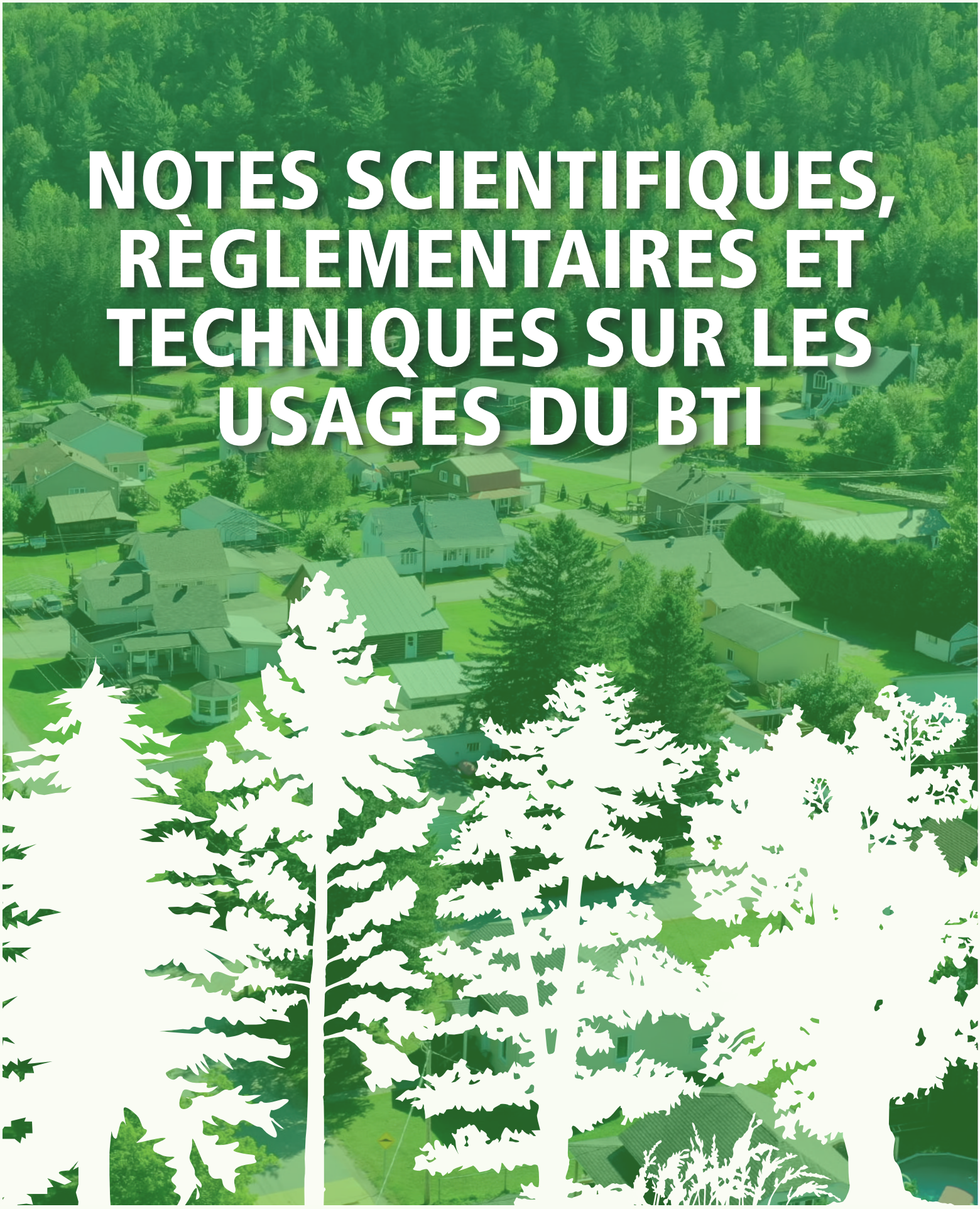
NOTES SCIENTIFIQUES, RÈGLEMENTAIRES ET TECHNIQUES SUR LES USAGES DU BTI



MISE À JOUR 2025

TABLE DES MATIÈRES

Sommaire..... 2
Mise en contexte..... 3
Le *Bacillus thuringiensis israelensis* (Bti) : ici et ailleurs..... 10
Mode d'action..... 12
Innocuité du Bti..... 13
Bti en bref..... 14
Effets sur les amphibiens..... 15
Effets sur les chironomes..... 16
Effets sur les insectivores aériens..... 17
Réseau Trophique..... 18
Résistance..... 20
Effet du Bti sur les humains..... 21
Maladies transmises par les insectes piqueurs..... 22
Cadre réglementaire..... 24
Utilisation et application du Bti au Canada..... 25

- Traitement des moustiques..... 26
- Traitement de mouches noires..... 27
- Avant et après traitement..... 27
- Épandage aérien..... 27
- Zone de traitement minimale et ciblée..... 28
- Programme de surveillance entomologique..... 29
- Acceptabilité sociale..... 30

Bénéfices reliés au contrôle des insectes piqueurs..... 31
Méthodes alternatives de contrôle..... 32
Équipe de rédaction et Références..... 34
Annexe 1 Fiche Technique sur le Bti de Santé Canada..... 39



SOMMAIRE

Le *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* (Bti) est une bactérie utilisée comme insecticide biologique pour contrôler les populations de moustiques et de mouches noires, en ciblant spécifiquement leurs larves. Son utilisation est répandue mondialement pour réduire les nuisances et les risques de transmission de maladies par ces insectes. Le Bti produit des toxines sous forme de cristaux protéiques, lesquels se dissolvent dans le système digestif des larves lorsqu'elles les ingèrent en se nourrissant, détruisant ainsi les parois de leur estomac et entraînant la mort. Selon l'ensemble des avis de santé publique, le Bti est sans danger pour les êtres humains et les autres vertébrés, contrairement aux insecticides chimiques qui peuvent présenter des risques importants pour la santé humaine et animale. Avant leur homologation au Canada, l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA) évalue rigoureusement leur innocuité. Les fabricants doivent fournir des données complètes sur la formulation du produit et ses effets potentiels sur la santé et l'environnement. Bien qu'il soit démontré que le Bti cible principalement les larves de moustiques et de mouches noires, l'innocuité du Bti et les marges de sécurité relatives aux doses opérationnelles recommandées indiquent que l'emploi du Bti est sécuritaire pour les micros et les macro-invertébrés, les amphibiens, les poissons, les oiseaux et les mammifères. Selon une réévaluation publiée par les autorités canadienne et québécoise, on peut y lire que le *B. thuringiensis* ne pénètre pas dans l'environnement en une quantité ou concentration qui ont un effet nocif immédiat ou à long terme sur l'environnement ou sa diversité biologique. En réduisant les populations de moustiques, le Bti contribue à diminuer le risque de transmission de maladies vectorielles telles que le virus du Nil occidental et l'encéphalite équine de l'est. Au Canada et au Québec, l'utilisation du Bti est strictement encadrée. Les produits à base de Bti sont classés dans la catégorie à usage « restreint », ce qui signifie qu'ils ne peuvent être appliqués que sur des zones spécifiques où se trouvent les larves ciblées. Les applicateurs doivent être certifiés, et au Québec, une autorisation supplémentaire est requise. Le Bti est appliqué directement sur les milieux aquatiques où se développent les larves de moustiques et de mouches noires, tels que les marais, les étangs et les rivières. L'application peut être terrestre ou aérienne, et nécessite les autorisations requises. La nature publique des programmes de contrôle à l'aide de larvicides biologiques en milieu municipal oblige plusieurs étapes de consultation, une communication limpide de tous les aspects du programme et son adoption par majorité. La totalité des programmes municipaux de contrôle des insectes piqueurs sont effectués à la demande des citoyens d'une municipalité aux prises avec un problème de nuisance et font l'objet de plusieurs consultations publiques. Les résultats de ces sondages, menés par des firmes reconnues ou lors de consultations, confirment l'adhésion des citoyens aux programmes de contrôle des insectes piqueurs à l'aide de larvicides biologiques.

Au Québec, l'utilisation du Bti demeure bien marginale par rapport aux pesticides de synthèse tous nettement plus toxiques. Le Bti est un outil efficace pour le contrôle des insectes piqueurs et la réduction des maladies vectorielles. Son utilisation nécessite la poursuite d'évaluation transparente des risques et des bénéfices, ainsi qu'une surveillance continue pour documenter ses impacts sur la biodiversité et le réseau trophique.

MISE EN CONTEXTE

La population québécoise est plus que jamais concernée par le maintien de la biodiversité et la préservation de nos écosystèmes naturels. Heureusement, il existe des outils de lutte biologiques pour le contrôle des insectes ravageurs et piqueurs, tel que le *Bacillus thuringiensis* var *israelensis* (Bti), lesquels sont respectueux de l'environnement en raison de leur courte demi-vie, de leur biodégradabilité ainsi que de leur impact très limité sur les insectes non-cibles (Bordalo et al., 2020). Le Bti est une formulation à base d'agents microbiens et est utilisé dans le cadre d'opérations de contrôle des insectes hématophages. Malheureusement, malgré une utilisation grandissante d'outils de lutte biologique au Québec et à travers le monde, plusieurs facteurs ont contribué à une perte substantielle de la biodiversité, dont ceux-ci sont principalement dû à l'activité humaine (Amendt, 2021, Theodorou, 2022, Quandahor et al., 2024, Wan et al., 2025) :

1. L'urbanisation : **L'expansion des villes fragmente les écosystèmes, isolant les populations animales et végétales**
2. La déforestation : **La conversion des forêts en terres agricoles, zones urbaines ou infrastructures réduit les habitats disponibles pour de nombreuses espèces.**
3. Les infrastructures humaines : **Les routes, barrages et autres constructions fragmentent les habitats et perturbent les migrations.**
4. L'agriculture intensive : **L'utilisation de monocultures, de pesticides et d'engrais appauvrit les sols et détruit les habitats.**



Malgré l'utilisation croissante d'outils de lutte biologique au Québec et dans le monde, plusieurs facteurs, principalement liés à l'activité humaine, ont entraîné une perte importante de la biodiversité.

D'abord, **l'urbanisation** est considérée actuellement comme l'un des principaux facteurs de perte de biodiversité. Cette perte se reflète par le fait que la plupart des organismes tolèrent difficilement les altérations environnementales associées à l'urbanisation (Braby et al., 2023). En analysant les différences d'abondance entre des milieux urbanisés et non-urbanisés de plus de 800 espèces d'oiseaux à travers le monde, il a été possible d'observer qu'une grande partie de cette perte est associée au manque d'adaptation de ces espèces face à cette perturbation (Sol et al., 2014).

La déforestation quant à elle est le résultat de la croissance de la population humaine et de l'exploitation abusive des ressources naturelles (Verma et al., 2020). Parmi toutes les espèces de plantes, d'amphibiens, de reptiles, d'oiseaux et de mammifères qui ont disparu depuis 1500 (AD), 75 % ont été touchées par la surexploitation des forêts et de l'activité agricole, ou de leur effet synergique (Maxwell et al., 2016). Elle est considérée comme l'une des principales menaces pour la biodiversité puisque les forêts abritent une grande partie de la faune entomologique et aviaire. (Dar et al., 2021, Braby et al., 2023).



La déforestation a un impact négatif direct bien documenté sur la biodiversité.

Les modifications du milieu, **par l'ajout d'infrastructures humaines,** impactent directement les caractéristiques spatiales des populations végétales et animales par la fragmentation, la modification et la perte d'habitats locaux (Simkins et al., 2023), ce qui se répercute directement sur le déclin généralisé de la biodiversité (Tian et al., 2020). Un exemple particulier de ce phénomène a été étudié chez la grenouille maculée de Columbia, *Rana pretiosa*, dans le Parc National de Yellowstone, où aucune mesure sanitaire (pesticides, herbicides, fongicides) n'est mise en place pour contrôler une quelconque espèce indésirable. Entre le milieu des années 1950 et le milieu des années 1990, la population de *R. pretiosa* a diminué de près de 80 %. Le nombre de sites de reproduction actifs est passé de 3 sites dans les années 1950, à 2 puis 1 dans les années 1990, et aucun après 2007 (Patla & Peterson, 2022). Voici les causes du déclin des populations de la grenouille maculée de Columbia :

1. **Construction d'une route dans les années 1970 qui traversait la zone d'étude**
2. **Développement de sources d'eau en amont de la zone d'étude**
3. **Construction d'installations autour de la zone d'étude pour soutenir l'expansion des activités humaines.**

Cette étude réalisée sur une longue période fournit des informations uniques sur la façon dont l'utilisation des terres peut affecter les populations d'amphibiens, même dans des zones protégées (Patla & Peterson, 2022).



Les ajouts d'infrastructures humaines modifient directement l'espace des populations végétales et animales en provoquant leur fragmentation.

Autre élément non négligeable dans la liste de facteurs contribuant à une perte substantielle de la biodiversité est **l'agriculture intensive** (Wan et al., 2025). Malheureusement, l'augmentation de la production agricole s'accompagne inévitablement d'un accroissement de l'utilisation d'engrais chimiques, d'herbicides et d'autres pesticides synthétiques tels que les glyphosates dont l'utilisation a connu une croissance fulgurante au cours des dernières années (bilan des ventes de pesticides MELCCFP, 2022).



Même à faible dose les pesticides de synthèses peuvent avoir des impacts significatif [...]

L'utilisation de pesticides de synthèse, tels que les organophosphorés et les pyréthrinoïdes, peut avoir des effets toxiques significatifs sur la faune, perturbant les communautés écologiques. Ces substances, souvent non spécifiques, affectent des espèces non ciblées, y compris des pollinisateurs comme les abeilles, des insectes aquatiques, des oiseaux et des mammifères. L'exposition à ces produits chimiques peut altérer des fonctions physiologiques critiques, telles que la reproduction, la croissance, et le comportement alimentaire, et provoquer des effets sublétaux, tels que des déficits sensoriels ou cognitifs. Les études ont montré que l'exposition chronique à ces substances réduit la biodiversité, compromet l'intégrité des chaînes alimentaires et perturbe des processus écologiques fondamentaux comme la pollinisation, la décomposition et le recyclage des nutriments (Goulson, 2013; Pimentel et al., 1992). Ces effets peuvent avoir des répercussions à long terme sur la résilience des écosystèmes face aux changements environnementaux.

Même lorsqu'utilisé à faible dose, les pesticides de synthèse peuvent avoir des impacts significatifs sur les oiseaux (Li et al., 2020). Des études récentes ont montré que ces insecticides ont aussi des effets néfastes sur des espèces d'invertébrés non-ciblées. Ces invertébrés constituent une partie substantielle du régime alimentaire de nombreuses espèces d'oiseaux pendant la saison de reproduction et sont indispensables à l'alimentation de leur progéniture (Hallmann et al., 2014).

Pour les grenouilles, les néonicotinoïdes sont une source importante de contamination, laquelle provient du ruissellement agricole, et sont reconnus pour affecter la survie, leur comportement ainsi que leur développement (Bouffard, 2021). Lorsque les grenouilles sont exposées à des concentrations élevées par ingestion ou contact cutané, ces pesticides peuvent entrainer des effets tels que des troubles nerveux, des convulsions et même la mort. À des doses plus faibles, les néonicotinoïdes peuvent aussi provoquer des altérations comportementales, comme la diminution de l'activité liée à la recherche de nourriture (Dewald, 2024).

Toujours en agriculture, le glyphosate est un herbicide non sélectif largement utilisé pour éliminer les mauvaises herbes. Bien que ciblant principalement les plantes, son utilisation peut entraîner des effets indirects sur l'ensemble de divers écosystèmes. L'utilisation du glyphosate a été directement associée à une réduction de l'abondance des moineaux domestiques, ce qui a provoqué un déclin rapide de cette espèce (Tassin de Montaigu & Goulson, 2023). Chez les abeilles, l'exposition au glyphosate a entraîné des changements dans leur microbiome intestinal, les rendant ainsi vulnérables à des complications d'ordre pathogénique (Quandahor et al., 2024). Suivant l'utilisation intensive du glyphosate, cette pratique est maintenant devenue une menace majeure pour les populations d'amphibiens, compte tenu de leur abondante utilisation dans le monde entier (Boone et al., 2024).



Les grenouilles peuvent être contaminées par les néonicotinoïdes issus du ruissellement agricole, ce qui affecte leur survie, leur comportement et leur développement.

Le Québec n'est pas à l'abri des impacts de l'agriculture intensive sur la perte de biodiversité. De surcroît à cet usage intensif, des expérimentations en champs ont montré que 95 % des insecticides sont inutiles et qu'une forte proportion des fertilisants est superflue (Leblanc, 2024). Ces résultats, obtenus d'essais en champs faits sur 84 sites au Québec, ont permis de constater qu'il n'y avait aucune différence de rendement entre les semences enrobées de pesticides et les semences ordinaires. De plus, moins de 5 % des terres étudiées comptaient suffisamment d'insectes ravageurs pour justifier l'usage d'un pesticide (Labrie et al., 2020). Suivant ces révélations, un comité s'est penché sur cette situation abusive dans la gestion des pesticides chimiques au Québec, lequel a recommandé l'adoption « d'un principe de précaution lors de l'homologation et de l'utilisation des pesticides en agriculture » (Commission de l'agriculture, des pêcheries, de l'énergie et des ressources naturelles, 2020).

Pour réduire ces impacts nocifs sur l'environnement, plusieurs mesures alternatives de lutte durables peuvent être envisagées, dont promouvoir l'usage d'insecticides biologiques, tel que l'utilisation d'isolats indigènes de *B. bassiana* pour lutter contre le doryphore de la pomme de terre. De plus, l'utilisation du Bti fait partie des stratégies alternatives limitant la perte de biodiversité, de par son impact limité sur les écosystèmes environnementaux. Dans les prochaines sections, une description plus approfondie du Bti est présentée, afin de mettre en évidence les effets de ce biopesticide sur les différentes strates fauniques ainsi que les mesures de mitigation mises en place lors de son application dans les différents milieux aquatiques (lotique et lentique).



Utilisation de pesticides en milieu agricole.

BILAN ANNUEL D'UTILISATION DES PESTICIDES AU QUÉBEC

Selon les derniers chiffres disponibles, le bilan d'utilisation annuelle des pesticides au Québec est de **5 000 000 de Kg** d'ingrédients actifs (Bilan des ventes de pesticides, MELCCFP, 2022).

L'utilisation du *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* (Btk) dans les programmes de lutte aux ravageurs forestiers, tel que celui de la tordeuse des bourgeons de l'épinette, compte pour **200 000 Kg.**

Le bilan total d'utilisation du Bti pour l'ensemble des programmes municipaux et autres, ne compte que pour **1500 kg** , soit 0,03 % du total annuel alors que le Bti est de loin, **le pesticide le moins toxique.**

Cette différence de toxicité peut être quantifiée par la dose létale moyenne (DL50), qui mesure la quantité de substance nécessaire pour tuer 50 % d'une population d'organismes testés. Pour le Bti, les études montrent que la DL50 est d'environ >10 000 mg/kg de poids corporel. Cela signifie qu'une très grande quantité de Bti est nécessaire pour tuer des organismes non ciblés, ce qui le rend extrêmement sécuritaire (Reardon et al., 2010).

En revanche, pour les pesticides chimiques comme les pyréthrinoïdes, la DL50 est beaucoup plus faible. Par exemple, la DL50 pour la perméthrine (un pyréthroïde couramment utilisé pour contrôler les moustiques au Canada et ailleurs) est d'environ 0,003 mg/kg de poids corporel (Alonso et al., 2001). Cela montre qu'il faut beaucoup moins de pesticide chimique pour provoquer des effets létaux, rendant ces produits beaucoup plus toxiques pour la faune non ciblée.

Ainsi, les différences de toxicité sont évidentes, le Bti étant **des centaines ou des milliers de fois moins toxique** pour la faune non-cible que des insecticides chimiques.

L'outil SAgE pesticides, par le gouvernement du Québec, permet aux utilisateurs de pesticides de faire des choix éclairés. On y constate que les produits à base de Bti présentent de loin des fiches techniques les plus responsables, à l'inverse des pesticides chimiques qui présentent des indices de risque pour la santé (IRS) et pour l'environnement (IRE) moins intéressants. (SAgE pesticides, 2025).



Utilisation de pesticides en milieu agricole.

LE *BACILLUS THURINGIENSIS ISRAELENSIS* (BTI) : ICI ET AILLEURS

Le Bti est un micro-organisme bactérien gram positive retrouvé naturellement dans tous les sols, l'eau, l'air et le feuillage des végétaux. Il est utilisé mondialement comme biopesticide, en particulier dans la lutte aux moustiques. Son efficacité repose sur la production de toxines spécifiques qui ciblent uniquement les cellules digestives de larves d'insectes hématophages (qui se nourrissent de sang) tout en étant non nocives pour les autres organismes, y compris les humains.

Les larvicides à base de Bti sont mondialement établis par les autorités gouvernantes comme l'alternative favorite aux insecticides chimiques dans la lutte contre les moustiques (World Health, 2020).

En Europe, c'est plus de 100 millions de personnes qui bénéficient de traitement à l'aide du Bti, depuis que les autorités ont délaissé les larvicides chimiques et opté pour le Bti. Il faut distinguer que, du côté européen, les travaux au Bti sont autorisés dans les aires protégées (telles que les zones inscrites à l'inventaire européen Natura 2000), alors qu'au Québec, les aires protégées (parcs, réserves) sont exclues de tout traitement (Lewis et al., 2016).

Au Canada, on compte environ 40 biopesticides homologués à base de *B. thuringiensis*. L'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA) de Santé Canada a accordé une homologation pour la vente et l'utilisation de Btk en 1962, cette variété étant à ce jour la plus utilisée, notamment dans les programmes de lutte aux ravageurs forestiers tel que celui de la tordeuse des bourgeons de l'épinette. Quant la souche du Bti, qui est utilisée contre les diptères piqueurs (moustiques et petites mouches noires), elle est homologuée depuis 1982.



Formulation granulaire de Bti.



Le biolarvicide BTI correspond à une solution écologique non toxique pour les humains et les animaux et qui se dégrade rapidement dans l'environnement.

Le Québec a été un véritable précurseur en adoptant dès le début des années 80, les choix responsables de se doter d'outils de lutte biologique contre les insectes ravageurs (Btk) et les insectes piqueurs (Bti). Depuis l'arrivée du virus du Nil occidental au Canada en 2001, le Bti est également utilisé dans la prévention des maladies transmises par les moustiques puisque le produit correspond à une solution écologique non toxique pour les humains et les animaux qui se dégrade rapidement dans l'environnement (Glare & O'Callaghan, 1998; World Health, 2020). Il n'a pas d'impact significatif sur les habitudes alimentaires des autres espèces animales (Duchet et al., 2018; Strasburg & Boone, 2021; Timmermann & Becker, 2017).

Ce biolarvicide est appliqué dans l'eau stagnante ou courante, soit les endroits où pondent les moustiques et les mouches noires, une approche qui s'inscrit dans les principes de gestion écosystémique. La lutte aux insectes piqueurs, au moyen de larvicides biologiques, montre une sensibilité collective à la préservation des milieux naturels et permet de contribuer à l'atteinte d'un meilleur équilibre entre les actions de la nature et celles des êtres humains. Le Bti permet une meilleure qualité de vie aux populations ayant de la nuisance causée par ces insectes (Ferreira & Silva-Filha, 2013; Lacey, 2007).

MODE D'ACTION

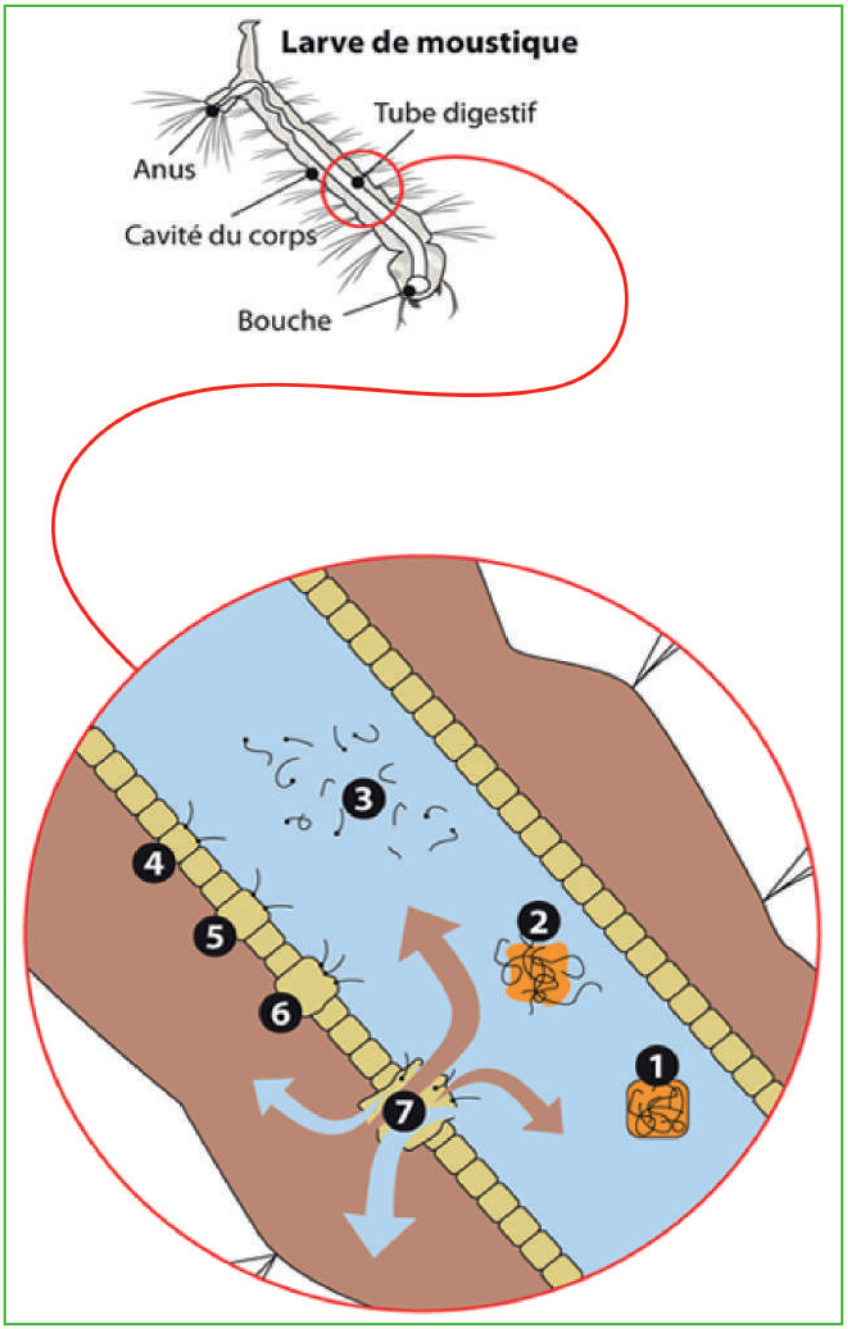
Durant l'étape de sporulation de son cycle de vie, le Bti produit une protéine cristallisée (Andrews et al., 1987; Hannay, 1953), qui est toxique uniquement pour les larves de moustiques hématophages et de mouches noires lorsqu'utilisé aux dosages usuels (Bulla et al., 1977; Höfte & Whiteley, 1989; Lynch & Baumann, 1985).

Les cristaux microscopiques sont ingérés par les larves de ces deux groupes d'insectes lorsque celles-ci se nourrissent (Jaquet et al., 1987). Les cristaux se dissolvent et se transforment en molécules protéiques toxiques qui détruisent les parois de l'appareil digestif alcalin de ces insectes sensibles au Bti (Schnepf et al., 1998).

La majorité des micros et des macro-invertébrés, des amphibiens, des poissons, des reptiles, des oiseaux et des mammifères ne présentent pas les conditions pour libérer les toxines, en raison de leur appareil digestif acide.

1. Les cristaux de Bti se dissolvent dans le liquide alcalin du tube digestif.
2. De longues chaines de protéines se libèrent.
3. Les chaines de protéines sont sectionnées par des enzymes.
4. Les segments, qui sont toxiques pour les cellules de la paroi du tube digestif, s'accrochent à ces cellules.
5. Sous l'effet des toxines, les cellules se mettent à gonfler.
6. Les cellules continuent à se gonfler et s'affaiblissent.
7. Éventuellement, les cellules affectées éclatent causant une perforation du tube digestif, ce qui entraine le mouvement du suc digestif vers la cavité du corps et un mouvement inverse du sang de l'insecte.

   L'éclatement du tube digestif provoque la mort de l'insecte.



INNOCUITÉ DU BTI

Autorisés au Canada depuis 1982, le Bti a fait l'objet de réévaluations complètes et partielles à plusieurs reprises, dont en 2008, 2010 et 2018. Les produits à base de Bti sont également réévalués en Europe, aux États-Unis et sont couramment utilisés dans le contrôle des populations de moustiques et de mouches noires.

Depuis le début de l'utilisation du Bti, il y a 40 ans, une vaste littérature a livré un solide consensus scientifique entourant l'innocuité du Bti. 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.

Pour être toxique, le cristal doit être 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 (Schnepf et al., 1998). Il est important de souligner que l'activité du larvicide provient exclusivement de la structure cristalline produite lors du cycle vital de la bactérie. Il faut aussi savoir que les études, aussi bien au terrain qu'en laboratoire, sont réalisées avec la formulation complète (incluant les additifs) et que les effets sont documentés sur l'ensemble de la formulation. L'homologation permet d'évaluer l'étendue de l'impact sur l'environnement que pourrait engendrer l'ingrédient actif et les additifs. Ce sont donc l'ensemble des ingrédients, contenus dans les produits à base de Bti, qui sont évalués par les agences gouvernementales et durant les études scientifiques. Notons que la formulation liquide de Bti est aqueuse et est dont principalement constituée d'eau alors que la formulation granulaire est constituée sur un substrat de maïs concassé de grade alimentaire.

L'innocuité du Bti et les marges de sécurité relatives aux doses opérationnelles recommandées indiquent que l'emploi du Bti est sécuritaire pour les micros et les macro-invertébrés, les amphibiens, les poissons, les oiseaux et les mammifères (World Health, 2020).



Le Bti ne devient toxique qu'une fois rendu dans l'estomac des larves de moustiques ou de simulies. Le Bti n'a donc aucun effet sur les autres insectes comme l'abeille domestique, ni sur les poissons, les oiseaux ou les mammifères (Santé Canada).

En 2018, Environnement et Changement climatique Canada (ECCC) et Santé Canada ont publié une réévaluation des larvicides dans le cadre de la procédure d'évaluation scientifique des risques liés aux micro-organismes réglementés. Comme pour les évaluations précédentes, cette dernière combine toutes les variétés de Bt. On peut y lire : « *Malgré l'ubiquité et l'importante utilisation de diverses sous-espèces de B. thuringiensis, il n'existe, dans les écosystèmes où elles sont utilisées, aucun effet nocif connu à l'échelle des populations sur les espèces ciblées et aucun effet nocif sur des plantes, des vertébrés ou des invertébrés terrestres ou aquatiques non ciblés. B. thuringiensis ne pénètre pas dans l'environnement en une quantité ou concentration ni dans des conditions qui ont ou peuvent avoir un effet nocif immédiat ou à long terme sur l'environnement ou sa diversité biologique.* » (Évaluation préalable finale de la souche ATCC 13367 de *Bacillus thuringiensis* - Canada.ca).

Persistance : Les toxines produites par *Bacillus thuringiensis* peuvent parfois persister dans les sols pour plusieurs mois. En revanche, les demi-vies typiques des produits de *Bacillus thuringiensis* sont de 0,5 à 4 jours sur le feuillage. Les spores produites par ce microorganisme peuvent persister dans l'environnement, mais elles ne sont pas toxiques.

BTI EN BREF

1. La nature inoffensive du Bti repose sur un solide consensus scientifique mondial établi depuis près de 40 ans (Glare & O'Callaghan, 1998; Lacoursière, 2004; Lagadic et al., 2016).
2. L'OMS, tout comme l'ensemble des instances gouvernementales de tous les pays où le produit est disponible, définissent le Bti comme étant un produit sécuritaire et adapté pour le contrôle des insectes piqueurs (World Health, 2020).
3. Les efforts de protection de nos rivières, réalisées au cours des dernières décennies, ont permis la recolonisation par ces populations d'insectes aquatiques réputés sensibles et qui sont d'excellents bio-indicateurs de la qualité de nos cours d'eau (Desquilbet et al., 2020).
4. Le contrôle des insectes piqueurs à l'aide de larvicides biologiques permet à des millions de canadiens de restreindre l'utilisation de pesticides et d'insectifuges chimiques.



Le larvicide biologique BTI s'attaque spécifiquement aux larves de moustiques et de mouches noires en perturbant leur système digestif, sans affecter les autres organismes bénéfiques de l'écosystème.

EFFETS SUR LES AMPHIBIENS

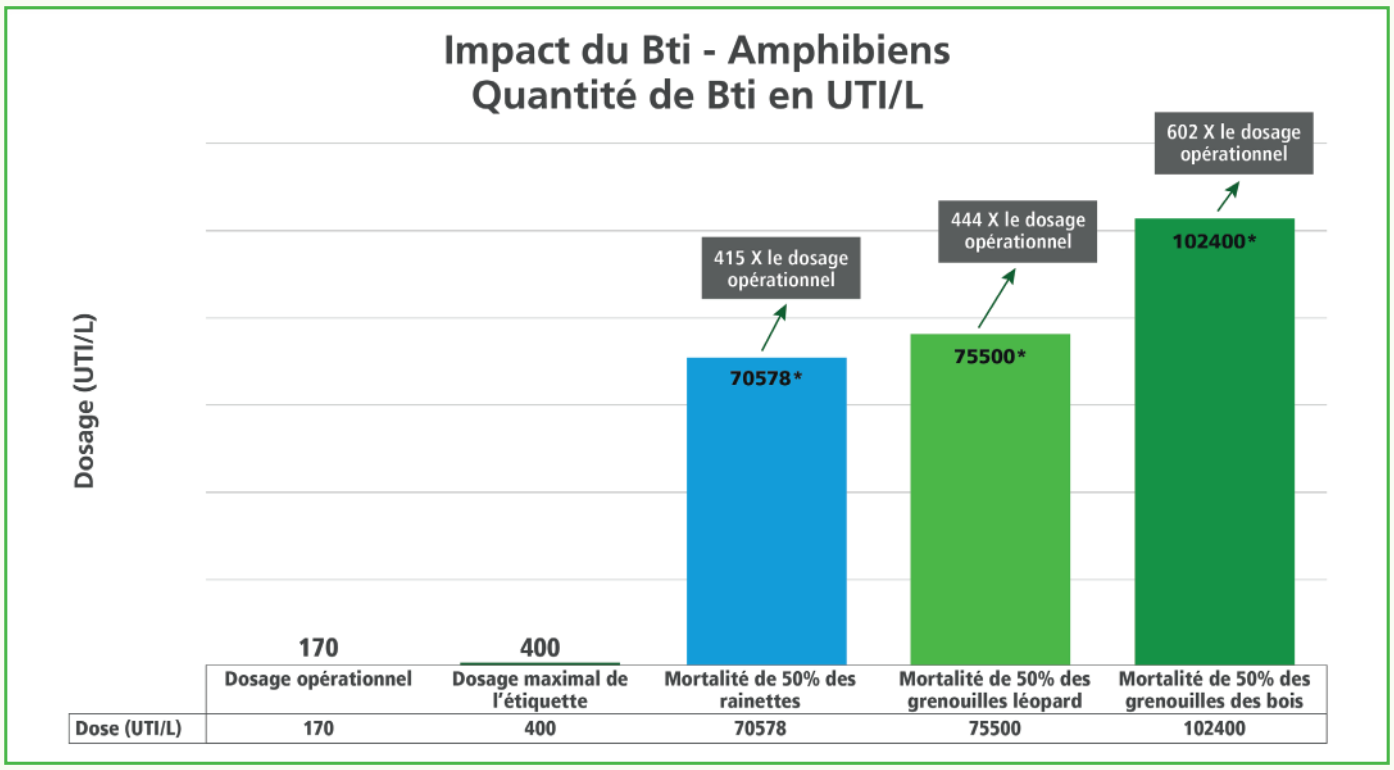
Auparavant, les études ne rapportaient aucun effet direct ou indirect du Bti sur les amphibiens (Boisvert & Lacoursiere, 2004; Glare & O'Callaghan, 1998). En 2015, une étude laboratoire provenant d'un groupe de recherche d'Argentine soulève les impacts éventuels que le surdosage peut engendrer sur les amphibiens (Lajmanovich et al., 2015). Depuis, d'autres articles, dont ceux parus en 2018 et 2019 en Allemagne, sont venus démentir les résultats de cette étude, n'enregistrant aucune mortalité et aucun impact sur le développement des amphibiens (Allgeier et al., 2018; Schweizer et al., 2019).

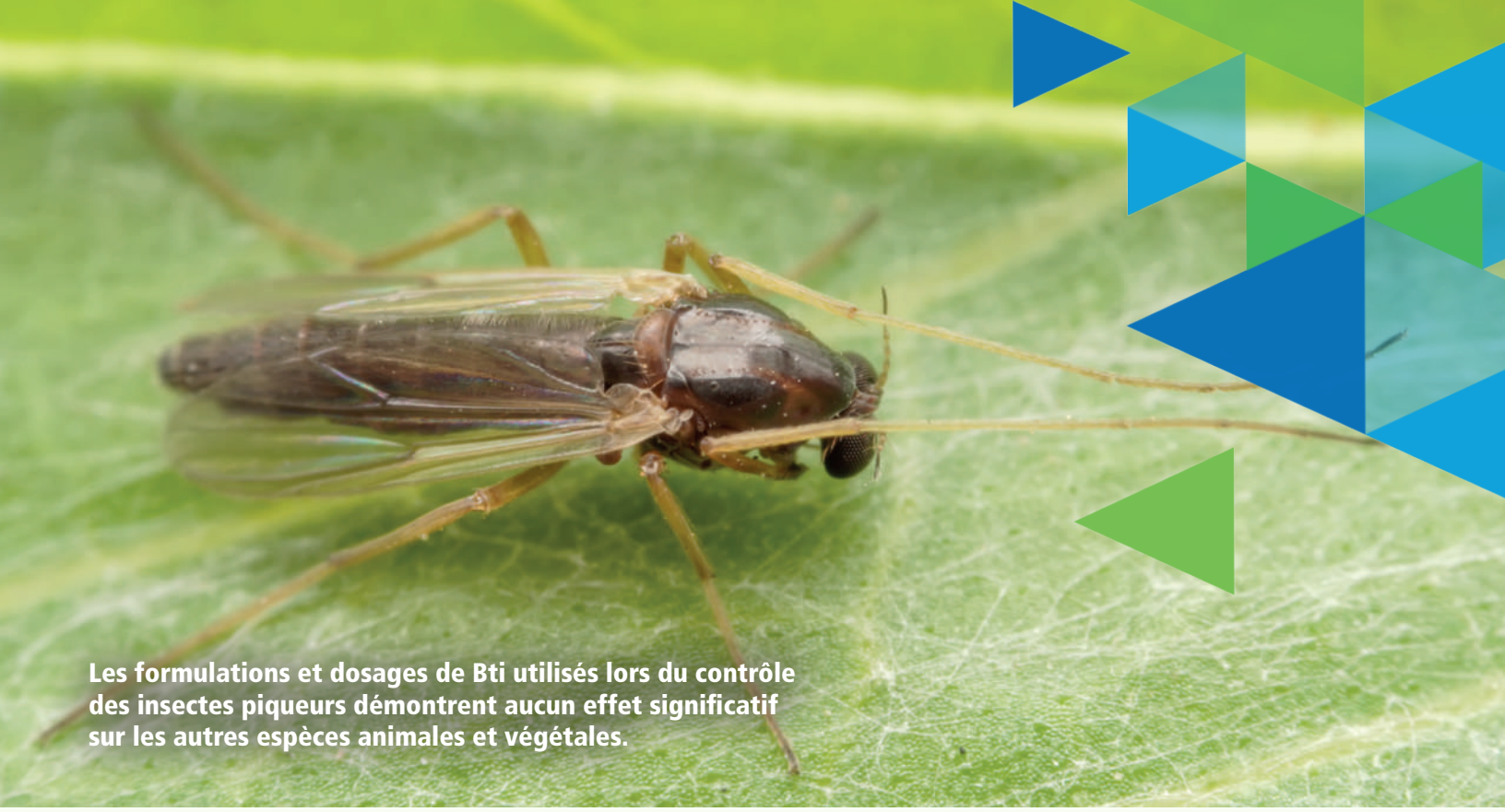
En ce sens, une étude de deux ans, menée au Minnesota en laboratoire et sur le terrain, ainsi qu'une autre effectuée en Inde en 2011, sont arrivées aux mêmes conclusions (Johnson & Johnson, 2001; Tiwari et al., 2011).

De plus, une étude effectuée à Trois-Rivières sur des grenouilles indigènes avait démontré aucun effet sur le développement de têtards se nourrissant de cadavres de larves de moustiques traitées au Bti (Raymond Leclair, 1988).

En 2021, une étude québécoise commanditée par le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs est arrivée aux mêmes conclusions, ne démontrant pas d'effet biologique significatif (Gutierrez-Villagomez et al., 2021).

Récemment, une étude réalisée par l'Université d'Ottawa pour la Ville d'Ottawa a démontré les dosages nécessaires pour tuer des espèces de grenouilles canadiennes. Les résultats sont présentés dans le graphique plus bas, en comparaison des dosages utilisés lors d'opérations de contrôle des populations larvaires dans les milieux humides (Empey, 2022).





Les formulations et dosages de Bti utilisés lors du contrôle des insectes piqueurs démontrent aucun effet significatif sur les autres espèces animales et végétales.

EFFETS SUR LES CHIRONOMES

Malgré leur relative proximité phylogénétique avec les moustiques, les chironomides sont environ 425 fois moins sensibles que ces derniers au Bti. La présente étude montre, une fois de plus, que l'abondance des chironomes n'est pas affectée par la présence de Bti. Dans certains cas, les larves de chironomes sont même sensiblement plus abondantes dans la zone traitée (cf. stations de Guérande, Mornac-sur-Seudre et Budos). Cette observation, déjà réalisée au cours d'études antérieures dans le Morbihanou dans les Bouches-du-Rhône (études réalisées par des scientifiques d'instituts différents), n'est vraisemblablement pas le fruit du hasard. En effet, les larves de chironomes ont des relations "mangeurs-mangés" comparables à celles des larves de moustiques. Lorsque les larves de moustiques sont éliminées suite aux traitements au Vectobac, larvicide à base de Bti, leur niche écologique laissée vacante peut potentiellement être occupée par les larves de chironomes. De ce fait, la biomasse de nourriture disponible pour les prédateurs varierait peu. L'absence d'effet toxique direct chez des taxons potentiellement sensibles au Bti, rend donc très peu probable l'hypothèse d'effets indirects en cascade via les chaînes alimentaires. (Evaluation à long terme des effets non intentionnels de la démoustication dans les secteurs d'intervention de l'EID-Atlantique ; INRA Equipe Ecotoxicologie et Qualité des Milieux Aquatiques, décembre 2014).

Les études démontrent que les programmes de contrôle des insectes piqueurs qui utilisent un dosage opérationnel, selon les normes d'applications établies par les autorités gouvernementales et industrielles, n'affectent pas la densité de chironomes en milieu naturel (Duchet et al., 2015). Une autre étude réalisée sur six ans en Suède, conclut que l'épandage de Bti en milieu naturel ne provoque aucun effet négatif direct majeur sur la production de chironomes (Lundström et al., 2010).

Une étude terrain menée par des chercheurs de l'Université d'Ottawa évalue les effets possibles du Bti sur les chironomides. Le rapport remis à la Ville d'Ottawa révèle qu'il n'y a pas eu de baisse de densité ni de biodiversité chez les populations de chironomides recensées. Les conclusions démontrent qu'il n'est pas possible d'associer l'utilisation de Bti comme étant un facteur déterminant du taux d'émergence des insectes non-cibles (Epp, 2020).

EFFETS SUR LES INSECTIVORES AÉRIENS

Une littérature importante confirme que les moustiques ne sont pas des proies ciblées tant pour les oiseaux insectivores que pour la chauve-souris (Beck et al., 2013; Fang, 2010). Les études portant sur l'analyse des contenus stomacaux démontrent que la diète des prédateurs aériens (oiseaux insectivores, chauve-souris) ne compte que sur 1% de moustiques, et ce, peu importe la forte densité de moustiques disponible (Boukhemza-Zemmouri et al., 2013; Mengelkoch et al., 2004). Le gain énergétique est simplement trop faible pour permettre aux prédateurs de se nourrir de ces petits insectes (Kale, 1968; Orłowski & Karg, 2011). D'ailleurs, l'écholocalisation des chiroptères (chauves-souris) ne permet pas de détecter de si petites proies, ce qui corrobore les études sur l'analyse des contenus stomacaux (Wetzler & Boyles, 2018).

Malgré la petite taille de son bec, l'engoulevent bois-pourri est en mesure de l'ouvrir à une très grande amplitude, ce qui lui permet de chasser en plein vol et de se nourrir de papillon de nuit, de scarabée et d'autres gros insectes volants (Conservation de la Nature Canada, 2025).

Une étude récente effectuée en Nouvelle-Écosse sur 3 espèces d'hirondelles est arrivée à la conclusion que l'abondance des insectes n'a pas d'effet sur la survie de la nichée et le poids des oisillons (Imlay et al., 2017). Une des explications avancées par l'étude propose que la variabilité entre les régions pourrait influencer davantage l'alimentation des oiseaux insectivores.

En France, une recherche soulève des doutes par rapport aux répercussions probables du traitement au Bti sur la faune non-cible (Poulin et al., 2010). Cette étude est aujourd'hui contestée par plusieurs chercheurs qui dénoncent, entre autres, l'historique de traitements à l'aide de pesticides chimiques, l'hétérogénéité écologique choisie initialement entre les zones témoins et traitées et le manque d'études sur la disponibilité des proies, sur laquelle la conclusion est hypothétiquement basée. Ces chercheurs ont publié une étude sur les impacts des traitements routiniers au Bti sur la disponibilité des insectes volants comme proies pour les prédateurs aériens (Lagadic et al., 2014; Timmermann & Becker, 2017).

Il est important d'apporter certaines distinctions par rapport aux études réalisées en Camargue, décrivant des impacts négatifs potentiels sur la faune aviaire. Ces études ne sont pas représentatives des opérations de contrôle effectuées au Québec, puisque ces milieux sont hétérogènes. Le Parc naturel régional de Camargue comporte près de 10 000 ha de réseaux d'étangs et de marais et s'étend sur trois communes françaises. Au Québec, les opérations de contrôle sont effectuées sur de très petites superficies, constituées principalement d'étendues d'eau stagnantes temporaires. Par ailleurs, les études en Camargue sont effectuées à plus fortes doses comparativement aux dosages opérationnels utilisés au Québec, lesquels dépassent de loin la prescription autorisée par l'ARLA, au Canada. Autre distinction majeure, les marais de la Camargue font l'objet de dizaines de traitements par année (30 à 50 traitements), alors qu'ici la majorité des mares d'eau ne sont traités qu'une seul fois par année ou au maximum une dizaine d'applications dans certains gîtes plus productifs.



De nombreuses études montrent que les petits insectes tels que les moustiques, sont une composante marginale et accidentelle de la diète des oiseaux insectivores et des chauves-souris.

RÉSEAU TROPHIQUE

L'alimentation des prédateurs insectivores est composée d'un vaste inventaire d'insectes aquatiques. La réduction de la biomasse de larves de moustiques et de mouches noires disponibles n'engendre pas de perturbations supplémentaires significatives dans les composantes des habitats. Il est important de considérer l'ensemble des facteurs écologiques pour saisir les nombreuses interactions au sein des communautés d'insectes. En milieu humide, le réseau trophique peut être influencé par la composition écologique de l'habitat, les cycles de colonisations, les paramètres physico-chimiques ainsi que les interactions entre prédateurs et proies (Batzer & Wissinger, 1996). La figure ci-dessous met en évidence la diversité d'insectes que nous pouvons retrouver dans un écosystème aquatique.



Exemple d'un réseau trophique où l'on retrouve les moustiques et les mouches noires (mis en évidence dans le cercle rouge).



Les échantillonnages entomologiques réalisés depuis plus de 40 ans au Québec témoignent de cette augmentation dans les populations de moustiques et de mouches noires (simulies).

La biomasse aquatique engendrée par ces insectes est déjà biologiquement temporaire, puisque ceux-ci passent au stade terrestre dans leur cycle de vie et ne constituent pas des proies potentielles pour les espèces prédatrices au cours de l'ensemble de leur vie. Ainsi, la composition de la biomasse aquatique de ces insectes occasionne une diminution de la ressource à un certain moment, au cours de leur cycle de vie.

Dans le cas du contrôle des insectes piqueurs, la réduction de la biomasse n'est que partielle et temporaire puisque les traitements sont effectués que lorsque les larves ont atteint un certain stade de développement et s'apprêtent à passer à leur stade de vie terrestre. Rappelons également que la lutte intégrée contre les insectes piqueurs ne vise pas leur extermination complète mais plutôt à réduire leurs niveaux de populations à une densité tolérable, afin que les citoyens puissent profiter des activités extérieures.

Les études laboratoire ne permettent pas de considérer l'ensemble des interactions et des impacts probables. En effet, plusieurs études démontrent que les insectes non-cibles sont peu affectés par l'utilisation de Bti en milieux naturels (Charbonneau et al., 1994; Duchet et al., 2015; Epp, 2020; Lagadic et al., 2016; Liber et al., 1998). 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.

Malgré le déclin de plusieurs groupes d'insectes terrestres, les insectes aquatiques sont en augmentation de 38 % depuis 30 ans selon une méta-analyse qui porte sur 166 études de longues durées (Desquilbet et al., 2020).

Les échantillonnages entomologiques réalisés depuis plus de 40 ans au Québec témoignent de cette augmentation dans les populations de moustiques et de mouches noires (simulies). Ainsi, les efforts de protection de nos rivières réalisées au cours des dernières décennies ont permis la recolonisation par ces populations d'insectes aquatiques, notamment les petites mouches noires réputés sensibles et qui sont d'excellents bio-indicateurs de la qualité de nos cours d'eau.

RÉSISTANCE

Jusqu'à présent, aucune étude menée en milieu naturel démontre la résistance d'une espèce quelconque face au Bti. La complexité du mode d'action entre le pathogène et l'insecte cible fait en sorte qu'il est peu probable qu'un insecte développe une résistance envers ce produit. En effet, cette complexité découle de l'action combinée et synergique des quatre protéines associées au processus toxique des cristaux (Höfte & Whiteley, 1989). Bien qu'il soit théoriquement possible de développer une résistance aux cristaux de Bti sur le terrain, la probabilité qu'un tel événement se produise est très faible (Schnepf et al., 1998).

Au Québec, les mêmes dosages sont utilisés depuis plus de 40 ans, témoignant ainsi de l'absence de résistance. Le faible nombre de traitements nécessaires permet aux individus issus de zones non traitées de se mêler aux populations exposées, limitant ainsi le développement de la résistance à ce biolarvicide.

En Allemagne, un programme de contrôle des moustiques à l'aide du Bti est en place depuis 1981. Depuis toutes ces années, on estime que 189 générations d'*Aedes vexans* ont subi une pression de sélection face au Bti. Une étude récente a démontré qu'aucune résistance n'a été développée dans les sites traités depuis 36 ans (Becker et al., 2018). De même, une autre étude démontre l'absence de résistance suite à l'exposition de 30 générations d'*Aedes aegypti* au Bti (Carvalho et al., 2018).

Par ailleurs, lors d'une étude laboratoire, il a été possible d'observer une résistance envers certaines toxines. Cependant, aucune résistance n'a été observée sur les populations de moustiques retrouvées en milieu naturel et ce, après plusieurs décennies de traitement au Bti (Tetreau et al., 2013).



La complexité de l'interaction entre le pathogène et l'insecte cible rend peu probable le développement d'une résistance chez l'insecte.



La littérature scientifique ne montre aucun effet direct important du Bti sur la santé humaine ou sur les mammifères, poissons, oiseaux et reptiles en général.

EFFET DU BTI SUR LES HUMAINS

La littérature scientifique ne démontre aucun effet direct significatif du Bti sur la santé humaine ou, plus généralement, sur les mammifères, les poissons, les oiseaux ou les reptiles.

Les mammifères ne possèdent pas les caractéristiques physico-chimiques permettant d'activer la toxine contenue dans le Bti, ce qui rend ce dernier sans danger pour l'humain (World Health, 2020). Dans la réévaluation d'homologation du *Bacillus thuringiensis*, l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA) mentionne que :

« On ne saurait s'attendre à ce que la consommation de produits traités pose un risque pour la population, les enfants et les nourrissons. Le risque d'exposition par l'eau potable est négligeable. La faible toxicité du Bacillus thuringiensis et la démonstration de son innocuité donnent à penser que l'exposition des humains par l'eau potable ne pose pas de risque significatif. » Voir en annexe 1 la fiche technique sur le BTI de Santé Canada .

De plus, aucun effet toxique, aucune infectiosité, ni aucune pathogénicité par voie orale, par inhalation, par voie intrapéritonéale ou par voie cutanée n'a été observé.
Il semble qu'aucune toxine ni aucun métabolite connu du *B. thuringiensis* ne soit un perturbateur endocrinien ou n'ait un effet toxique sur le système immunitaire. Il est important de rappeler que lors de l'homologation, Santé Canada (ARLA), prend en compte la liste complète des ingrédients (même ceux préservés par le secret industriel) pour chacune des formulations homologuées.

Les études effectuées sur la santé humaine et l'écotoxicité sont effectuées sur les formulations et elles incluent donc dans leurs résultats les effets des additifs ou adjuvants. L'Environmental Protection Agency (EPA) aux États-Unis a également conclu qu'il était raisonnable de penser que l'exposition par voie alimentaire à des résidus de *B. thuringiensis* serait sans danger pour les nourrissons et les enfants. Le World Health Organization Pesticide Evaluation Scheme (WHOPES) a publié un rapport en 2009 autorisant l'application directement dans l'eau potable pour combattre certains moustiques dans des pays où sévissent des maladies telles que la malaria ou la fièvre jaune (Winegard, 2019).

MALADIES TRANSMISES PAR LES INSECTES PIQUEURS

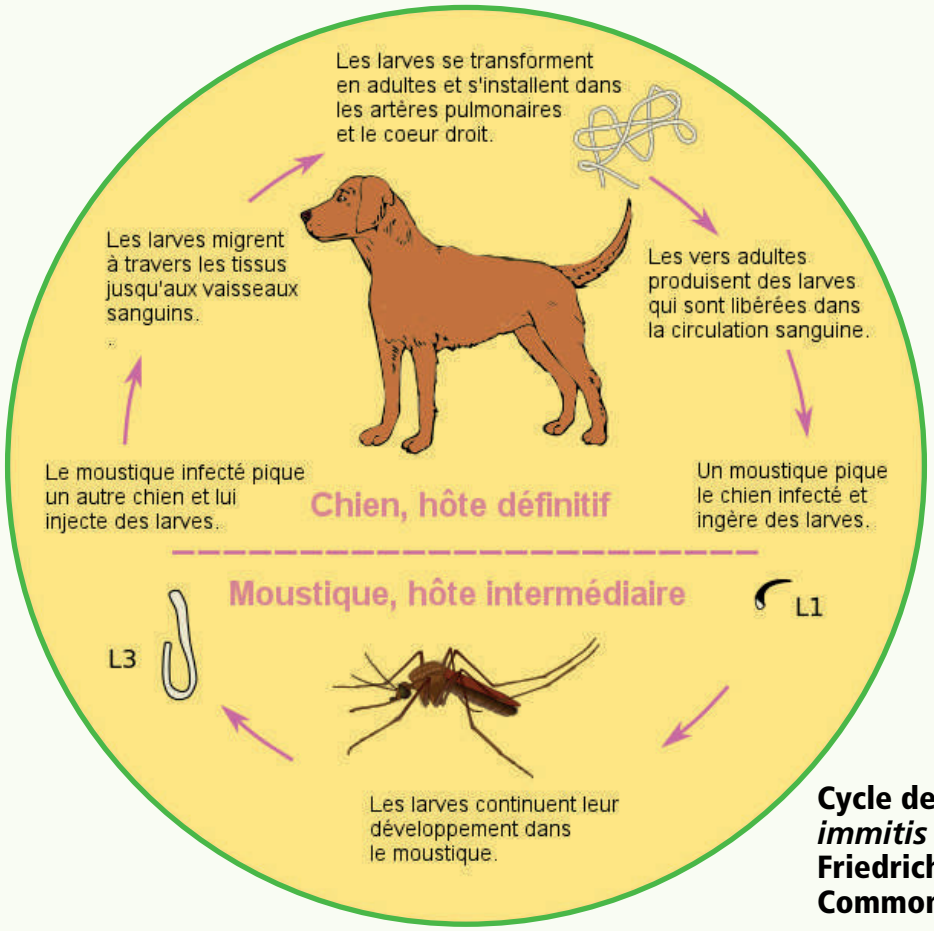
En plus d'être inoffensive pour les humains, l'utilisation du Bti permet de réduire les risques de propagation de certaines maladies en éliminant leurs vecteurs. En effet, le moustique est l'animal le plus meurtrier au monde en raison des maladies qu'il peut transmettre par suite de sa piure. À l'échelle mondiale, les moustiques causent 1 000 000 de décès/année.

Nos animaux de compagnie ne sont pas épargnés par les insectes piqueurs, car plusieurs pathologies peuvent leur être transmises. Parmi ces affections, le ver du cœur (dirofilariose) est particulièrement notable. Il s'agit d'une parasitose causée par *Dirofilaria immitis*, un ver filaire qui infecte principalement le cœur et les poumons des chiens et des chats. Cette maladie, largement répandue en Amérique du Nord, est responsable de la mort de nombreux animaux domestiques si elle n'est pas détectée et traitée à temps.

Chez les chevaux, deux formes virales majeures de l'encéphalite équine, à savoir l'encéphalite équine de l'Est (EEE) et l'encéphalite équine de l'Ouest (WEE), sont fréquemment rencontrées. Ces deux affections neurologiques, causées par des flavivirus transmis par les moustiques, entraînent souvent des symptômes graves, notamment des convulsions, des troubles de la coordination et, dans de nombreux cas, la mort de l'animal.

Au Canada, c'est 10 000 cas humains de virus du Nil occidental diagnostiqués depuis son arrivée au pays en 2001.

Pas moins de 63 espèces de moustiques sont présentes au Québec. Une douzaine peuvent transmettre des maladies aux humains et la liste des maladies qu'elles transportent ne cesse de s'allonger. En 2024, l'Ontario et les états du nord-américain ont été frappés par des cas mortels d'encéphalite équine de l'est. Ce virus transmis par *Culiseta melanura* est un des plus mortels au monde causant des décès chez plus de 30% des personnes infectées. (Site Web de Santé Canada, modifié le 2025-02-20)



Cycle de vie de *Dirofilaria immitis* (d'après Anka Friedrich, licence Creative Commons).

On note une montée importante des maladies transmissibles par les moustiques dans un contexte de changements climatiques où la migration des vecteurs s'avèrera un enjeu important d'ici quelques années (Ludwig et al. 2019). Au Canada, une étude sur la distribution spatiale des principaux moustiques vecteurs du virus occidental du Nil démontre que les changements climatiques introduisent une émergence significative sur de nouvelles superficies du territoire (Rosenkrantz, 2022). L'augmentation de la température a un effet direct sur le risque de contracter des maladies importantes tel que le virus occidental du Nil et pourrait s'avérer une menace importante pour la santé publique (Figueroa et al., 2020 ; Reisen et al., 2006 ; Wiese et al., 2019).

Dans un tel contexte, une surveillance entomologique active et bien coordonnée est cruciale pour anticiper et gérer les risques associés aux insectes piqueurs et protéger la santé publique. Les programmes collectifs de gestion de la nuisance causée par les moustiques intègrent un volet de surveillance qui permet aux municipalités de mieux protéger leurs résidents, de gérer les risques environnementaux et de santé publique, et de maintenir des espaces de vie attrayants et sûrs.

Les données collectées grâce à la surveillance entomologique peuvent être utilisées pour éduquer les résidents sur les risques associés aux insectes vecteurs et sur les mesures de prévention qu'ils peuvent prendre. Cela aide à construire une communauté informée et proactive.

Pour prévenir une contamination par les moustiques, des mesures de protections individuelles sont également importantes:

- Réparer les moustiquaires à la maison.
- Éliminer les moustiques présents avant d'aller dormir.
- Porter des vêtements longs en soirée et utiliser un répulsif.
- Éliminer les gites artificiels où pondent les moustiques. Les milieux propices à leur prolifération sont ceux qui accumulent de l'eau stagnante : bâches, gouttières bouchées, embarcations non drainées, piscines non démarrées, etc.
- Instaurer un programme collectif de gestion intégrée des nuisances causées par les moustiques



Les changements climatiques favorisent la propagation des maladies transmises par les moustiques, avec une expansion géographique des vecteurs, notamment au Canada pour le virus du Nil occidental.

CADRE RÉGLEMENTAIRE

Fédéral

L'homologation des biopesticides à base de Bti est réglementée au niveau fédéral par l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA) de Santé Canada. L'évaluation des risques est basée sur les données scientifiques autant au niveau de l'ingrédient actif que du produit fini. Par exemple, les risques sur les insectes non ciblés sont évalués par rapport au Bti, mais aussi par rapport à tous les sous-produits qui sont contenus dans les formulations.

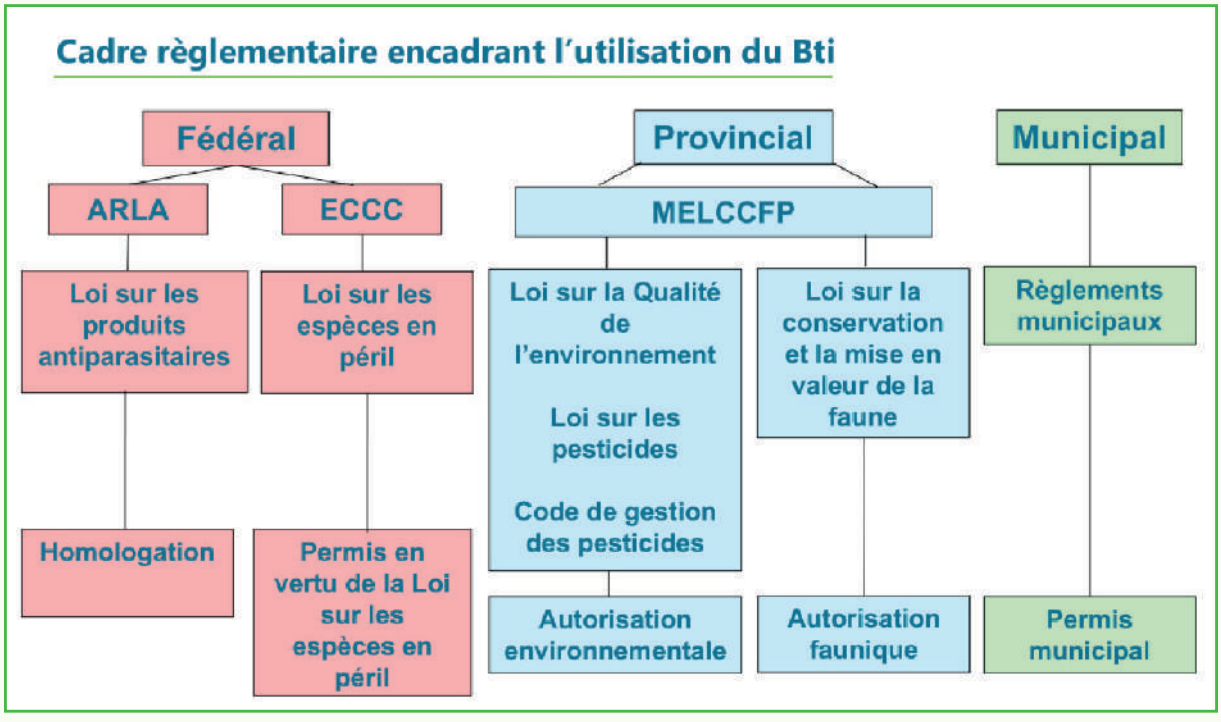
Sur les terres fédérales, les utilisateurs de Bti doivent également vérifier la présence d'espèces en péril et demander un permis en vertu de la Loi sur les espèces en péril (LEP) auprès d'Environnement et Changements Climatiques Canada (ECCC).

Lorsque des épandages aériens sont requis, les opérateurs doivent se conformer aux exigences de Transports Canada. Tous les aéronefs sont certifiés par Transports Canada pour ce type spécifique d'épandage. Les pilotes sont aussi certifiés selon les normes provinciales et canadiennes. Les politiques et procédures d'opérations de vol sont rédigées en vertu des normes régissant l'utilisation d'aéronefs pour effectuer des travaux aériens, conformément au Règlement de l'Aviation Canadien (RAC). Les pilotes évitent le survol des zones habitées et des zones sensibles et se conforment aux directives de Transports Canada (altitude, vitesse du vent, manœuvres, règles de vol à vue, etc.).

Provincial

Bien que le Bti soit un biopesticide et que son innocuité ait été démontrée depuis de nombreuses années, les programmes de contrôle des insectes piqueurs sont strictement encadrés par le Ministère, étant soumis au processus d'autorisation ministérielle (LQE Art.22) et d'avis faunique. Le Ministère prend donc en compte plusieurs aspects tels que les caractéristiques du milieu, la nature de l'activité projetée, les conséquences économiques et sociales, l'impact de l'activité sur la conservation de la faune et de son habitat. Finalement, lorsque les traitements se situent dans un habitat faunique réglementé comme une aire de concentration d'oiseaux aquatiques (ACOA), une autorisation faunique doit également être demandée en vertu de la Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune. Cette approche prudente du MELCCFP est unique. Rappelons qu'en Europe, les larvicides biologiques tel que le Bti sont utilisés dans les aires protégées.

De plus, une entreprise qui désire effectuer des traitements à l'aide du Bti doit d'abord obtenir un permis spécifique auprès du ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP). Ensuite, les employés effectuant les traitements doivent obtenir une certification d'utilisateur de pesticides, spécialisée en contrôle des insectes piqueurs.





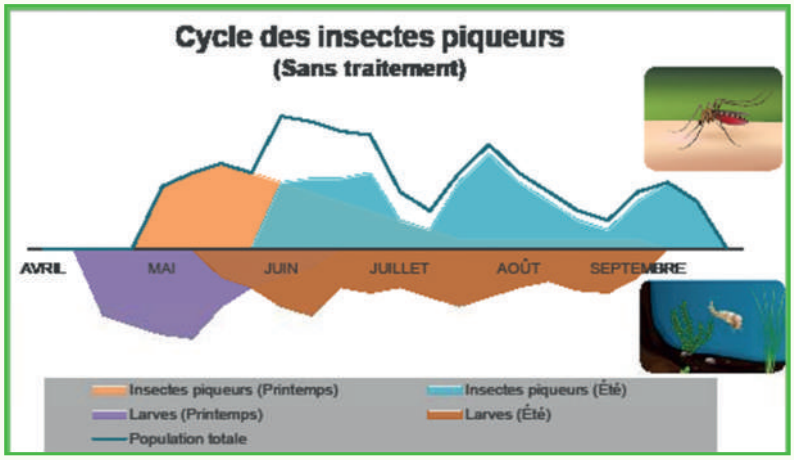
Les larves de moustiques se développent dans l'eau stagnante, tandis que celles des mouches noires se développent dans les cours d'eau.

UTILISATION ET APPLICATION DU BTI AU CANADA

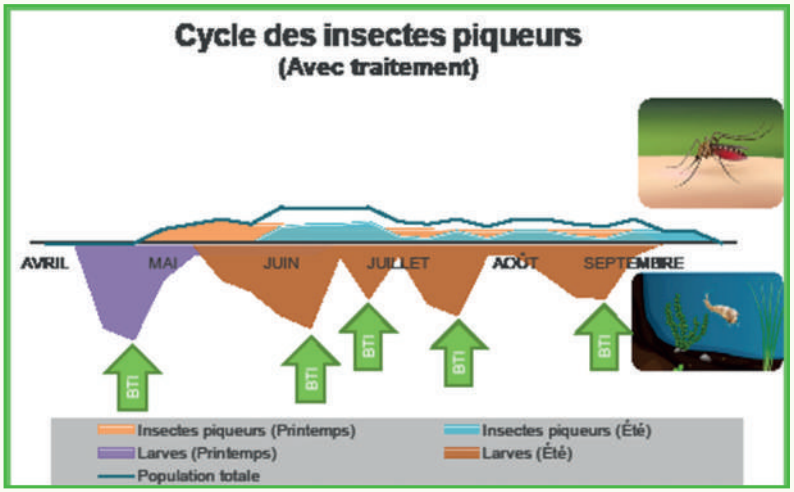
Le contrôle des insectes piqueurs à l'aide d'un larvicide biologique tel que le Bti est déjà une pratique innovante puisque l'opération mise sur l'utilisation d'un biopesticide. Les entreprises et/ou organismes suivent un plan de lutte intégrée dans leur programme de contrôle. Pour mieux comprendre le contexte dans lequel les opérations se déroulent, voici un résumé de la méthodologie communément employée.

Il existe deux types de programmes de contrôle en fonction de la nuisance observée dans la municipalité : le traitement des populations de moustiques (Culicidae) et le traitement des populations de petites mouches noires (Simulidae). Les larves de moustiques se développent en eau stagnante alors que les larves de mouches noires se développent dans les cours d'eau.

TRAITEMENT DES MOUSTIQUES



Cycle général des populations larvaires et adultes des moustiques dans l'Est du Canada **sans traitement au Bti.**



Cycle général des populations larvaires et adultes des moustiques dans l'Est du Canada **avec traitement au Bti.**

Lors d'opération de contrôle des populations de moustiques, le moment idéal de traitement, est lorsque la majorité des larves de moustiques a atteint les stades de développement 3 et 4, c'est-à-dire juste avant la nymphose. Le premier traitement printanier des moustiques est prévisible et synchronisé avec la fonte des neiges et la crue printanière.

Les traitements subséquents sont réalisés en fonction de l'éclosion des larves. L'éclosion des espèces piqueuses estivales est fortement tributaire des précipitations. Dès la mi-mai, une forte pluviosité peut permettre l'éclosion des espèces dites estivales. *Aedes vexans* est l'espèce la plus abondante. Certains gîtes remis en eau pourront être traités à plusieurs reprises. Les équipes de prospection sur le terrain sont formées à la reconnaissance des espèces de moustiques et elles sont appuyées par des entomologistes.

Les principales espèces visées par le contrôle sont celles du groupe des *Aedes-Ochlerotatus* qui regroupe la majorité des espèces piqueuses. Le graphique suivant montre l'évolution des populations de moustiques de printemps et d'été, sans traitement, et avec traitement au Bti.

Il est important de remarquer qu'il n'y a pas extermination des populations de moustiques et qu'il y a toujours une population résiduelle. Le but du contrôle des insectes piqueurs est de réduire les populations de moustiques à un niveau acceptable pour les citoyens environnants.



TRAITEMENT DE MOUCHES NOIRES

Pour les populations de mouches noires, la position et le nombre de points de traitement peuvent changer selon la localisation des larves. Puisque les traitements sont effectués en eaux courantes, la portée effective du produit varie beaucoup en fonction de l'hydrologie et des conditions physico-chimiques du cours d'eau. Le débit des petits cours d'eau est très variable durant toute la saison (fonte des neiges, pluviosité ou sécheresse, barrage de castor) et cela modifie le nombre et la répartition des points de traitement. Alors que certains cours d'eau ne produisent qu'une seule génération larvaire au printemps, d'autres cours d'eau pourront être traités jusqu'à dix reprises durant la saison.

AVANT ET APRÈS TRAITEMENT

Peu importe le type de traitement envisagé, un échantillonnage des gîtes précède toujours les travaux d'épandage. Les traitements ne sont effectués que s'il y a présence de larves d'espèces piqueuses pour l'homme. La prospection des divers habitats permet de réaliser les contrôles au moment opportun. Il n'y a pas de traitement effectué de façon préventive.

Le contrôle de la qualité des traitements s'effectue de plusieurs façons. L'efficacité des épandages est évaluée par la mortalité larvaire 24 à 48 heures après les applications de larvicide. Ensuite, la nuisance résultante est estimée à l'aide de test standard au filet entomologique (courte durée) et par l'utilisation de pièges installés sur des périodes de 12 heures et plus (longue durée).

ÉPANDAGE AÉRIEN

Les produits utilisés pour le traitement des larves de moustiques se retrouvent sous forme liquide ou granulaire. Lors d'applications aériennes, la formulation granulaire présente plusieurs avantages. Les granules sont constitués de grains de maïs concassés qui ne contiennent aucun résidu qui pourrait dériver ou solvant qui pourrait s'évaporer dans l'atmosphère. Un vent de moins de 10 nœuds n'a très peu d'emprise sur l'épandage granulaire. Les risques de dérives sont donc pratiquement nuls. Les granules pénètrent la végétation et atteignent les mares à moustiques.

La voie aérienne (drones et hélicoptères) est utilisée lors d'opérations de contrôle dans les gîtes de plus grande surface ou difficilement accessibles par les techniciens au sol ou encore pour des sites nécessitant une faible perturbation physique. Les traitements aériens sont incontournables au printemps et lors d'importantes remises en eau (forte pluie non absorbée par le sol).

Les épandages aériens sont très précis grâce à l'utilisation d'un système de guidage D-GPS. Les équipements d'épandage utilisés sont reliés à des ordinateurs de bord qui ajustent le débit en fonction des vitesses sols réelles assurant ainsi d'un dosage exact et uniforme en toutes conditions de vol.

De plus, ces travaux sont encadrés par Transports Canada, tel que mentionné dans la section cadre réglementaire.

ZONE DE TRAITEMENT MINIMALE ET CIBLÉE

La zone de traitement totale nécessaire pour protéger l'ensemble d'une municipalité peut être aussi peu que quelques hectares. Les gîtes de traitement ou aires d'intervention représentent une petite fraction, souvent moins de 1 % du territoire municipal.

La superficie de traitement tient compte des espèces présentes et de leur capacité de déplacement ou rayon de vol. Les femelles de la plupart des espèces de moustiques et de mouches noires ont besoin d'un repas de sang pour le développement de leurs œufs. Pour trouver ce repas de sang, ils peuvent parcourir des distances variables selon l'espèce, le milieu dans lequel ils se trouvent, la présence de couloir de migration, les vents et autres paramètres météorologiques.

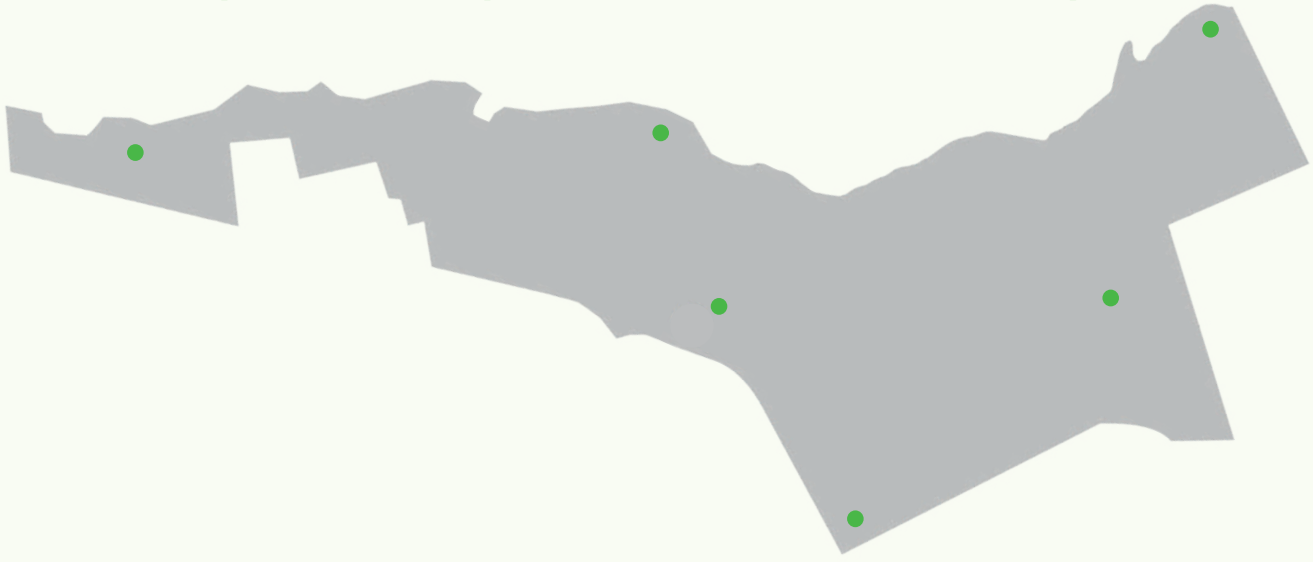
Selon la littérature scientifique, les moustiques peuvent facilement voler jusqu'à plusieurs kilomètres de leur site d'émergence, mais 2 km est la moyenne pour plusieurs espèces. Les mouches noires ont un rayon d'action encore plus grand, la moyenne se situe entre 4 et 6 km.

L'élaboration de la limite d'intervention est complexe et unique pour chaque projet. Une limite d'intervention autour de la zone protégée de 2 km pour le contrôle des moustiques est habituellement suffisante pour maintenir une diminution d'au moins 80% de la nuisance. Il faut également tenir compte de couloirs de migration qui favorisent le déplacement des insectes piqueurs, tels que des lacs encaissés entre deux chaînes de montagnes ou des lignes hydroélectriques. Ces couloirs entraînent des migrations pouvant entraîner de nouvelles pontes dans les plans d'eau et cours d'eau traités, d'où émergeront à nouveau des moustiques et des mouches noires s'ils ne sont pas traités tout au long de l'été.

Le Bti est appliqué directement dans les milieux humides et cours d'eau où il s'attaque sélectivement aux larves des moustiques et de mouches noires. Cette méthodologie réduit considérablement l'impact sur le territoire, puisque les larves sont concentrées à des endroits précis où elles sont alors vulnérables. Le traitement larvaire ciblé permet donc d'intervenir sur de très petites portions du territoire plutôt que d'attendre leur passage aux stades adultes où ils se diffusent sur la totalité du territoire. Une fois ces insectes dispersés dans les airs, les efforts à déployer pour les contrôler deviennent hors d'atteintes. Le fait de ne pas intervenir à la source du problème entraine que l'on doit intervenir sur près de 100% du territoire par la suite, souvent au détriment d'alternatives chimiques.

Des programmes de fumigations sont, encore aujourd'hui, utilisés à l'échelle de municipalités dans d'autres provinces du Canada, aux États-Unis et dans plusieurs autres pays. La position québécoise en matière de lutte biologique aux insectes piqueurs est sans nul doute, la plus enviable au monde.

Les gîtes de traitement ou aires d'intervention représentent une petite fraction, du territoire municipal.





La surveillance des insectes aide à détecter les risques de maladies, à planifier des actions préventives et à protéger la population.

PROGRAMME DE SURVEILLANCE ENTOMOLOGIQUE

Pour les autorités de santé, la surveillance entomologique permet d'identifier rapidement les menaces d'insectes vecteurs de maladies, de planifier des interventions préventives efficaces, de protéger la population contre des épidémies, et de fournir des données cruciales pour la recherche et l'élaboration de politiques de santé publique. Elle permet également de sensibiliser le public et à promouvoir des comportements préventifs. Dans un contexte de changements climatiques où la migration des vecteurs et la montée des maladies transmissibles par les moustiques touchent désormais nos latitudes, les programmes de surveillance entomologique constituent la première ligne de défense à déployer (Ludwig et al. 2019).

Les programmes comprennent des protocoles de captures, d'identification à l'espèce des spécimens collectés et les analyses moléculaires d'agents pathogènes. Les captures sont généralement réalisées à l'aide de bornes de piégeage, souvent munis d'un petit aspirateur et utilisant des appâts (dioxyde de carbone (CO^2), acide lactique, octenol ou autres leurres).

Dans le cadre de programme de contrôle des nuisance, l'analyse des collectes permet également de déterminer la provenance des insectes piqueurs et d'orienter les interventions larvicides vers les gîtes de développement spécifique. Il est également possible d'utiliser les pièges pour diminuer une nuisance résiduelle ou ponctuelle par les moustiques suivants par exemple, l'exclusion de certaines propriétés ou aires protégées. Des pièges disposés en ligne serrée peuvent avoir un effet barrière et restreindre la migration horizontale de moustiques. Les pièges à moustiques ont un rayon d'attraction très limité. Selon la littérature, les pièges doivent être installés à une distance de 5m à 15m pour être efficaces (Brown et al., 2008). Cependant, aucun piège ne cible les populations de petites mouches noires. La section « Méthodes alternatives de contrôle » décrite plus loin dans de document élabore davantage sur l'efficacité des pièges à des fins de réduction de la nuisance.

ACCEPTABILITÉ SOCIALE

La totalité des programmes municipaux de contrôle des insectes piqueurs sont effectués à la demande des citoyens d'une municipalité aux prises avec un problème de nuisance et font l'objet de plusieurs consultations. Les projets peuvent cheminer sur de nombreuses années, et passer par plusieurs étapes, avant d'être implantés. Voici un exemple du processus consultatif d'implantation de ces programmes : Présentations publiques, sondages municipaux, processus d'appel d'offres publics, adoption du projet, affichage sur les comptes de taxes, partage d'un communiqué informatif pour les citoyens, mise en place d'une ligne info-moustique et d'un système de requête citoyenne tout en communiquant des mises à jours scientifiques aux municipalités.

La nature publique des programmes de contrôle à l'aide de larvicides biologiques en milieu municipal oblige plusieurs étapes de consultation, une communication limpide de tous les aspects du programme et son adoption par majorité.

Les résultats de nombreux sondages indépendants, menés auprès de milliers de citoyens du Canada par des firmes de sondage reconnues ou lors de consultations réalisées par les municipalités hôtes d'un tel programme, confirment l'adhésion des citoyens aux programmes de contrôle des insectes piqueurs à l'aide de larvicides biologiques. En moyenne :

- **76 % des citoyens** sont en accord avec les mesures mises en place.
- **80 % des répondants** estiment que les interventions sont « assez efficaces » ou « très efficaces ».
- **74 %** jugent le rapport qualité-prix des services comme « bon » ou « très bon ».
- **73 % des citoyens** affirment ne plus utiliser d'autres produits pour se protéger contre les insectes piqueurs.
- **89 % des citoyens** interrogés mentionnent que l'activité estivale la plus importante pour eux est l'accès à leur terrain ou balcon extérieur, leur permettant de bouger, socialiser ou de se détendre.



Des sondages auprès de milliers de Canadiens montrent que les citoyens soutiennent l'utilisation de larvicides biologiques pour contrôler les insectes piqueurs.



Le programme de contrôle à l'aide de larvicides biologiques aide au développement des villes et attire de nouvelles familles.

BÉNÉFICES RELIÉS AU CONTRÔLE DES INSECTES PIQUEURS

La nuisance causée par les insectes piqueurs empêche bon nombre de citoyens de profiter de l'extérieur. Dans certains cas, ils peuvent être responsables de réactions allergiques ou de transmissions de maladies beaucoup plus sérieuses (arboviroses).

Le contrôle des populations larvaires de moustiques et mouches noires en milieux aquatiques est le moyen le plus écologique et efficace d'abaisser la nuisance causée par ces insectes en intervenant à la source même du problème. Le programme de contrôle à l'aide de larvicides biologiques s'insère parfaitement dans une politique familiale qui mise sur la qualité de vie et les activités extérieures. Il s'agit d'une saine gestion des ressources et contribue à la protection des milieux humides du territoire en permettant d'y vivre à proximité sans en subir les inconforts. Il s'agit d'un formidable outil de développement pour de nombreuses villes et aussi un très bon argument pour attirer de nouvelles familles dans les endroits infligés.

Un tel contrôle responsable permet également de retenir les visiteurs et d'attirer des estivants (terrains de camping et autres) maximisant ainsi les retombées économiques des activités récréotouristiques. Il permet aussi de mettre en valeur et de tirer le plein potentiel des investissements en infrastructures municipales de loisirs. De plus, ce programme permet aux citoyens de limiter leurs dépenses en lien avec l'achat de vaporisateurs, insecticides, citronnelle ou d'abris moustiquaires. L'usage de ces produits n'offre pas vraiment l'effet recherché est bien souvent peu souhaitable.

Augmentation des activités familiales, pleine accessibilité aux activités estivales

- Augmentation des activités récréotouristiques
- Augmentation des valeurs marchandes des propriétés
- Meilleure utilisation des infrastructures municipales de loisirs
- Mise à profit de la richesse de l'environnement et des milieux naturels
- Qualité de vie des citoyens et des visiteurs nettement améliorée
- Embauche et activités économiques locales
- Diminution des risques de transmission de maladies par les espèces vectrices
- Diminution des réactions allergiques et des stress causés par la nuisance sévère
- Diminution de l'utilisation de produits chimiques (diffuseurs et insectifuges)
- Diminution de la sédentarité et du cloisonnement social

Le contrôle des populations larvaires de moustiques et de mouches noires en milieux aquatiques est le moyen le plus écologique et efficace d'abaisser la nuisance causée par ces insectes en intervenant à la source même du problème.

Les coûts reliés à l'implantation d'un programme de contrôle à l'aide de larvicides biologiques sont comparables, et même souvent inférieurs, aux dépenses de chacun en achats de produits répulsifs.

MÉTHODES ALTERNATIVES DE CONTRÔLE

Nous entendons souvent parler de méthodes alternatives pour effectuer le contrôle des moustiques. Parmi ces méthodes, la plus connue est l'utilisation de pièges ou borne à moustiques.

Plusieurs modèles de pièges à moustiques utilisant différents attractifs sont offerts sur le marché mondial. Cependant, si on se rapporte au paragraphe 2 du Règlement sur les produits antiparasitaires (RPA), on constate que les dispositifs ou attractifs (tel que l'octenol et le CO^2) utilisés comme moyen de lutte directe par destruction, attraction ou répulsion sont sujets à l'homologation auprès de l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA) du Canada. Or, actuellement, bien peu de dispositifs et attractifs ne sont homologués au Canada. Dans le cadre d'un programme de contrôle de la nuisance, ils peuvent seulement être utilisés sous une autorisation de recherche émise par l'ARLA (permis de recherche). La principale priorité de l'ARLA est de protéger la santé et la sécurité de la population canadienne et l'environnement. Avant que l'utilisation d'un produit ne soit permise au Canada, il doit faire l'objet d'un processus d'évaluation scientifique rigoureux offrant la certitude raisonnable qu'il ne présentera aucun danger s'il est utilisé conformément au mode d'emploi figurant sur son étiquette.

Il faut savoir que les pièges à moustiques ont un rayon d'attraction limité. Selon la littérature, les pièges doivent être installés en barrière serrée, soit à des distances de 5m à 15m pour être efficaces (Brown et al., 2008).

Une approche de contrôle reposant exclusivement sur leur utilisation pour protéger des municipalités ou autres grandes superficies est irréaliste. À l'échelle d'une municipalité, le nombre de pièges nécessaires pour protéger les citoyens et permettre de profiter des activités extérieures serait trop important. Les coûts d'acquisition et d'opération seraient hors d'atteinte. De plus, ces pièges capturent bon nombre d'autres insectes non-cibles plus de 40% de chironomes, papillons de nuit, etc. qui sont une composante de la diète de certains prédateurs. À l'inverse, les programmes à l'aide du Bti sont sélectifs aux insectes piqueurs. Notons aussi qu'aucun piège ne cible les populations de petites mouches noires qui sont facilement contrôlables dans les programmes à l'aide du Bti.

Ces dispositifs peuvent cependant jouer un rôle complémentaire important dans le cadre de programmes de gestion intégrée des nuisances. L'approche multiple de ces programmes permet de cibler les gîtes de développement larvaire à l'aide de larvicides biologiques et d'utiliser un réseau de pièges pour diminuer une nuisance localisée. Cette complémentarité est essentielle aux abords de zones d'exclusion de certaines propriétés ou aires protégées. Des pièges disposés en ligne serrée peuvent alors avoir un effet barrière et restreindre la migration horizontale de moustiques.

Parmi les autres alternatives de lutte mises de l'avant, on retrouve notamment la contribution 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 bactéries), d'acides aminés, etc. Cependant, la plupart de ces alternatives sont soit toujours à l'étape de la recherche, soit inefficace ou non applicables aux espèces du Canada.

De ces alternatives citées ci-dessus, il est possible d'installer des nichoirs pour oiseaux insectivores ou chauve-souris, mais ceux-ci, contrairement aux mythes véhiculés, s'alimentent très peu de moustiques et encore moins de mouches noires. Aucune efficacité n'a été démontrée pour cette méthode. L'utilisation de prédateur aquatique à grande échelle n'est pas réaliste vu la diversité des milieux de reproduction, mais leur utilisation dans les gîtes artificiels peut être efficace (par exemple l'introduction de poissons dans les jardins d'eau).

Il est à noter aussi qu'en l'absence de programme de contrôle, plusieurs méthodes non souhaitables peuvent être employées par les citoyens. En effet, on observe que certains exterminateurs proposent un traitement chimique contre les moustiques. Ces traitements sont à proscrire, puisqu'ils affectent malheureusement avec des conséquences certaines dans la zone soumise au traitement.

Sans programme collectif de gestion intégrée des nuisances, il est démontré que les gens se tournent vers des solutions souvent chimiques plus nocives pour leur santé et pour l'environnement; insectifuges et diffuseurs individuels. Les répulsifs chimiques tels que le DEET et la picaridine composent la très grande majorité des insectifuges utilisés pour se protéger contre les piqûres de moustiques. Au Québec seulement, c'est plus de 20 000 kg d'ingrédient actifs utilisés annuellement qui se retrouve dans l'environnement et dans nos eaux de consommation (MELCCFP, 2024). Ces substances présentent des risques pour la santé humaine, en particulier lors d'utilisation prolongée.

Effets neurologiques: Le DEET, bien qu'efficace pour repousser les moustiques, a été associé à des effets secondaires. Des études ont montré que le DEET pouvait causer des effets neurologiques chez les humains, en particulier en cas d'exposition prolongée ou à des doses élevées. Par exemple, une étude de 2010 a révélé que le DEET pouvait altérer la fonction neuronale, notamment chez les enfants et les personnes ayant une peau plus perméable.

Il a également été observé que l'exposition répétée au DEET peut entraîner des symptômes tels que des convulsions et des troubles de la mémoire. (Swale et al., 2014).

Bien que la picaridine soit parfois considérée comme plus sûre que le DEET, elle n'est pas exempte de risques. Une étude a démontré que la bioaccumulation de la picaridine dans l'environnement affecterait les amphibiens (Almeida et al., 2018).

Notons que les ingrédients actifs contenus dans les insectifuges et diffuseurs individuels viennent alourdir les bilans d'utilisation des pesticides chimiques.

Parmi les autres choix, le drainage des milieux humides, parfois envisagé pour limiter la prolifération de moustiques, a des conséquences désastreuses et permanentes sur notre environnement. Aucun aménagement physique souhaitable ne pourrait abaisser le niveau de la nuisance suffisamment pour améliorer la qualité de vie des citoyens concernés.

Lorsque les différentes méthodes de contrôle des populations d'insectes piqueurs sont exposées dans une matrice de décision, il devient assez évident que l'utilisation du Bti est le meilleur moyen envisagé.

BILAN DES ALTERNATIVES

Le BTI demeure la meilleure solution



	NE RIEN FAIRE	UTILISER DES PESTICIDES CHIMIQUES	FAIRE DU DRAINAGE PERMANENT	UTILISER DES PRÉDATEURS NATURELS	UTILISER DES PIÈGES	UTILISER DES INSECTIFUGES	UTILISER DU BTI
Efficacité		🟢🟢🟢	🟢		🟢	🟢	🟢🟢🟢
Impact sur le milieu		🔴🔴🔴	🔴🔴	🟢	🔴	🔴	🔴
Impact sur la santé	🔴	🔴			🟢	🟢	🟢
Total	**-1**	**-1**	**0**	**1**	**1**	**1**	**3**

ÉQUIPE DE RÉDACTION

- **Richard Trudel** Ph.D., entomologie
- **Richard Vadeboncoeur** B.Sc., biologie
- **Karolann Trépanier** M.Env., biologie
- **Jean-Simon Bédard** B.Sc., géomatique
- **Jean-François Houde** B.Sc., biologie
- **Joël Boudreault** M.A., philosophie

RÉFÉRENCES

3099(02)00368-7

Allgeier, S., Frombold, B., Mingo, V., & Bruhl, C. A. (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. https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.01.010

Amendt J (2021) Insect decline—A forensic issue? Insects 12: 324.

Andrews, R. E., Jr., Faust, R. M., Wabiko, H., Raymond, K. C., & Bulla, L. A., Jr. (1987). The biotechnology of *Bacillus thuringiensis*. Crit Rev Biotechnol, 6(2), 163-232. https://doi.org/10.3109/07388558709113596

Back, C., Boisvert, J., Lacoursière, J. O., & Charpentier, G. (1985). HIGH-DOSAGE TREATMENT OF A QUEBEC STREAM WITH *BACILLUS THURINGIENSIS* SEROVAR. *ISRAELENSIS*: EFFICACY AGAINST BLACK FLY LARVAE (DIPTERA: SIMULIIDAE) AND IMPACT

Batzer, D., & Wissinger, S. (1996). Ecology of Insect Communities in Nontidal Wetlands. Annual Review of Entomology, 41, 75-100. https://doi.org/10.1146/annurev.en.41.010196.000451

Beck, M. L., Hopkins, W. A., & Jackson, B. P. (2013). Spatial and temporal variation in the diet of tree swallows: implications for trace-element exposure after habitat remediation. Arch Environ Contam Toxicol, 65(3), 575-587. https://doi.org/10.1007/s00244-013-9913-5

Becker, N., Ludwig, M., & Su, T. (2018). Lack of resistance in aedes vexans field populations after 36 years of *bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis* applications in the upper rhine valley, GERMANY. Journal of the American Mosquito Control Association, 34(2), 154-157. https:// doi.org/10.2987/17-6694.1

Boisvert, J., & Lacoursiere, J. (2004). Le *Bacillus thuringiensis israelensis* et le contrôle des insectes piqueurs au Québec. https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/adm/min/environnement/ pesticides/bacillus-thuringiensis-israelensis-controle-insectes-piqueurs.pdf

Boone MD, Hua J, Gabor CR, Gomez-Mestre I, Katzenberger M, McMahon TA & Rumschlag SL (2024) Ecotoxicology: amphibian vulnerability to chemical contamination. Amphibian Conservation Action Plan (ACAP): a status review and roadmap for global amphibian conservation IUCN Species Survival Commission (SSC), Amphibian Specialist Group, Gland, Switzerland 89-113.

Bordalo MD, Gravato C, Beleza S, Campos D, Lopes I & Pestana JLT (2020) Lethal and sublethal toxicity assessment of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* and Beauveria bassiana based bioinsecticides to the aquatic insect Chironomus riparius. Science of The Total Environment 698: 134155.

Bouffard J (2021) Effects of a Neonicotinoid Insecticide and Population Density on Behaviour and Development of Wood Frogs (Lithobates sylvaticus). Thesis, Université d'Ottawa/ University of Ottawa.

Boukhemza-Zemmouri, N., Farhi, Y., Mohamed Sahnoun, A., & Boukhemza, M. (2013). Diet composition and prey choice by the House MartinDelichon urbica(Aves: Hirundinidae) during the breeding period in Kabylia, Algeria. Italian Journal of Zoology, 80(1), 117-124. https:// doi.org/10.1080/11250003.2012.733138

Braby MF, Yeates DK & Joseph L (2023) Woodland birds and insect decline. Emu - Austral Ornithology 123: 255-257.

Bulla, L. A., Jr., Kramer, K. J., & Davidson, L. I. (1977). Characterization of the entomocidal parasporal crystal of *Bacillus thuringiensis*. J Bacteriol, 130(1), 375-383. https://doi.org/10.1128/ jb.130.1.375-383.1977

Campbell, G. L., Marfin, A. A., Lanciotti, R. S., & Gubler, D. J. (2002). West Nile virus. The Lancet Infectious Diseases, 2(9), 519-529. https://doi.org/ https://doi.org/10.1016/ S1473-

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(5), 1122-1130. https://doi.org/10.1016/ j.ecoenv.2011.04.028

Carvalho, K., Crespo, M., Araújo, A., Silva, R., Melo-Santos, M., Oliveira, C., & Silva-Filha, M. (2018). Long-term exposure of Aedes aegypti to *Bacillus thuringiensis* svar. *Israelensis* did not involve altered susceptibility to this microbial larvicide or to other control agents. Parasites & Vectors, 11. https:// doi.org/10.1186/s13071-018-3246-1

Charbonneau, C. S., Drobney, R. D., & Rabeni, C. F. (1994). Effects of *Bacillus thuringiensis* var. *Israelensis* on nontarget benthic organisms in a lentic habitat and factors affecting the efficacy of the larvicide. Environ Toxicol Chem, 13(2), 267-279. https://doi.org/https://doi.org/10.1002/etc.5620130211

Commission de l'agriculture, des pêcheries, de l'énergie et des ressources naturelles (2020) Examiner les impacts des pesticides sur la santé publique et l'environnement, ainsi que les pratiques de remplacement innovantes disponibles et à venir dans les secteurs de l'agriculture et de l'alimentation, et ce en reconnaissance de la compétitivité du secteur agronome québécois. Secrétariat de la Commission : Marc-Olivier Bédard, Dominic Garant, Afiwa Gbonkou; Service de la recherche : Mathieu Leblanc. Dépôt légal – Février 2020 Bibliothèque et Archives nationales du Québec ISBN (Imprimé) : 978-2-550-86068-6 ISBN (PDF) : 978-2-550-86069-3

Conservation de la Nature Canada. (2025). Engoulevent bois-pourri. Site web: https://www.natureconservancy.ca/fr/nos-actions/ressources/especes-en-vedette/oiseaux/engoulevent-bois-pourri.html (Page consultée le 15 mars 2025)

D. H. (1998). *Bacillus thuringiensis* and its pesticidal crystal proteins. Microbiol Mol Biol Rev, 62(3), 775-806. https://doi.org/10.1128/mmbr.62.3.775-806.1998

Dar SA, Ansari MJ, Al Naggar Y, Hassan S, Nighat S, Zehra SB, Rashid R, Hassan M & Hussain B (2021) Causes and reasons of insect decline and the way forward.

Desquilbet, M., Gaume, L., Grippa, M., Céréghino, R., Humbert, J.-F., Bonmatin, J.-M., Cornillon, P.-A., Maes, D., Van Dyck, H., & Goulson, D. (2020). Comment on Meta-analysis reveals declines in terrestrial but increases in freshwater insect abundances. Science, 370(6523), eabd8947. https://doi.org/doi:10.1126/science.abd8947

Dewald K (2024) Influence of clothianidin and imidacloprid on early embryonic development of Xenopus laevis.

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. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2015.02.029

Duchet, C., Moraru, G. M., Spencer, M., Saurav, K., Bertrand, C., Fayolle, S., Gershberg Hayoon, A., Shapir, R., Steindler, L., & Blaustein, L. (2018). Pesticide- mediated trophic cascade and an ecological trap for mosquitoes. Ecosphere, 9(4), e02179.

Empey, M., Reyes, M., & Trudeau, V. (2022). The Effects of *Bacillus thuringiensis* insecticides on Canadian Anurans. University of Ottawa

Epp, L. J. (2020). Assessing the Effect of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* on Nontarget Chironomidae Emergence University of Ottawa]. Department of Biology. http:// hdl.handle.net/10393/41118

Fang, J. (2010). Ecology: A world without mosquitoes. Nature, 466(7305), 432-434. https:// doi.org/10.1038/466432a

Ferreira, L. M., & Silva-Filha, M. H. N. L. (2013). Bacterial larvicides for vector control: mode of action of toxins and implications for resistance. Biocontrol Science and Technology, 23(10), 1137-1168. https://doi.org/10.1080/09583157.2013.822472

Figueroa, D. P., Scott, S., González, C. R., Bizama, G., Flores-Mara, R., Bustamante, R., & Canals, M. (2020). Estimating the climate change consequences on the potential distribution of culex pipiens l. 1758, to assess the risk of west nile virus establishment in chile Estimando las consecuencias del cambio climático en la distribución potencial de culex pipiens l. 1758 para evaluar el riesgo de establecimiento del virus del oeste del nilo en chile.

Glare, T. R., & O'Callaghan, M. (1998). Environmental and health impacts of *Bacillus thuringiensis israelensis*. Report for the Ministry of Health, 57.

Goldberg, L. J., & Margalit, J. (1977). A bacterial spore demonstrating rapid larvicidal activity against Anopheles sergentii, Uranotaenia unguiculata, Culex univitattus, Aedes aegypti and Culex pipiens [Insect pests].

Gutierrez-Villagomez, J., Patey, G., To, T., Lefebvre-Raine, M., Lara-Jacobo, L., Comte, J., Klein, B., & Langlois, V. (2021). Frogs Respond to Commercial Formulations of the Biopesticide *Bacillus thuringiensis* var . *israelensis* , Especially Their Intestine Microbiota. Environmental Science & Technology, 55. https://doi.org/10.1021/acs.est.1c02322

Hallmann CA, Foppen RP, Van Turnhout CA, De Kroon H & Jongejans E (2014) Declines in insectivorous birds are associated with high neonicotinoid concentrations. Nature 511: 341-343.

Hannay, C. L. (1953). Crystalline Inclusions in Aerobic Sporeforming Bacteria. Nature, 172(4387), 1004- 1004. https://doi.org/10.1038/1721004a0

Höfte, H., & Whiteley, H. R. (1989). Insecticidal crystal proteins of *Bacillus thuringiensis*. Microbiol Rev, 53(2), 242-255. https://doi.org/10.1128/mr.53.2.242-255.1989

Imlay, T., Mann, H., & Leonard, M. (2017). No effect of insect abundance on nestling survival or mass for three aerial insectivores. Avian Conservation and Ecology, 12, 19. https://doi.org/10.5751/ ACE- 01092-120219

Jaquet, F., Hütter, R., & Lüthy, P. (1987). Specificity of *Bacillus thuringiensis* Delta-Endotoxin. Appl Environ Microbiol, 53(3), 500-504. https://doi.org/10.1128/aem.53.3.500-504.1987

Johnson, C. M., & Johnson, L. B. (2001). Evaluation of the potential effects of methoprene and Bti on anuran malformations in Wright County, MN.

Kale, H. W., II. (1968). The Relationship of Purple Martins to Mosquito Control. The Auk, 85(4), 654-661. https://doi.org/10.2307/4083372

Labrie G, Gagnon A-È, Vanasse A, Latraverse A & Tremblay G (2020) Impacts of neonicotinoid seed treatments on soil-dwelling pest populations and agronomic parameters in corn and soybean in Quebec (Canada). PloS one 15: e0229136.

Lacey, L. A. (2007). *Bacillus Thuringiensis* Serovariety *Israelensis* and *Bacillus Sphaericus* for Mosquito Control. Journal of the American Mosquito Control Association, 23(sp2), 133-163. https:// doi.org/10.2987/8756-971x(2007)23[133:Btsiab]2.0.Co;2

Lacoursière, B. (2004). Le *bacillus thurengiensis israelensis* et le contrôle des insectes piqueurs au Québec.

Lagadic, L., Roucaute, M., Caquet, T., & Arnott, S. (2014). Btisprays do not adversely affect non-target aquatic invertebrates in French Atlantic coastal wetlands. Journal of Applied Ecology, 51(1), 102-113. https://doi.org/10.1111/1365-2664.12165

Lagadic, L., Schafer, R. B., Roucaute, M., Szocs, E., Chouin, S., de Maupeou, J., Duchet, C., Franquet, E., Le Hunsec, B., Bertrand, C., Fayolle, S., Frances, B., Rozier, Y., Foussadier, R., Santoni, J. B., & Lagneau, C. (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. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.02.096

Lajmanovich, R. C., Junges, C. M., Cabagna-Zenklusen, M. C., Attademo, A. M., Peltzer, P. M., Maglianese, M., Marquez, V. E., & Beccaria, A. J. (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. https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.10.022

Leblanc J (2024). Agriculture: l'industrie, reine de nos champs? Québec Science, Juin 2024

Lemieux V (2020) Exposition de l'hirondelle bicolore (Tachycineta bicolor) aux pesticides agricoles dans le Sud du Québec. Thesis, Université de Sherbrooke.

Lewis, K. A., Tzilivakis, J., Warner, D. J., & Green, A. (2016). An international database for pesticide risk assessments and management. Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal, 22(4), 1050-1064. https://doi.org/10.1080/10807039.2015.1133242

Li Y, Miao R & Khanna M (2020) Neonicotinoids and decline in bird biodiversity in the United States. Nature Sustainability 3: 1027-1035.

Liber, K., Schmude, K. L., & Rau, D. M. (1998). Toxicity of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* to chironomids in pond mesocosms. Ecotoxicology, 7(6), 343-354.

Lundström, J. O., Schäfer, M., Petersson, E., Vinnersten, T. P., Landin, J., & Brodin, Y. (2010). Production of wetland Chironomidae (Diptera) and the effects of using *Bacillus thuringiensis israelensis* for mosquito control. Bull Entomol Res, 100(1), 117-125.

Lynch, M. J., & Baumann, P. (1985). Immunological comparisons of the crystal protein from strains of *Bacillus thuringiensis*. J Invertebr Pathol, 46(1), 47-57. https://doi.org/https:// doi.org/10.1016/0022- 2011(85)90128-4

Mengelkoch, J. M., Niemi, G. J., & Regal, R. R. (2004). Diet of the Nestling Tree Swallow. The Condor, 106(2), 423-429. https://doi.org/10.1093/condor/106.2.423

Niemi, G. J., Hershey, A. E., Shannon, L., Hanowski, J. M., Lima, A., Axler, R. P., & Regal, R. R. (1999). Ecological effects of mosquito control on zooplankton, insects, and birds. Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal, 18(3), 549-559.

ON NON-TARGET INSECTS. The Canadian Entomologist, 117(12), 1523-1534. https:// doi.org/10.4039/Ent1171523-12

Orłowski, G., & Karg, J. (2011). Diet of nestling Barn Swallows Hirundo rustica in rural areas of Poland. Central European Journal of Biology, 6. https://doi.org/10.2478/s11535-011-0070-4

Patla DA & Peterson CR (2022) The slow decline of a Columbia Spotted Frog population in Yellowstone National Park: A cautionary tale from a developed zone within a large protected area. Ecological Indicators 136: 108606.

Persson Vinnersten, T. Z., Lundstrom, J. O., Schafer, M. L., Petersson, E., & Landin, J. (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(6), 715-725. https://doi.org/10.1017/S0007485310000076

Poulin, B., Lefebvre, G., & Paz, L. (2010). Red flag for green spray: adverse trophic effects of Bti on breeding birds. Journal of Applied Ecology, 47(4), 884-889. https://doi.org/10.1111/ j.1365-2664.2010.01821.x

Quandahor P, Kim L, Kim M, Lee K, Kusi F & Jeong I-h (2024) Effects of Agricultural Pesticides on Decline in Insect Species and Individual Numbers. Environments 11: 182.

Raymond Leclair, G. C., France Pronovost, Sylvie Trottier. (1988). Effects of the BTI to some larval amphibian species.

Reardon, R. et al. (2010). Toxicity of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* to fish and non-target organisms. Ecotoxicology, 19(3), 377-385.Alonso, A., et al. (2001). Toxicity of permethrin to non-target organisms: Aquatic toxicity and environmental impact. Environmental Toxicology and Chemistry, 20(10), 2261-2267.

Rosenkrantz, L. (2022). Impacts of Canada's changing climate on West Nile Virus vectors. https:// ncceh.ca/

Santé Canada. (2025). Virus de l'encéphalite équine de l'Est et virus de l'encéphalite équine de l'Ouest : Fiche technique santé-sécurité : agents pathogènes. Site Web de Santé Canada, modifié le 2025-02-20.
3. ...La faible toxicité du *Bacillus thuringiensis* et la démonstration de son innocuité donnent à penser que l'exposition des humains par l'eau potable ne pose pas de risque significatif. » https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/securite-produits-consommation/rapports-publications/pesticides-lutte-antiparasitaire/fiches-renseignements-autres-ressources/*bacillus-thuringiensis*-variete-*israelensis*.html

Schnepf, E., Crickmore, N., Van Rie, J., Lereclus, D., Baum, J., Feitelson, J., Zeigler, D. R., & Dean,

Schweizer, M., Miksch, L., Kohler, H. R., & Triebskorn, R. (2019). Does Bti (*Bacillus thuringiensis* var. *israelensis*) affect Rana temporaria tadpoles? Ecotoxicol Environ Saf, 181, 121-129. https:// doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.05.080

Simkins AT, Beresford AE, Buchanan GM, Crowe O, Elliott W, Izquierdo P, Patterson DJ & Butchart SHM (2023) A global assessment of the prevalence of current and potential future infrastructure in Key Biodiversity Areas. Biological Conservation 281: 109953.

Sol D, González-Lagos C, Moreira D, Maspons J & Lapiedra O (2014) Urbanisation tolerance and the loss of avian diversity. Ecology letters 17: 942-950.

Stevens, M. M., Akhurst, R. J., Clifton, M. A., & Hughes, P. A. (2004). Factors affecting the toxicity of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* and *Bacillus sphaericus* to fourth instar larvae of Chironomus tepperi (Diptera: Chironomidae). J Invertebr Pathol, 86(3), 104-110. https:// doi.org/https:// doi.org/10.1016/j.jip.2004.04.002

Strasburg, M., & Boone, M. D. (2021). Effects of Trematode Parasites on Snails and Northern Leopard Frogs (Lithobates pipiens) in Pesticide-Exposed Mesocosm Communities. Journal of Herpetology, 55(3), 229-236. https://doi.org/10.1670/20-082

Swale, D. R., Sun, B., Tong, F., & Bloomquist, J. R. (2014). Neurotoxicity and mode of action of N, N-diethyl-meta-toluamide (DEET). PloS one, 9(8), e103713.

Tassin de Montaigu C & Goulson D (2023) Habitat quality, urbanisation & pesticides influence bird abundance and richness in gardens. Science of The Total Environment 870: 161916.

Tetreau, G., Stalinski, R., David, J. P., & Despres, L. (2013). Monitoring resistance to *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis* in the field by performing bioassays with each Cry toxin separately. Mem Inst Oswaldo Cruz, 108(7), 894-900. https://doi.org/10.1590/0074-0276130155

Theissinger, K., Kästel, A., Elbrecht, V., Makkonen, J., Michiels, S., Schmidt, S., Allgeier, S., Leese, F., & Brühl, C. (2017). Using DNA metabarcoding for assessing chironomid diversity and community change in mosquito controlled temporary wetlands. Metabarcoding and Metagenomics, 1. https:// doi.org/10.3897/mbmg.1.21060

Theodorou P (2022) The effects of urbanisation on ecological interactions. Current Opinion in Insect Science 52: 100922.

Tian S, Xu J & Wang Y (2020) Human infrastructure development drives decline in suitable habitat for Reeves's pheasant in the Dabie Mountains in the last 20 years. Global Ecology and Conservation 22: e00940.

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(6), 705- 714. https://doi.org/10.1017/S0007485317000141

Tiwari, S., Ghosh, S. K., Mittal, P. K., & Dash, A. P. (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(1), 69-75. https://doi.org/10.1089/vbz.2009.0197

Verma AK, Rout PR, Lee E, Bhunia P, Bae J, Surampalli RY, Zhang TC, Tyagi RD, Lin P & Chen Y (2020) Biodiversity and Sustainability. Sustainability,p.^pp. 255-275.

Wan N-F, Fu L, Dainese M, et al. (2025) Pesticides have negative effects on non-target organisms. Nature Communications 16: 1360.

Wiese, D., Escalante, A. A., Murphy, H., Henry, K. A., & Gutierrez-Velez, V. H. (2019). Integrating environmental and neighborhood factors in MaxEnt modeling to predict species distributions: A case study of Aedes albopictus in southeastern Pennsylvania. PLoS One, 14(10), e0223821. https:// doi.org/10.1371/journal.pone.0223821

Winegard, T. C. (2019). The Mosquito: A Human History of Our Deadliest Predator.

Wolfram, G., Wenzl, P., & 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(12), 709. https://doi.org/10.1007/s10661-018-7084-6

World Health, O. (2020). The WHO recommended classification of pesticides by hazard and guidelines to classification 2019. World Health Organization. https://apps.who.int/iris/handle/10665/332193

Zeller, H. G., & Murgue, B. (2001). Rôle des oiseaux migrateurs dans l'épidémiologie du virus West Nile. Médecine et Maladies Infectieuses, 31, 168-174. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/ S0399- 077X(01)80055-X.

ANNEXE 1 FICHE TECHNIQUE SUR LE BTI DE SANTÉ CANADA

Santé Canada Health Canada

Votre santé et votre sécurité… notre priorité. *Your health and safety… our priority.*

Fiche technique sur le Bti - *Bacillus thuringiensis* variété *israelensis*

Canada

Le *Bacillus thuringiensis* variété *israelensis*, couramment désigné par son acronyme Bti, est une bactérie qui vit naturellement dans les sols. Depuis 1982, on l'utilise efficacement partout dans le monde comme agent de lutte biologique pour combattre les moustiques et les simulies (mouches noires).

Comment le Bti agit-il?

Durant l'étape de sporulation de son cycle de vie, le Bti produit une protéine cristallisée, qui est toxique uniquement pour les larves de moustiques et de mouches noires. Ces cristaux microscopiques sont ingérés par les larves des insectes lorsque celles-ci se nourrissent. Dans le milieu alcalin de l'appareil digestif de ces insectes sensibles, les cristaux se dissolvent et se transforment en molécules protéiques toxiques qui détruisent les parois de l'estomac. Les insectes cessent habituellement de se nourrir dans les heures qui suivent leur exposition au Bti et meurent en quelques jours.

D'autres sous-espèces de Bt sont homologuées pour utilisation au Canada et elles aussi n'agissent que sur des espèces spécifiques d'insectes. Par exemple, le Bt variété *tenebrionis* (Btt) est efficace contre le doryphore de la pomme de terre et le Bt variété *kurstaki* (Btk) ne permet de combattre que le groupe d'insectes appelés lépidoptères, qui comprennent des organismes nuisibles pour les arbres, comme la spongieuse, la tordeuse des bourgeons de l'épinette et la livrée des forêts.

Comment utilise-t-on le Bti?

Le Bti est pulvérisé directement sur l'eau où se trouvent des larves de moustiques et de simulies. Les bactéries en suspension dans l'eau sont alors ingérées par les larves. Aucun des produits renfermant le Bti ne peut être appliqué sur de l'eau potable traitée, destinée à la consommation humaine.

Au Canada, presque tous les produits renfermant du Bti sont des produits de la catégorie à usage « restreint », utilisés contre les larves de simulies et de moustiques dans des milieux aquatiques où l'écoulement de l'eau n'est pas confiné à une petite zone. La plupart des provinces exigent que, pour l'emploi des produits à usage restreint, les applicateurs soient certifiés et, dans certaines provinces, le Bti peut également faire l'objet d'un permis obligatoire délivré par l'organisme de réglementation provincial pour les pesticides.

Il existe aussi des produits à base de Bti à usage commercial, mais qui ne peuvent être utilisés que contre les larves de simulies et de moustiques dans les étangs privés et les étangs artificiels de fermes, où il n'y a pas d'écoulement au-delà des limites de la propriété. Le Bti sert enfin à combattre les larves des fongicoles sur les plantes ornementales de serres.

L'application de produits à base de Bti présente-t-elle des risques pour la santé?

La manipulation du Bti ou l'exposition à des produits qui en contiennent, comme lors d'un programme provincial ou municipal de pulvérisation contre les moustiques, présente très peu de dangers directs ou indirects pour la santé humaine. L'activation des toxines du Bti n'est possible qu'en présence des conditions d'alcalinité que l'on retrouve dans l'appareil

digestif de certains insectes. L'acidité de l'estomac des humains et des animaux n'active pas les toxines du Bti. Au cours des nombreuses années d'utilisation du Bti, aucun cas humain ou animal d'intoxication ou de dérèglement des fonctions endocrines n'a été signalé ni au Canada, ni à l'étranger. Des études ont montré qu'en cas d'ingestion ou d'inhalation, les spores du Bti sont éliminés sans aucun effet nocif pour la santé.

Avant que la vente, l'utilisation ou l'importation d'une nouvelle formulation de Bti soient autorisées au Canada, celle-ci doit faire l'objet d'une évaluation selon des protocoles scientifiques reconnus universellement visant à établir si elle peut causer une irritation ou une sensibilisation au niveau des yeux ou de la peau ou des effets toxiques aigus. Ces essais visent à déterminer si les produits candidats risquent d'avoir une incidence sur la santé ou d'induire des réactions allergiques.

Le Bti étant un organisme naturel largement répandu dans l'environnement, la grande majorité des gens devraient être exposés à cette bactérie de nombreuses fois durant leur vie, même s'ils n'entrent jamais en contact avec une formulation qui en contient.

L'exposition des applicateurs lors des programmes provinciaux et municipaux de pulvérisation contre les simulies et les moustiques est minime, car le produit est appliqué directement sur l'eau où se trouvent les larves. Aucun des produits à base de Bti ne peut être appliqué sur l'eau potable traitée. En cas d'exposition fortuite au Bti, le citoyen moyen ne devrait ressentir aucun symptôme, et aucune précaution particulière n'est justifiée ni requise. Les personnes qui éprouvent malgré tout certaines craintes à l'égard du Bti devraient prendre des précautions raisonnables afin d'éviter d'être exposées durant un programme de pulvérisation, tout comme elles le feraient pour éviter d'entrer en contact avec le pollen ou d'autres matières aéroportées au cours des journées où des avertissements relatifs à la qualité de l'air sont émis. Ces personnes peuvent réduire le risque d'exposition en demeurant à l'intérieur et en fermant bien leurs portes et fenêtres lorsque des pulvérisations sont effectuées à proximité de leur habitation. Il convient toutefois de noter que ces précautions ne sont pas exigées par les services de santé.

Quel rôle l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire joue-t-elle vis-à-vis du Bti?

L'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA) doit, avant d'accepter l'utilisation d'un produit antiparasitaire au Canada, s'assurer qu'il ne présente aucun danger pour la santé humaine ou l'environnement. Les fabricants sont tenus de fournir à l'Agence les données analytiques complètes de la formulation du produit, ainsi que l'information complète sur la santé et l'environnement, de façon à permettre aux scientifiques de l'ARLA de procéder à l'évaluation des risques. Seuls les produits qui ont fait l'objet d'un examen scientifique, qui se révèlent efficaces et d'un emploi sûr, et qui ne présentent qu'un risque minime pour la santé humaine et l'environnement, sont homologués par l'ARLA.

L'ARLA est responsable de la classification des produits antiparasitaires au Canada et elle a classé presque tous les produits à base de Bti, utilisés contre les larves de moustiques et de simulies, dans la catégorie à usage « restreint », car ils ne peuvent être pulvérisés que sur l'eau où se trouvent les larves. Les provinces ont établi des critères pour la certification des applicateurs, et la plupart d'entre elles exigent que les applicateurs qui utilisent des produits à usage restreint soient certifiés. En outre, dans certaines

provinces, l'utilisation du Bti peut également nécessiter l'obtention d'un permis auprès de l'organisme provincial de réglementation des pesticides.

Les produits de formulation utilisés dans les préparations de Bti présentent-ils des risques pour la santé?

En plus du Bti, matière active, d'autres substances (produits de formulation) entrent dans la composition du produit final. Les titulaires d'homologation de produits antiparasitaires sont tenus de déclarer à l'ARLA tous les produits de formulation utilisés dans leurs préparations. L'information sur les produits de formulation est considérée comme un secret commercial, et la divulgation de ce type d'information au public est interdite en vertu de la *Loi sur l'accès à l'information et sur la protection des renseignements personnels*. Les produits de formulation présents dans un produit antiparasitaire font l'objet d'un examen afin de déterminer s'ils présentent un risque toxicologique ou sont à l'origine de possible signes d'irritation. Si un risque quelconque pour la santé humaine est identifié, des mesures sont prises soit en remplaçant le produit de formulation visé, soit en indiquant les précautions et les restrictions d'emploi appropriées sur l'étiquette du produit pour éviter les problèmes de santé décelés, à défaut de quoi l'homologation du produit pourrait être refusée.

Quel effet le Bti a-t-il sur l'environnement?

Le Bti ne devient toxique qu'une fois rendu dans l'estomac des larves de moustiques ou de simulies. Le Bti n'a donc aucun effet sur les autres insectes comme l'abeille domestique, ni sur les poissons, les oiseaux ou les mammifères. L'Environmental Protection Agency des États-Unis estime que les risques présentés par les souches de Bti pour les organismes non visés sont négligeables à nuls. La toxine insecticide est en outre rapidement biodégradée dans l'environnement par les rayons solaires et les microorganismes.

Quel est l'impact sur notre approvisionnement en eau?

Les produits homologués contenant du Bti sont principalement destinés à être utilisés par des applicateurs formés, dans le cadre de programmes provinciaux et municipaux de pulvérisation contre les moustiques et les simulies. Les restrictions sur les étiquettes de ces produits ne permettent leur application que sur les sites aquatiques où il y a présence de larves de moustiques et de simulies, et non sur de l'eau potable traitée. Un examen des évaluations des risques pour la santé humaine a permis à Santé Canada de conclure que les produits renfermant du Bti ne présentent aucun risque pour la santé humaine ni pour celles des autres mammifères.

Vu l'absence de risque pour la santé humaine et un long passé d'utilisation, sans aucun danger, du Bti et d'autres variétés de Bt, l'ARLA estime que la pulvérisation de produits homologués contenant un Bt sur des nappes d'eau servant à la consommation humaine ne présente aucun danger pour la santé humaine ni pour la sécurité en général. Cependant, l'ARLA considère que l'application directe de Bti sur l'eau potable traitée n'est pas une pratique acceptable.

Comment peut-on être certain que le Bti est sans danger pour la santé ou l'environnement?

Différentes variétés de Bt, y compris le Bti, ont été largement utilisées, depuis de nombreuses années, au Canada et aux États-Unis, dans le cadre de programme de lutte contre les insectes, et leur dossier de sécurité a toujours été excellent. Le poids de la preuve montre que le Bti est non infectieux et non toxique pour l'homme et les autres mammifères et qu'il ne présente qu'un faible risque aux doses permises pour les programmes de lutte contre les insectes. Même si quelques effets nocifs ont été observés chez les individus de certaines espèces d'insectes aquatiques non ciblés, aucun impact durable n'a été constaté chez les populations de ces espèces par suite de l'utilisation du Bti.

Pour plus de renseignements concernant les produits antiparasitaires, veuillez communiquer avec le Service de renseignements sur la lutte antiparasitaire de Santé Canada au 1-800-267-6315 ou au (613) 736-3799 (extérieur du Canada).