *et al.* 2013). L'utilisation de prédateur aquatique n'est pas réaliste vu la diversité des espèces et des milieux de reproduction, mais leur utilisation dans les gîtes artificiels peut être très efficace (par exemple l'introduction de poisson dans les jardins d'eau). Les nouvelles molécules et microbes à l'essai ne sont pas homologués au Canada et leur utilisation est donc interdite. Finalement, le marché regorge de différents modèles de piège attractif (au CO₂ et/ou lumineux), mais l'utilisation de ceux-ci est irréalisable à l'échelle d'une municipalité. De plus, ils sont loin d'être spécifiques, attrapant plusieurs insectes non-ciblés. Nous arrivons à la conclusion que dans l'état actuel des choses, aucune alternative souhaitable n'est disponible pour l'instant.

UNE QUESTION DE CONFORT?

La raison d'être du contrôle biologique au Québec est-elle seulement une question de confort? Les recherches actuelles démontrent que les risques pour l'environnement de l'utilisation du Bti sont faibles et que peu importe la méthode utilisée, le risque nul est impossible. Dans un contexte de santé publique, où plusieurs maladies graves peuvent être véhiculées par les moustiques, ce risque faible ne susciterait aucun débat. Or, au Québec, malgré la présence depuis quelques années du virus du Nil Occidental (VNO) et de l'encéphalite équine de l'est (EEE), le contrôle biologique des insectes piqueurs s'effectue dans un contexte de réduction de la nuisance. Beaucoup associent à tort la diminution de la nuisance à un but de confort. L'enjeu ici est plus global et les répercussions touchent plusieurs sphères de la société. Du point de vue



Moustique *Aedes aegypti* © pixabay

de l'homme, certes son confort est augmenté, mais sa qualité de vie s'en retrouve améliorée. Dû au coût élevé d'un programme de contrôle biologique, les endroits qui le demandent sont ceux avec une réelle problématique de nuisance. Dans plusieurs cas, on ne parle pas d'être confortable, mais simplement d'être capable de profiter des activités extérieures. Il ne faut pas oublier que les piqûres et/ou les répulsifs peuvent provoquer d'intense réactions allergiques (Feuillet-Dassonval *et al.* 2006). Plusieurs garderies et écoles limitent leurs sorties extérieures pendant les périodes critiques, car les parents s'opposent à l'utilisation de répulsifs. De plus, plusieurs études 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 (Von Hirsch and Becker 2009; Worobey *et al.* 2013; Halasa *et al.* 2014). Ce constat prend son importance quand on sait que le temps consacré aux activités à l'extérieur influence le développe-

ment des habiletés cognitives et du comportement des enfants (Ulset *et al.* 2017). D'un point de vue environnemental, la réduction de la nuisance des insectes piqueurs profite également à certains animaux sauvages. Dans des cas extrêmes, l'accumulation des piqûres peut entraîner la mort (Franke *et al.* 2016) et même influencer les populations de caribou. De plus, certains ordres d'oiseaux comme les passériformes sont particulièrement affectés par le VNO. Malgré que l'espèce *Culex pipiens*, le principal vecteur de la maladie, ne soit pas la cible principale dans un contexte de nuisance, il en résulte une réduction de sa population et de celle d'autres espèces vectrices, diminuant les risques de transmission de la maladie à la fois aux humains et aux oiseaux. Finalement, il ne faudrait pas négliger l'impact économique; les activités récréotouristiques sont favorisées, l'attractivité résidentielle est augmentée et plusieurs emplois, dont plusieurs en biologie, sont créés.

CONCLUSION

L'état actuel des connaissances n'a pas démontré d'impact réel sur l'environnement, malgré plus de 40 années d'études et des centaines de publications. Le Québec a été et est toujours une des régions les plus avant-gardistes en utilisant une méthode non-invasive pour le contrôle des insectes piqueurs. L'utilisation de pesticides chimiques est toujours en cours au Canada pour la réduction de la nuisance et largement répandue dans le monde pour le contrôle des maladies. Malgré notre position enviable, il faut impérativement poursuivre la recherche sur les insectes piqueurs au Québec, afin d'utiliser les méthodes de contrôle ayant le moins d'impacts environnementaux. Devant ce constat, nous pouvons nous réjouir du débat actuel qui permet de faire avancer la science et les idées. ■

Diplômée en biologie de l'UQTR, et ayant fait sa maîtrise sur les moustiques et le virus du Nil occidental, Mme Moreau occupe le poste de directrice des affaires réglementaires chez GDG Environnement.

- Allgeier S, Frombold B, Mingo V, Brühl CA (2018) *European common frog Rana temporaria (Anura: Ranidae) larvae show subcellular responses under field-relevant Bacillus thuringiensis var. israelensis (Bti) exposure levels.* Environ Res 162:271–279.
- Beck ML, Hopkins WA, Jackson BP (2013) *Spatial and Temporal Variation in the Diet of Tree Swallows: Implications for Trace-Element Exposure After Habitat Remediation.* Arch Environ Contam Toxicol 65:575–587.
- Benelli G, Jeffries CL, Walker T (2016) *Biological control of mosquito vectors: Past, present, and future.* Insects 7
- Boisvert J, Lacoursière J (2004) *Le bacillus thuringiensis israelensis et le contrôle des insectes piqueurs au Québec.* 108
- Boisvert M, Boisvert J (2000) *Effects of Bacillus thuringiensis var. israelensis on Target and Nontarget Organisms: A Review of Laboratory and Field Experiments.* Biocontrol Sci Technol 10:517–561
- Caquet T, Roucaute M, Le Goff P, Lagadic L (2011) *Effects of repeated field applications of two formulations of Bacillus thuringiensis var. israelensis on non-target saltmarsh invertebrates in Atlantic coastal wetlands.* Ecotoxicol Environ Saf 74:1122–1130.
- Clare EL, Barber BR, Sweeney BW, et al. (2011) *Eating local: Influences of habitat on the diet of little brown bats (Myotis lucifugus).* Mol Ecol 20:1772–1780.
- 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.* Ecotoxicol Environ Saf 115:272–278.
- Epp L, Morin A, Poulain A (2019) *Effect of biolarvicide, Bacillus thuringiensis var. israelensis on Chironomidae in the South March Highlands wetland ecosystem of Ottawa, Ontario, Canada.* Ottawa
- Fang J (2010) *Ecology: A world without mosquitoes.* Nature 466:432–434
- Feuillet-Dassonval C, Lavaud F, Viniaker H, Bidat E (2006) *Réactions allergiques aux piqûres de moustiques, quelle prévention? Mosquito bites allergy, which prevention?* Arch pédiatrie 13:93–99.
- Franke A, Lamarre V, Hedlin E (2016) *Rapid nestling mortality in arctic peregrine falcons due to the biting effects of black flies.* Arctic 69:281–285.
- Halasa YA, Shepard DS, Fonseca DM, et al. (2014) *Quantifying the impact of mosquitoes on quality of life and enjoyment of yard and porch activities in New Jersey.* PLoS One 9.
- Johnson CM, Johnson LB, Murphy J, Beasley V (2001) *Evaluation of the potential effects of methoprene and Bti on anuran malformations in Wright County, MN.* 1–67.
- Lagadic L, Roucaute M, Caquet T (2014) *Bti sprays do not adversely affect non-target aquatic invertebrates in French Atlantic coastal wetlands.* J Appl Ecol 51:102–113.
- Lagadic L, Schäfer RB, Roucaute M, et al. (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.* Sci Total Environ 553:486–494.
- Lajmanovich RC, Junges CM, Cabagna-Zenkhusen MC, et al. (2015) *Toxicity of Bacillus thuringiensis var. israelensis in aqueous suspension on the South American common frog Leptodactylus latrans (Anura: Leptodactylidae) tadpoles.* Environ Res 136:205–212.
- Leclair R, Charpentier G, Pronovost F, Trottier S (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.*
- Niemi GJ, Hershey AE, Shannon L, et al. (1999) *Ecological Effects of Mosquito Control on Zooplankton, Insects, and Birds.* Environ Toxicol Chem 18:549
- Persson Vinnersten TZ, Lundström JO, Schäfer ML, et al. (2010) *A six-year study of insect emergence from temporary flooded wetlands in central Sweden, with and without Bti-based mosquito control.* Bull Entomol Res 100:715–7.
- Poulin B, Lefebvre G, Paz L (2010) *Red flag for green spray: Adverse trophic effects of Bti on breeding birds.* J Appl Ecol 47:884–889.
- Schweizer M, Miksch L, Köhler HR, Triebkorn R (2019) *Does Bti (Bacillus thuringiensis var. israelensis) affect Rana temporaria tadpoles?* Ecotoxicol Environ Saf 181:121–129.
- Timmermann U, 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 107:705–714 . doi: 10.1017/S0007485317000141
- Tiwari S, Ghosh SK, Mittal PK, Dash AP (2011) *Effectiveness of a New Granular Formulation of Biolarvicide Bacillus thuringiensis Var. israelensis Against Larvae of Malaria Vectors in India.* Vector-Borne Zoonotic Dis 11:69–75.
- Ulset V, Vitaro F, Brendgen M, et al. (2017) *Time spent outdoors during preschool: Links with children's cognitive and behavioral development.* J Environ Psychol 52:69–80.
- Von Hirsch H, Becker N (2009) *Cost-benefit analysis of mosquito control operations based on microbial control agents in the upper Rhine valley (Germany).* Eur Mosq Bull 27:47–55
- Weeks EN, Baniszewski J, Gezan SA, et al. (2019) *Methionine as a safe and effective novel biorational mosquito larvicide.* Pest Manag Sci 75:346–355.
- Worobey J, Fonseca DM, Espinosa C, et al. (2013) *Child outdoor physical activity is reduced by prevalence of the Asian Tiger Mosquito, Aedes albopictus.* J Am Mosq Control Assoc 29:78–80.