

**SERG International  
2023 Workshop  
Program**

Hotel Grand Pacific  
Victoria, BC  
February 7 – 9, 2023

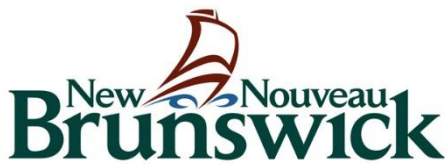
Hosted by:

Ministry of Forests



Sponsored by:





<b>SERG INTERNATIONAL 2023 WORKSHOP PROGRAM</b> <b>February 7 – 9, 2023</b> <b>Hotel Grand Pacific, Victoria, BC</b>		
<b>Tuesday, February 7</b>		
<b>Opening Remarks</b> Rachel Pollard BC Ministry of Forests		8:30 am
<b>British Columbia Session</b>		
<b>Defoliator Management in B.C.</b> <i>Marnie Duthie-Holt</i>	6	8:45 am
<b>Keeping B.C. Spongy Moth-Free</b> <i>Tim Ebata, Babita Bains</i>	7	9:10 am
<b><i>Abies lasiocarpa</i> Consortium: Pressures on subalpine fir ecosystems in B.C.</b> <i>Celia Boone</i>	8	9:35 am
<b>Coffee Break</b>		10:00 am
<b>Forest Invasive Alien Species</b>		
<b>Assessing the biology and geographic distribution of a new exotic species, the Elm zigzag sawfly, in Canada</b> <i>Véronique Martel, Julien Lafrenière, Olivier Morin, Rémi Saint-Amand, Jacques Régnière, Michel Cusson</i>	9	10:30 am
<b>Insecticides for protection of eastern hemlock from the hemlock woolly adelgid</b> <i>Jon Sweeney, Christopher Edge, Chris MacQuarrie</i>	10	10:50 am
<b>Flight behavior, degree day models, and identification of potential nitidulid beetle vectors of oak wilt along the northern range of oaks in Canada</b> <i>S. Reed, V. Butterwort, M. Wester, J. Sweeney, C. Hughes, F. Ross, and J. Llewellyn</i>	13	11:10 am
<b>Cold tolerance and lower temperature limits of Spotted Lanternfly (<i>Lycorma delicatula</i>, Hemiptera: Fulgoridae)</b> <i>Amanda Roe, Anna Turbelin</i>	16	11:30 am
<b>Lunch</b>		11:50 am
<b>Development of detection strategies for evaluating natural enemy populations of the Hemlock Woolly Adelgid in Nova Scotia</b> <i>Lucas Roscoe</i>	17	1:00 pm
<b>Identification of Gypsy Moth natural enemies using a qpcr-based molecular tool: a proof-of-concept study</b> <i>Sandrine Picq, Audrey Nisole, Véronique Martel, Michel Cusson</i>	18	1:20 pm
<b>SERG-I Graduate Student Award Presentations 2021 &amp; 2022</b>		
<b>How does a phenotypic variation of a tree species affect its primary insect enemies?</b> <i>Aziz Ullah, Jennifer G. Klutsch, Nadir Erbilgin</i>	19	1:50 pm
<b>Forest health surveys: comparing methods for estimating spruce budworm defoliation</b> <i>Shawn Donovan, David A. MacLean</i>	20	2:10 pm

<b>Yearly spruce budworm extent (1984 – 2020) in Ontario estimated from historical aerial survey and remote sensing data</b> <i>Clara Risk</i>	22	2:30 pm
<b>Coffee Break</b>		2:50 pm
<b>Invasion ecology of the exotic ambrosia beetle, <i>Xylosandrus germanus</i> (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae: Xyleborini) in Canada</b> <i>Ilesha Ileperuma-Arachchi</i>	23	3:20 pm
<b>Mate choice errors may contribute to the slow North American spread of an invasive Eurasian longhorn beetle</b> <i>Jennifer Anderson</i>	24	3:40 pm
<b>Effects of imidacloprid basal bark sprays for hemlock woolly adelgid control on non-target pollinator communities</b> <i>Luca J. Voskort, Jon D. Sweeney, Matthew J. Smith, Jess L. Vickruck, N. Kirk Hillier</i>	25	4:00 pm
<b>What drives insect herbivory patterns in a sugar maple forest? Vertical stratification effects on bottom-up pressures on insect defoliators</b> <i>Mahsa Hakimara</i>	27	4:20 pm
Corporate Sponsor: <b>Forest Health and Valent BioSciences</b> <i>Maria Dombrowsky</i>	29	4:40 pm
<b>End Session</b>		
<b>Wednesday, February 8</b>		
<b>Mountain Pine Beetle</b>		
<b>Improving monitoring tools to detect Mountain Pine Beetle at low and high densities in novel habitats: investigating the role of fungal volatiles in beetle attraction-field testing</b> <i>Nadir Erbilgin</i>	30	8:30 am
<b>Monitoring Mountain Pine Beetle activity at low population densities using tree baiting and remote sensing</b> <i>Devin Goodsmann</i>	31	8:50 am
<b>Mountain Pine Beetle in new and changing climates: Will prairie boreal summers be too warm?</b> <i>Kathy Bleiker</i>	33	9:10 am
<b>Eastern Spruce Budworm</b>		
<b>Comparisons of Btk aerial spraying scenarios against the Eastern Spruce Budworm, based on protection timing and intensity during a complete outbreak episode</b> <i>Alain Dupont, Richard Berthiaume, Éric Bauce, Alvaro Fuentealba, Christian Hébert, Catherine Henry</i>	34	9:30 am
<b>Coffee Break</b>		9:50 am
<b>Uncontrolled vs. controlled Spruce Budworm (SBW) populations with increasing intensity of Btk applications: impact on non-target Lepidoptera, SBW parasitism and overall arthropod diversity</b> <i>Christian Hébert, Nicolas Bédar, Pierrick Bloin, Jean-Michel Béland, David Pothier</i>	36	10:20 am
<b>Enhancing the efficacy of Btk against Spruce Budworm with RNA interference</b> <i>Véronique Lévesque-Tremblay, Catherine Béliveau, Étienne Grenier, Michel Cusson*, Christopher I. Keeling</i>	37	10:40 am

<b>Overwintering thermal means and extremes as components of Spruce Budworm performance and survival in management strategies</b> <i>Joe Bowden, Eric Moise</i>	38	11:00 am
<b>Northward range expansion and mortality of boreal black spruce to Spruce Budworm defoliation under climate change</b> <i>Deepa Pureswaran, Stephane Bourassa, Eric Moise, Joe Bowden</i>	40	11:20 am
<b>Environmental drivers of parasitoid dynamics for a major forest insect pest during a management program</b> <i>Joe Bowden, Eric Moise, Martin Williams</i>	42	11:40 am
<b>Lunch</b>		12:00 pm
<b>Effect of defoliation on tree hydraulic conductivity and tree vulnerability during spruce budworm outbreaks</b> <i>Annie Deslauriers</i>	44	1:00 pm
<b>Other Lepidoptera</b>		
<b>Climate change-mediated variation in diet for outbreaking forest defoliators – impacts on insect disease and implications for pest management</b> <i>Leah Flaherty, Amanda Roe, Chris MacQuarrie</i>	46	1:20 pm
<b>Improvement of semiochemical-based trapping method for whitemarked tussock moth</b> <i>Peter Mayo, Peter Silk, Gaetan LeClair, Lucas Roscoe, David MaGee, Deepa Abeysekera, Kirk Hillier, Jeffrey Ogden, Aaron McGill, Dan Lavigne, Celia Boone</i>	48	1:40 pm
<b>SERG-I Graduate Student Award Presentations 2023</b>		
<b>Spruce Budworm Outbreaks and Salvage Logging: Impacts on the Mortality and Demographics of Conifer Regeneration</b> <i>Sabrina Brisson, Kaysandra Waldron, Daniel Kneeshaw</i>	50	2:00 pm
<b>Gaps in data could limit predictive potential of invasive species establishment models</b> <i>A. Caouette, S. Heard, D. Pureswaran</i>	52	2:20 pm
<b>Comparative attraction and capture ability of intercept traps for <i>Monochamus</i> beetles</b> <i>Joel Goodwin</i>	53	2:40 pm
<b>Coffee Break</b>		3:00 pm
<b>Spruce Beetle and Other Coleoptera</b>		
<b>Measuring pheromone-baited trap active space in spruce budworm and spongy moth</b> <i>Jeremy Allison</i>	54	3:30 pm
<b>Outbreak potential of Spruce Beetle: dormancy and winter, survival</b> <i>Katherine Bleiker, Brian Van Hezewjik, Telsa Willsey, Greg Smith</i>	56	3:50 pm
<b>Field-tests of region-specific pheromone blends of spruce beetle, <i>Dendroctonus rufipennis</i>, for lure improvement</b> <i>Deepa Pureswaran, Dezene Huber, Kathy Bleiker, Lucas Roscoe, Steve Heard, Rylee Isitt</i>	57	4:10 pm
<b>End Session</b>		
<i>Banquet &amp; Dinner</i>		6:30 pm
<b>Thursday, February 9</b>		
<b>Emerald Ash Borer</b>		

<b>Efficacy of FraxiProtect™ auto-dissemination of <i>Beauveria bassiana</i> tactic for control of Emerald Ash Borer in urban forests</b> <i>Jon Sweeney, Mark Ardis, Marie-Eve Lajoie, Robert Lavallée, Kate Van Rooyen</i>	58	8:30 am
<b>Rearing, release, and evaluation of exotic parasitoids for biological control of the Emerald Ash Borer in Canada</b> <i>C J K MacQuarrie, G Jones, T Ladd, A D Roe, J Dedes, V Martel, J Sweeney, C Hughes</i>	60	8:50 am
<b>Other Research Studies</b>		
<b>Assessing forest vulnerability to climate-induced moisture stress and disturbance across the western boreal region</b> <i>Mark Vanderwel</i>	61	9:10 am
<b>PhenoCaB: a model to predict bud opening in boreal conifers and its use for spray operations</b> <i>Annie Deslauriers, Valérie Néron, Lorena Balducci, Diego Podadera, Remi Saint Amant, Jacques Regnière, Richard Berthiaume, Fabrizio Carteni</i>	62	9:30 am
<b>The fate and environmental risk of using imidacloprid to control of Hemlock Wolly Adelgid in Nova Scotia</b> <i>Christopher B Edge, Christian MacQuarrie, Anthony Lagalante, Jon Sweeney</i>	64	9:50 am
<b>Coffee Break</b>		10:10 am
<b>Field guides to Canadian forest insects (Bark and Ambrosia Beetles [Scolytinae], Powder-post and Death Watch Beetles [Brostrichidae], Sap-feeding Beetles [Nitidulidae], Lepidoptera larvae, Coleoptera larvae)</b> <i>David Dutkiewicz</i>	65	10:40 am
<b>End Workshop</b>		

**Defoliator Management in B.C.**

*Marnie Duthie-Holt*

B.C. Ministry of Forests

**Keeping B.C. Spongy Moth-Free**

*Tim Ebata and Babita Bains*

B.C. Ministry of Forests



***Abies lasiocarpa* Consortium: Pressures on subalpine fir ecosystems in B.C.**

*Celia Boone*

B.C. Ministry of Forests

## Assessing the biology and geographic distribution of a new exotic species, the Elm zigzag sawfly, in Canada

Véronique Martel<sup>1</sup>, Julien Lafrenière<sup>1</sup>, Olivier Morin<sup>2</sup>, Rémi Saint-Amand<sup>1</sup>, Jacques Régnière<sup>1</sup>, Michel Cusson<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laurentian Forestry Centre, Canadian Forest Service, Natural Resources Canada, Qc; <sup>2</sup>Canadian Food Inspection Agency

### Abstract

In summer 2020, a new exotic pest species, the Elm zigzag sawfly, was discovered in southern Quebec, a first record for North America. Originally from Asia, but invasive in Europe since 2003, this pest attacks most elm species, and could potentially be deadly if combined with Dutch elm disease. Its impact and biology in North America, a new habitat for this species, are still unknown. This report presents the second year's results (2022) of the research project aiming to determine life-history traits in this new habitat, its geographic distribution and its origin (Europe or Asia). Two sites were surveyed nearby Montreal every week in 2021, and three sites were surveyed nearby Quebec City thrice per week in 2022, to determine its phenology and abundance. A communication campaign (Twitter, Canadian and American radios and newspapers, podcasts, etc.), trapping and surveys conducted through a wide network of north American partners revealed that this new exotic species was present beyond the first observation sites, and current records show it is present in Ontario and Quebec, as well as in Virginia, North Carolina and New York, with putative signs in Vermont, US. A few natural enemies were observed in the field. A visit of the Botanical Garden of Montreal also allowed investigating the susceptibility of different Elm species or cultivars.

### Résumé

En 2020, une nouvelle espèce de ravageur exotique, la tenthrède en zigzag de l'orme, a été découverte dans le sud du Québec, un premier signalement pour l'Amérique du Nord. Originaire d'Asie et envahissant en Europe depuis 2003, ce ravageur s'attaque à la plupart des espèces d'ormes, et peut être mortel s'il est combiné à la maladie hollandaise de l'orme. Son impact et sa biologie en Amérique du Nord, un nouvel habitat pour cette espèce, sont encore inconnus. Ce rapport présente les résultats de la deuxième année (2022) du projet de recherche visant à déterminer les traits d'histoire de vie dans ce nouvel habitat, sa distribution géographique et son origine. Deux sites ont été étudiés près de Montréal chaque semaine en 2021, et trois sites ont été étudiés trois fois par semaine près de Québec en 2022, afin de déterminer sa phénologie et son abondance. Une campagne de communication (Twitter, radios et journaux canadiens et américains, podcasts, etc.), du piégeage et des observations effectués par un large réseau de partenaires nord-américains ont révélé que cette nouvelle espèce exotique était présente au-delà des premiers sites d'observation, et les relevés actuels montrent qu'elle est présente en Ontario et au Québec, ainsi qu'en Virginie, New York, Caroline du Nord, avec des signes présumés en Pennsylvanie et Vermont, aux États-Unis. Quelques ennemis naturels ont été observés sur le terrain. Une visite du Jardin botanique de Montréal a permis d'étudier la défoliation de différentes essences.

# **Insecticides for protection of hemlocks from hemlock woolly adelgid: efficacy and effects on non-target aquatic invertebrates**

*Jon Sweeney and Christopher Edge*

Natural Resources Canada-Canadian Forest Service

## **Abstract**

The hemlock woolly adelgid (HWA) is spreading in Nova Scotia and killing eastern hemlock. Although progress is being made in biological control, chemical controls are currently the most effective ways of preventing hemlock mortality from HWA. This project addresses the need for practical options for preserving hemlock trees and habitat until long-term management strategies prove effective. We established field trials in Nova Scotia (Meteghan, 2018; Pollard Falls, 2019; Sissiboo Falls & McKay Lakes, 2020; Silver Lake, 2021), and Ontario (Petawawa Research Forest, 2020; Wainfleet, 2021) to determine the efficacy and longevity of two imidacloprid products (Ima-Jet, Xytect 2F) and TreeAzin for suppressing HWA and keeping hemlocks alive. We are also determining the environmental fate of imidacloprid and its breakdown product, olefin, in foliage, soil and water, over time and at various distances from hemlock trees treated with Xytect 2F basal bark sprays. In collaboration with Acadia University and Parks Canada, we are studying the short-term non-target impacts of Xytect 2F on abundance, diversity, and species composition of wild bee and flower fly pollinators as well as ground beetles and other soil arthropods.

TreeAzin suppressed HWA more quickly than did imidacloprid but protection lasted only 1 year at Meteghan and Pollard Falls whereas imidacloprid took longer than 6 months to significantly suppress HWA densities at most sites but still provided significant protection at 3 years post-treatment. At McKay Lakes 2-years post-treatment, densities of live HWA were significantly lower in TreeAzin-treated trees than in untreated trees but were greater than those in trees treated with either Xytect 2F or Ima-Jet; current year shoots were significantly longer in treated than untreated trees for all treatments but were longest in trees treated with TreeAzin. We started a new field trial in fall 2021 at Silver Lakes, NS, and Wainfleet, ON, to test whether combined treatment with TreeAzin and Xytect 2F could prevent mortality of moderately to severely infested hemlocks. At Silver Lakes 1-year post-treatment, live HWA densities were significantly suppressed by all three treatments compared to untreated trees but only the trees treated with TreeAzin alone had a significantly greater percentage of shoots with new year's growth than untreated trees.

To determine environmental fate of imidacloprid in stands treated with Xytect-2F, we collected water samples upstream and downstream of treated sites, soil samples at different distances from the base of Xytect-treated trees, hemlock foliage, and pollen from wild bees as well as from flowering plants growing < 2 m and ≥ 2 m from the base of treated trees. Imidacloprid concentration in the soil declined with distance from treated trees (50, 100, 200, 400) as well as over time post-treatment. MSC candidates Cody Chapman and Luca Voscort have made excellent progress on their thesis projects. Cody has nearly completed identification of select soil arthropod fauna collected in pitfall traps at Sissiboo Falls and McKay lakes in 2020 (pre-treatment) and 2021 (post-treatment) and has begun analyzing data. Luca Voscort will present preliminary results on species composition and abundance of wild bee and flower fly pollinators in Xytect-treated vs. untreated stands at the 2023 SERG Workshop.

## **Insecticides contre le puceron lanigère de la pruche : efficacité et effets sur les invertébrés aquatiques non ciblés**

### **Résumé**

Le puceron lanigère de la pruche (PLP) se répand en Nouvelle-Écosse et y tue les pruches du Canada. Bien qu'on constate des progrès dans la lutte biologique, à l'heure actuelle, ce sont les moyens de lutte chimique qui sont les plus efficaces pour prévenir la mortalité de la pruche due au PLP. Le projet répond au besoin d'avoir des options pratiques pour préserver la pruche et son habitat jusqu'à ce que des stratégies de gestion à long terme s'avèrent efficaces. Nous avons établi des parcelles d'essai en Nouvelle-Écosse (Meteghan, 2018; Pollard Falls, 2019; Sissiboo Falls et McKay Lakes, 2020; Silver Lake, 2021) et en Ontario (Forêt expérimentale de Petawawa, 2020; Wainfleet, 2021) afin de déterminer l'efficacité et la longévité de deux produits à base d'imidaclopride (Ima-Jet et Xytect 2F) et de TreeAzin pour éliminer le PLP et maintenir les pruches en vie. Nous nous employons également à déterminer le devenir dans l'environnement de l'imidaclopride et de son produit de dégradation, l'oléfine, dans le feuillage, le sol et l'eau au fil du temps et à diverses distances des arbres traités avec des pulvérisations de Xytect 2F sur l'écorce basilaire. En collaboration avec l'Université Acadia et Parcs Canada, nous étudions les effets non intentionnels à court terme du Xytect 2F sur l'abondance, la diversité et la composition en espèces des abeilles sauvages et des syrphides pollinisateurs ainsi que des carabes et autres arthropodes du sol.

Le TreeAzin a éliminé le PLP plus rapidement que l'imidaclopride, mais la protection a duré seulement un an à Meteghan et à Pollard Falls, tandis qu'il a fallu à l'imidaclopride plus de six mois avant d'abaisser de manière significative les densités de PLP dans la plupart des sites; en revanche, elle offrait encore une protection importante trois ans après le traitement. Au site de McKay Lakes deux ans après le traitement, les densités de PLP vivants étaient nettement plus faibles dans les arbres traités au TreeAzin que dans les arbres non traités, mais elles étaient plus grandes que celles observées dans les arbres traités soit au Xytect 2F, soit au Ima-Jet; les tiges de l'année étaient beaucoup plus longues dans les arbres traités que dans les arbres non traités pour tous les traitements, mais elles étaient les plus longues dans les arbres traités au TreeAzin. Nous avons établi une nouvelle parcelle d'essai à l'automne 2021 à Silver Lakes (N.-É.) et à Wainfleet (Ontario) pour vérifier si un traitement combiné de TreeAzin et de Xytect 2F pouvait prévenir la mortalité de pruches modérément à gravement infectées. Au site de Silver Lakes un an après le traitement, les trois traitements avaient nettement abaissé les densités de PLP vivants comparativement aux arbres non traités, mais seuls les arbres traités uniquement au TreeAzin présentaient un pourcentage nettement plus élevé de pousses de l'année que les arbres non traités.

Afin de déterminer le devenir dans l'environnement de l'imidaclopride dans les peuplements traités au Xytect-2F, nous avons recueilli des échantillons d'eau en amont et en aval des sites traités, des échantillons de sol à différentes distances de la base des arbres traités au Xytect, des échantillons de feuillage de pruche et des échantillons de pollen d'abeilles sauvages ainsi que de plantes à fleurs poussant à une distance de  $< 2$  m à  $\geq 2$  m de la base des arbres traités. La concentration d'imidaclopride dans le sol diminuait en fonction de la distance par rapport aux arbres traités (50, 100, 200, 400 cm) ainsi qu'au fil du temps post-traitement. Chris Edge fournira des résultats détaillés sur le devenir dans l'environnement dans un exposé distinct. Les candidats à la maîtrise en sciences Cody Chapman et Luca Voscort ont grandement avancé dans leur projet de thèse. Cody a presque terminé l'identification de certains arthropodes du sol recueillis dans les pièges à fosse de Sissiboo Falls et de McKay Lakes en 2020 (pré-traitement) et en 2021 (post-traitement) et a commencé l'analyse des données. Luca Voscort présentera

des résultats préliminaires sur les composition en espèces et l'abondance d'abeilles sauvages et de syrphides pollinisateurs dans les peuplements traités au Xytect par rapport aux peuplements non traités à l'atelier SERG de 2023.

## Flight behaviour, degree day models, and identification of potential nitidulid beetle vectors of oak wilt along the range of oaks (*Quercus* sp.) in eastern Canada

S. Reed<sup>1,5</sup>, V. Butterworth<sup>1</sup>, M. Wester<sup>1</sup>, J. Sweeney<sup>2</sup>, C. Hughes<sup>2</sup>, F. Ross<sup>3</sup>, and J. Llewellyn<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Ontario Ministry of Natural Resources, 1235 Queen Street, Sault Ste. Marie, Ontario P6A 2E5

<sup>2</sup> Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Atlantic Forest Center, 1350 Regent Street, Fredericton, New Brunswick E3C 2G6

<sup>3</sup> Manitoba Conservation, Forestry Branch, 200 Saulteaux Crescent, Box 70, Winnipeg, Manitoba R3J 3W3

<sup>4</sup> Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, Economic Development Division, 1 Stone Road West, 1<sup>st</sup> Floor, Guelph, Ontario N1G 4Y2

<sup>5</sup> Corresponding author, email sharon.reed@ontario.ca

### Abstract

Oak wilt is an insect-transmitted disease caused by a fungus named *Bretziella fagacearum*. The disease has caused widespread mortality of oaks in the United States, where it has been slowly spreading for decades. Although not yet detected in Canada, oak wilt has been found less than 1km from Ontario's border near Detroit, Michigan. To prepare a preventative management plan for oak wilt in Canada, several studies were performed on Nitidulidae sap beetles that can transmit the disease.

Study objectives were to: (1) Identify nitidulid species attracted to freshly wounded red and bur oak trees along the northern extent of their ranges; (2) Identify the time of year and cumulative degree days when oak wounds are attractive; (3) Collect flight behavior and temperature data to confirm or refute existing degree day models for two potential vector species, *Carpophilus sayi* and *Colopterus truncatus*; (4) Develop degree day models for other nitidulid species attracted to wounded red and bur oak; and (5) Determine relative efficacy of black 12-funnel Lindgren traps vs. specialized wind vane traps for monitoring species of Nitidulidae.

From 2018-2022, fifty nitidulid species were captured across Ontario, Manitoba, New Brunswick, and Michigan. Flight of potential vectors started as early as the first week of April in southern Ontario, second week of April in northern Ontario, and the last week of April in Manitoba and New Brunswick. Beetles visited oak-wound traps several weeks after they were first collected in flight traps. Oak-wound traps resulted in the detection of 15 potential oak wilt vector species. *Carpophilus sayi*, *E. avara* and *Co. truncatus* were the most frequent visitors of fresh oak wounds. Bur oaks (*Quercus macrocarpa*) were much less attractive than northern red oaks (*Q. rubra*).

Modeled 95% emergence for nitidulid species attracted to oak wounds covered a flight period of March 23 to October 23. Nitidulid flight was predicted to occur as early as 28 accumulated degree days (base 5°C, DD<sub>5C</sub>). Weighted degree day models, based on flight trap data, were generated for nine potential sap beetle vectors, including *Ca. sayi* and *Co. truncatus*. The model for *Colopterus truncatus* showed emergence at 57 DD<sub>5C</sub> and *Ca. sayi* at 69 DD<sub>5C</sub>. Historical weather data in combination with degree day data was used to determine that 90% of *Ca. sayi* and *Co. truncatus* flight occurs between April and July 31<sup>st</sup>.

Of the four trap types tested in 2021, Synergy's 5-unit multifunnel trap captured significantly more nitidulid species than either the wind-vane or Lindgren 12 funnel traps, and significantly more nitidulid

specimens than the wind-vane traps. Species richness and abundance of nitidulids in the modified 12-funnel Lindgren trap was intermediate and not significantly different from those in any other trap. There were significant differences among trap types in mean catches of only two nitidulid species: catches of *Cryptarcha ampla* were significantly lower in wind-vane traps than in any other trap type and catches of *Glischrochilus sanguinolentus* were significantly greater in the 5-funnel multifunnel trap than in either the Lindgren 12-funnel trap or the wind-vane trap.

The results from these multi-year studies will be essential to enacting a preventative management strategy for oak wilt. In case the disease is ever detected in Canada, these data will inform designations of a high-risk “do not prune” period for oaks based on when beetles are active.

### **Comportement de vol, modèles de degrés-jours et identification des nitidules pouvant agir comme vecteurs du flétrissement du chêne dans l'aire de répartition septentrionale du chêne au Canada**

#### **Résumé**

Le flétrissement du chêne est une maladie transmise par les insectes qui est causée par un champignon appelé *Bretziella fagacearum*. La maladie, qui se répand lentement depuis des décennies, a entraîné une forte mortalité des chênes aux États-Unis. Bien que le flétrissement du chêne n'ait pas encore été détecté au Canada, il a été observé à moins d'un kilomètre de la frontière entre l'Ontario et Detroit, au Michigan. En vue de préparer un plan de gestion pour prévenir le flétrissement du chêne au Canada, plusieurs études ont eu lieu sur des nitidules Nitidulidae qui peuvent transmettre la maladie.

Les objectifs de l'étude étaient les suivants : 1) déterminer les espèces de nitidules attirées par les chênes rouges et les chênes à gros fruits fraîchement blessés le long de la limite septentrionale de leurs aires de répartition; 2) déterminer le temps de l'année et le cumul degrés-jours où les blessures du chêne sont attractives; 3) recueillir des données sur le comportement de vol et la température afin de confirmer ou de réfuter les modèles de degrés-jours actuels visant deux espèces vectrices potentielles, soit *Carpophilus sayi* et *Colopterus truncatus*; 4) élaborer des modèles de degrés-jours pour d'autres espèces de nitidules attirées par les chênes rouges et les chênes à gros fruits blessés; 5) enfin, comparer l'efficacité relative des pièges à 12 entonnoirs noirs de type Lindgren et des pièges à girouette spécialisés dans la surveillance des espèces de Nitidulidae.

De 2018 à 2022, 50 espèces de nitidules ont été capturées en Ontario, au Manitoba, au Nouveau-Brunswick et au Michigan. L'envol des vecteurs potentiels a commencé dès la première semaine d'avril dans le sud de l'Ontario, la deuxième semaine d'avril dans le nord de l'Ontario et la dernière semaine d'avril au Manitoba et au Nouveau-Brunswick. Les pièges sur les chênes blessés ont continué à capturer des coléoptères plusieurs semaines après leur première apparition dans les pièges d'interception. Les pièges sur les chênes blessés ont permis de détecter 15 espèces vectrices potentielles du flétrissement du chêne. Les visiteurs les plus fréquents des blessures fraîches sur les chênes ont été *Carpophilus sayi*, *E. avara* et *Co. truncatus*. Le chêne à gros fruits (*Quercus macrocarpa*) s'est avéré nettement moins attractif que le chêne rouge (*Q. rubra*).

La modélisation de l'émergence à 95 % des espèces de nitidules attirées par les blessures de chêne couvrait une période de vol allant du 23 mars au 23 octobre. Selon les prévisions, l'envol des nitidules devait se produire dès 28 degrés-jours accumulés (base de 5°C, DJ<sub>5C</sub>). Des modèles de degrés-jours pondérés fondés sur les données des pièges d'interception ont été générés pour neuf des nitidules

vectrices potentielles, y compris *Ca. sayi* et *Co. truncatus*. Le modèle pour *Colopterus truncatus* a montré une émergence à 57 DJ<sub>5C</sub>, et le modèle pour *Ca. Sayi*, à 69 DJ<sub>5C</sub>. Les données météorologiques historiques combinées aux données sur les degrés-jours ont permis de déterminer que 90 % de l'envol de *Ca. sayi* et de *Co. truncatus* se produit entre avril et le 31 juillet.

Parmi les quatre types de pièges testés en 2021, le piège Synergy à 5 entonnoirs a capturé beaucoup plus d'espèces de nitidules que les pièges à girouette ou les pièges Lindgren à 12 entonnoirs, et beaucoup plus de spécimens de nitidules que les pièges à girouette. La richesse spécifique et l'abondance de nitidules dans le piège Lindgren à 12 entonnoirs modifié étaient moyennes et ne différaient pas sensiblement de celles obtenues avec les autres pièges. Nous avons observé d'importantes différences entre les types de piège pour la moyenne des captures de seulement deux espèces de nitidules : les captures de *Cryptarcha ampla* ont été beaucoup moindres dans le piège à girouette que dans tout autre type de piège, et les captures de *Glischrochilus sanguinolentus* ont été beaucoup plus grandes dans le piège à 5 entonnoirs que dans le piège Lindgren à 12 entonnoirs et le piège à girouette.

La connaissance des résultats de ces études pluriannuelles sera essentielle dans l'application d'une stratégie de gestion préventive contre le flétrissement du chêne. Si jamais la maladie est détectée au Canada, ces données éclaireront les décisions d'interdiction d'élaguer les chênes durant les périodes à risque élevé en fonction de l'activité des coléoptères.



## **Cold tolerance and lower temperature limits of Spotted Lanternfly (*Lycorma delicatula*, Hemiptera: Fulgoridae)**

*Amanda Roe and Anna Turbelin*

Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Great Lakes Forestry Centre

### Abstract

Spotted Lanternfly (SLF, *Lycorma delicatula*, Hemiptera: Fulgoridae) is a planthopper native to China and southeastern Asia. SLF have a wide host range and threaten agricultural and forestry species, particularly grapes, stone fruits and a variety of hardwood trees. This invasive pest was first discovered in Pennsylvania in 2014, which was the first detection in North America. Despite extensive eradication efforts, SLF continues to spread throughout the United States, with infestations in Virginia, New Jersey, Delaware, and Maryland. New populations in Buffalo, NY and Pontiac, MI were detected in 2022, placing SLF on Canada's border. For SLF to establish in Canada, it must be capable of surviving winter. SLF have a single generation per year and overwinter as egg masses. Eggs enter a state of diapause in late fall where embryonic development is suspended until favourable conditions return in the spring. Winter temperatures affect SFL hatch rates, but we know little of SFL's cold tolerance strategy or lower lethal limits. Egg masses collected in Year 1 in collaboration with an extension officer at Pennsylvania State University allowed us to test the impact of egg manipulation, cold tolerance strategy, and preliminary lower lethal limits. We discovered that manipulating the eggs (removing wax or removing from the mass) impacted hatch rate, so future experiments will be conducted on whole egg masses. We determined that SLF eggs are chill susceptible, which means they die prior to ice crystal formation, so supercooling point measurements are uninformative. Future experiments will focus on quantifying the lower lethal temperature and lower lethal time survival curves.

### Résumé

Le fulgore tacheté (SLF, *Lycorma delicatula*, Hemiptera : Fulgoridae) est une cicadelle originaire de Chine et d'Asie du Sud-Est. Les SLF ont de nombreux hôtes et menacent les espèces agricoles et forestières, en particulier les vignes, les fruits à noyau et une variété d'arbres feuillus. Ce ravageur envahissant a été découvert pour la première fois en Amérique du Nord en Pennsylvanie en 2014. Malgré des efforts d'éradication importants, le SLF continue de se propager à travers les États-Unis, avec des infestations en Virginie, au New Jersey, au Delaware et au Maryland. De nouvelles populations ont été détectées en 2022 à Buffalo, NY et Pontiac, MI plaçant le SLF à la frontière du Canada. Le SLF doit être capable de survivre l'hiver pour s'établir au Canada. Ils ont une seule génération par an et hivernent sous forme de masses d'oeufs. Les oeufs entrent dans un état de diapause à la fin de l'automne où le développement embryonnaire est suspendu jusqu'au retour de conditions favorables au printemps. Les températures hivernales affectent les taux d'éclosion du SFL, mais nos connaissances sur la stratégie de tolérance au froid du SFL ou sur les limites létales inférieures sont limitées. Les masses d'oeufs recueillies au cours de la première année, en collaboration avec un agent de vulgarisation de l'Université de Pennsylvanie, nous ont permis de tester l'impact de la manipulation des oeufs, la stratégie de tolérance au froid et les limites létales inférieures préliminaires. Nous avons découvert que la manipulation des oeufs (retrait de la cire ou retrait de la masse) avait un impact sur le taux d'éclosion, de sorte que les futures expériences seront menées sur des masses d'oeufs entières. Nous avons déterminé que les oeufs du SLF sont sensibles au froid, donc ils meurent avant la formation de cristaux de glace, rendant les mesures du point de surfusion non informatives. Les expériences futures seront centrées sur la quantification des courbes de température létale inférieure et de durée de survie létale inférieure.

## Refinements and new developments in HWA monitoring techniques using ball sampling and eDNA collection

Jeff Fidgen, Glen Forbes, Lucas Roscoe\*

Natural Resources Canada – Atlantic Forestry Centre

\*Presenting Author

### Abstract

The hemlock woolly adelgid (*Adelges tsugae* Annand, HWA) is a serious invasive pest of hemlock (*Tsuga* spp.) in eastern North America. Found recently in both Ontario and Nova Scotia, HWA threatens eastern hemlock (*T. canadensis* L. Carrière) throughout most its range in eastern Canada. Monitoring of HWA is difficult given its small size and cryptic nature; however, recent efforts to further develop existing strategies and develop new techniques have provided potential tools that may increase the ability to detect incipient populations. Here, we present two novel developments in HWA early detection. First, we present refinements associated with canopy sampling using Velcro-covered balls as a sampling device, and a passive detection trap system for eDNA. These results will provide important contributions to HWA detection and biological control strategies in eastern Canada and beyond.

### Améliorations et nouveautés dans l'élaboration de techniques de surveillance de la PLP à l'aide de l'échantillonnage par balle et de la collecte d'ADNe

### Résumé

Le puceron lanigère de la pruche (*Adelges tsugae* Annand, PLP) est un important ravageur envahissant de la pruche (*Tsuga* spp.) dans l'est de l'Amérique du Nord. Le PLP a été trouvé récemment en Ontario et en Nouvelle-Écosse, et il menace la pruche du Canada (*T. canadensis* L. Carrière) presque partout dans son aire de répartition dans l'est du Canada. Étant donné la petite taille et la nature énigmatique du PLP, sa surveillance est difficile; cependant, de récents efforts déployés pour raffiner les stratégies actuelles et élaborer de nouvelles techniques offrent des possibilités d'outils qui pourraient accroître la capacité de détection des populations naissantes. Nous présentons ici deux nouveaux développements pour la détection précoce du PLP. Tout d'abord, nous présentons des améliorations visant l'échantillonnage effectué dans le couvert forestier à l'aide de balles recouvertes de Velcro comme instrument d'échantillonnage, ainsi qu'un système de piégeage passif de détection d'ADNe. Les résultats obtenus contribueront de façon importante aux stratégies de détection et de lutte biologique contre le PLP dans l'est du Canada et ailleurs.

## Identification of spongy moth natural enemies using a qPCR-based molecular tool: a proof-of-concept study.

Sandrine Picq<sup>1</sup>, Audrey Nisole<sup>1</sup>, Véronique Martel<sup>1</sup> and Michel Cusson<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Laurentian Forestry Centre, Canadian Forest Service, Natural Resources Canada

### Abstract

The European spongy moth, *Lymantria dispar dispar*, is one of the most important pests of broad-leaf trees in northeastern North America. Effective management of this forest pest rests on the characterization of the factors responsible for the rise and collapse of population outbreaks. Parasitoids and pathogens (virus and fungi) are known to play a key role in the regulation of spongy moth populations. To date, the identification of parasitoids and pathogens causing larval spongy moth mortality has relied on laboratory rearing of field-collected larvae, followed by visual inspection of emerging parasitoids or microscopic analysis of pathogens in larval cadavers. To facilitate this diagnostic process, we propose to identify the parasitoids and pathogens affecting spongy moth larvae through the development of a qPCR-based molecular identification tool. The first year of the present project was dedicated to the acquisition of sequence data for spongy moth parasitoids and pathogens, an essential step for the development of the tool. These sequences were obtained through searches in sequence databases and DNA sequencing of archival specimens and specimens collected in Quebec City in 2022.

### Résumé

La spongieuse européenne, *Lymantria dispar dispar*, est l'un des plus importants ravageurs des forêts de feuillus dans le nord-est de l'Amérique du Nord. La gestion raisonnée de cette peste forestière repose sur la caractérisation des facteurs responsables de l'augmentation et de l'effondrement des populations lors des épidémies. Les parasitoïdes et les agents pathogènes (virus et champignons) sont connus pour jouer un rôle clé dans la régulation des populations de spongieuse. À ce jour, l'identification des parasitoïdes et des agents pathogènes affectant les chenilles de spongieuse repose sur l'élevage en laboratoire de chenilles recueillies sur le terrain, suivi d'une inspection visuelle des parasitoïdes émergents ou d'une analyse microscopique des agents pathogènes présent chez les cadavres de chenilles. Pour faciliter et accélérer ce processus d'identification, nous proposons de développer un outil moléculaire d'identification reposant sur la méthode qPCR. Cette première année du projet a été dédiée à la collecte de séquences génétiques des parasitoïdes et des agents pathogènes, étape essentielle au développement de l'outil. Ces séquences ont été obtenues par des recherches dans les bases de données publiques ou par le séquençage de spécimens issus de collections ou collectés dans la ville de Québec en 2022.

## How does a phenotypic variation of a tree species affect its primary insect enemies?

Aziz Ullah, Jennifer G. Klutsch, Nadir Erbilgin

Department of Renewable Resources, University of Alberta, Edmonton, Alberta T6G 2E3, Canada

### Abstract

Conifers exhibit intra-specific adaptations in the expression of most functional traits to improve their phenotypic plasticity. Variations in chemical defenses have received particular attention due to their roles in herbivory resistance. Currently, studies are lacking how intra-specific variations in defenses affect their suitability to herbivores and mutualistic insect-microbe enemy complex.

In the first study, we tested monoterpene profiles of different populations of lodgepole pine on responses of the mountain pine beetle-*Grosmannia clavigera* complex. Our objective was to determine how the constitutive monoterpene profiles of mature lodgepole pine trees affect the host acceptance of mountain pine beetle and growth of *G. clavigera*. We characterized the variations in chemical defenses of lodgepole pine from progeny trials in western Canada and grouped them in four defense phenotypes based on their monoterpene profiles. We then selected representative families in each phenotype and amended their monoterpene profiles (exception of one chemical) in media to determine how each phenotype or family affects the performance of the mountain pine beetle or its fungal symbiont. In bioassays, we placed adult beetles or inoculated fungus on the amended media and measured beetle performance and fungal growth as a proxy to host suitability. We found that host suitability to the beetle and fungus varied among the defense phenotypes but was organism specific. Particularly, monoterpene profiles of hosts suitable to the beetle or fungus were different. These outcomes reflect co-evolutionary arms race between the host and the beetle-fungus complex, which have resulted in the production of complementary defense compounds to improve tree survival.

In the second study we investigated the phenotypic variations of white spruce trees and their impacts on eastern spruce budworm larvae. We quantified major monoterpene and phenolic compounds associated with the foliage of phenotypically different white spruce foliage collected from four progeny trial sites in Alberta. Half of these foliage was used for chemical analyses of monoterpene and phenolic compounds. We identified 12 monoterpenes and 18 phenolic aglycon/flavonoid compounds and nine glycosides. Using the monoterpene concentrations, we further identified two chemotypes. From each chemotype we selected five families based on 5th, 25th, 50th, 75th, and 95th percentile of total monoterpenes. Overall, 10 families from both clusters were selected. We developed a blend of compounds representing each of the 10 families based on the constitutive monoterpene concentrations. The other of needles collected were stored in -40°C and then dried in the freeze dryer for 72 hours, after which we ground the dried needles. Agar, 25% McMorran diet, and ground needles were mixed as a growth medium. We presented the diet to one 4th instar budworm larva. We quantified larval mortality, initial and final larval weight, ingested food, feces excreted, total larval development time (4th to 6th instar) and pupal mass (mg) of each larva at the end of experiment. We compared these values among phenotypes and linked to tree chemistry. We overwhelming found that foliar monoterpenes had a much stronger negative impact on budworm compared phenolics.

## Forest health surveys: comparing methods for estimating spruce budworm defoliation

Shawn Donovan<sup>1</sup> and Dr. David A. MacLean<sup>2</sup>

<sup>1</sup> PhD student; <sup>2</sup> Supervisor;

Faculty of Forestry and Environmental Management, University of New Brunswick,

### Abstract

We evaluated the accuracy of three methods for estimating annual spruce budworm (*Choristoneura fumiferana* Clem.) defoliation from 2014 to 2021 using an extensive network of 99 sample plots located in central Gaspé Peninsula, Québec. Plot-level percent defoliation was measured by methods including assessment of current-year shoots from branch samples collected from host-trees, ocular surveys of single trees using binoculars, and provincial government annual aerial surveys of three classes of light (<30%), moderate (30–70%), and severe (>70%) defoliation covering the plot network. Pairwise Wilcoxon Signed-Ranks and two-sample Kilmogorov-Smirnov tests revealed branch sampling and ocular survey methods for estimating percent defoliation were significantly different for every year except 2015. The ocular survey method consistently underestimated defoliation each year and across the full range of defoliation observed in plots. Comparisons between annual aerial surveys and plot branch defoliation measurements highlighted aerial survey misclassifications mainly result from labelling the adjacent class (e.g., light defoliation labelled as moderate defoliation). Classification accuracy ranked lowest to highest (23.6, 42.0, and 52.5%) for the severe, moderate, and light classes, respectively. The overall accuracy of aerial surveys combining all six years was 41.9%. Evaluating methods for estimating spruce budworm defoliation can identify issues and promote accuracy improvements. There is significant importance in quantifying defoliation as it assists in monitoring the extent and severity of budworm outbreaks, planning forest protection strategies, and forecasting the environment and economic impacts.

Nous avons évalué l'exactitude de trois méthodes d'estimation de la défoliation annuelle de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana* Clem.) de 2014 à 2021 à l'aide d'un vaste réseau de 99 placettes d'échantillonnage situées dans le centre de la Gaspésie, au Québec. Le pourcentage de défoliation au niveau de la parcelle a été mesuré par des méthodes comprenant l'évaluation des pousses de l'année en cours à partir d'échantillons de branches prélevés sur des arbres hôtes, des relevés oculaires d'arbres isolés à l'aide de jumelles et des relevés aériens annuels par le gouvernement provincial de trois classes de défoliation légère (<30%), modérée (30–70%) et sévère (> 70%) couvrant le réseau de parcelles. Les tests des rangs signés de Wilcoxon par paire et de Kilmogorov-Smirnov à deux échantillons ont révélé que les méthodes d'échantillonnage de branche et d'enquête oculaire pour estimer le pourcentage de défoliation étaient significativement différentes pour chaque année sauf en 2015. La méthode d'enquête oculaire sous-estimait systématiquement la défoliation chaque année et ce sur toute la gamme de défoliation observée dans les parcelles. Les comparaisons entre les relevés aériens annuels et les mesures de défoliation des branches de parcelles ont mis en évidence que les erreurs de classification des relevés aériens résultent principalement de l'étiquetage de la classe adjacente (par exemple, une légère défoliation qualifiée de défoliation modérée). Les précisions de classification classées du plus bas au plus élevé (23,6, 42,0 et 52,5%) concernaient respectivement les classes sévère, modérée et légère. La précision globale des relevés aériens portant sur les 6 années était de 41,9%. L'évaluation des méthodes d'estimation de la défoliation par la tordeuse des bourgeons de l'épinette peut identifier les problèmes et favoriser l'amélioration de la précision. Il est important de quantifier la défoliation car elle aide à surveiller

l'étendue et la gravité des épidémies de tordeuse des bourgeons, à planifier des stratégies de protection des forêts et à prévoir les impacts environnementaux et économiques.

**Yearly spruce budworm extent (1984 – 2020) in Ontario estimated from historical aerial survey and remote sensing data**

*Clara Risk*

University of Toronto

**Invasion ecology of the exotic ambrosia beetle, *Xylosandrus germanus* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae: Xyleborini) in Canada**

*Ilesha Ileperuma-Arachchi*

University of New Brunswick



## Mate choice errors may contribute to the slow North American spread of an invasive Eurasian longhorn beetle

Jennifer Anderson

University of New Brunswick

### Abstract

*Tetropium fuscum* is a European longhorn beetle, native to Western Europe and Northern Eurasia, that invaded Halifax, Nova Scotia, Canada circa 1990. In the 25-30 years since its introduction into North America, *T. fuscum* has spread less than 100 km from its point of introduction. We propose that the slow North American spread of *T. fuscum* is at least partially due to interactions with the native congener *Tetropium cinnamopterum*. *T. fuscum* and *T. cinnamopterum* are morphologically and ecologically very similar, sharing closely timed emergence in the spring, as well as similar host plant choices and mating behaviours. Notably, the male-produced mating and aggregation pheromone blends in both species share the molecule fuscumol as the attractive component. We used mating experiments, as well as next-generation sequencing (NGS) techniques to detect introgression between invasive and native populations of *Tetropium* in NB and NS, and to better predict future growth rates of this pest species.

### Resume

*Tetropium fuscum* est un longicorne européen, endémique d'Europe occidentale et de l'Eurasie du nord, qui a envahi Halifax, en Nouvelle-Écosse, au Canada vers les années 1990. Bien que *T. fuscum* a été introduit en Amérique du Nord il y a 25-30 ans, il ne s'est répandu que 100 km de son point d'introduction. Nous suggérons que la propagation de *T. fuscum* est lente en partie à cause des interactions avec le congénère indigène *Tetropium cinnamopterum*. *T. fuscum* et *T. cinnamopterum* sont morphologiquement et écologiquement très similaires. Ils émergent presque en même temps au printemps, choisissent des plantes hôtes similaires et ont des comportements d'accouplement similaires. Notamment, ils ont des phéromones d'accouplement et d'agrégation similaires, produites par les mâles des deux espèces, partagées par la même molécule attractive, le fuscumol. Nous avons utilisé des expériences d'accouplement, ainsi que des techniques de séquençage de nouvelle génération (NGS) pour détecter une introgression entre les populations invasives et indigènes de *Tetropium* au N.-B. et en N.É., et pour mieux prédire le taux que *T. fuscum* peut se répandre dans le futur.

## Effects of imidacloprid for hemlock woolly adelgid (*Adelges tsugae*) control on non-target pollinator communities in eastern hemlock (*Tsuga canadensis*) forests in southwest Nova Scotia

Luca J. Voskort<sup>1</sup>, Jon D. Sweeney<sup>2</sup>, Matthew J. Smith<sup>3</sup>, Jess L. Vickruck<sup>4</sup>, N. Kirk Hillier<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Biology, Acadia University, Wolfville, NS

<sup>2</sup> Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Atlantic Forestry Centre, Fredericton, NB

<sup>3</sup> Kejimikujik National Park and National Historic Site of Canada, Maitland Bridge, NS

<sup>4</sup> Agriculture and Agri-Food Canada, Fredericton, NB

### Abstract

Hemlock woolly adelgid (*Adelges tsugae*), is an invasive pest that threatens eastern hemlock (*Tsuga canadensis*) and ecologically significant old growth forests in Nova Scotia. In the United States, the impacts of *A. tsugae* are controlled with the neonicotinoid imidacloprid, usually applied by soil drench or basal bark spray. There has been considerable research on the impacts of imidacloprid on non-target bee pollinators in agroecosystems but very little in forest ecosystems. We are assessing non-target effects of imidacloprid basal bark sprays on two pollinator groups, bees (Hymenoptera: Apoidea: Anthophila) and flower flies (Diptera: Syrphidae), in hemlock forests. Four field sites were established in southwestern Nova Scotia in 2021 to sample pollinator communities in treated and untreated stands using pan traps, blue vane traps, and sweep netting over two years in 2021 and 2022. Pollen and plant material were collected from treated sites and examined for residues of imidacloprid and its metabolites to quantify potential exposure to pollinators. We collected a total of 561 specimens (366 flower flies; 195 bees) in 2021 and 918 specimens (565 flower flies; 353 bees) in 2022. Preliminary results revealed that bumble bees (*Bombus*) were the most abundant bees (77%) in these stands. Notably, *B. terricola*, listed as “Special Concern” under the *Species at Risk Act*, was identified at all field sites, further underlining the ecological value of these unique hemlock-dominated ecosystems. We plan to compare diversity, abundance, and species assemblages between treated and untreated stands and between sample years in treated (pre- vs. post-treatment) and untreated controls.

### Effets de l'imidaclopride utilisée dans la lutte contre le puceron lanigère de la pruche (*Adèles tsugae*) sur les communautés de pollinisateurs non ciblées dans les forêts de pruche du Canada (*Tsuga canadiens*) du sud-ouest de la Nouvelle-Écosse

### Résumé

Le puceron lanigère de la pruche (*Adelges tsugae*) est un insecte nuisible envahissant qui menace la pruche du Canada (*Tsuga canadensis*) ainsi que des forêts anciennes importantes sur le plan écologique en Nouvelle-Écosse. Aux États-Unis, les effets d'*A. tsugae* sont contrôlés au moyen du néonicotinoïde imidaclopride, qui est appliqué par arrosage du sol ou pulvérisation de l'écorce basilaire. De nombreuses recherches ont eu lieu sur les effets de l'imidaclopride sur les pollinisateurs non ciblés de la famille des abeilles dans les écosystèmes agricoles, mais très peu dans les écosystèmes forestiers. Nous évaluons les effets non intentionnels des pulvérisations d'imidaclopride de l'écorce basilaire sur deux groupes de pollinisateurs, soit les abeilles (Hymenoptera: Apoidea: Anthophila) et les syrphides (Diptera: Syrphidae) dans les forêts de pruche. Nous avons établi quatre parcelles d'étude dans le sud-ouest de la Nouvelle-Écosse en 2021 et prélevé des échantillons des communautés de pollinisateurs dans des peuplements traités et des peuplements non traités au moyen de pièges à plateau, de pièges à ailettes bleus et de filets

faucheurs pendant deux ans en 2021 et en 2022. Du pollen et de la matière végétale ont été prélevés sur les sites traités, puis examinés pour vérifier les résidus d'imidaclopride et de ses métabolites afin de quantifier l'exposition potentielle des pollinisateurs. Au total, nous avons recueilli 561 spécimens (366 syrphides et 195 abeilles) en 2021 et 918 spécimens (565 syrphides et 353 abeilles) en 2022. Les résultats préliminaires montrent que les bourdons (*Bombus*) forment le groupe d'abeilles le plus abondant (77 %) dans ces peuplements. En particulier, nous avons trouvé *B. terricola*, espèce incluse dans la liste des espèces préoccupantes de la *Species at Risk Act*, dans toutes les parcelles d'étude, ce qui illustre encore davantage la valeur écologique de ces écosystèmes dominés par la pruche, qui sont uniques. Nous avons l'intention de comparer la diversité, l'abondance et les assemblages d'espèces entre les peuplements traités et les peuplements non traités, et entre les années de prélèvement dans les parcelles traitées (avant et après les traitements) et les parcelles témoins non traitées.

## What drives insect herbivory patterns in a sugar maple forest? Vertical stratification effects on bottom-up pressures on insect defoliators

Mahsa Hakimara, Colette Ethier, Isabel Fournier, Emma Despland

Concordia University

### Abstract

The decline of Sugar Maple (*Acer saccharum*) forests in Quebec accentuates the importance of studying herbivorous insects as a driving force in forest ecosystems. In this regard, we aim first to evaluate the extent to which herbivores may contribute to this decline and second to document insect biodiversity supported by maples that could be threatened by this forest degradation. For these purposes, we monitored a total of twelve sugar maple trees within the sugar maple dominated forest in southern Quebec, to investigate the patterns of herbivores in a vertical stratification from understory to canopy. Three sampling sessions occurred in the summers of 2020 and 2021. Temperature, relative humidity and sun exposure were recorded and leaf quality was assessed in 3 strata (sun canopy, shade canopy and understory) of each tree. The rate of herbivory was quantified through leaf damage analysis, specifically focusing on affected surface percentage and damage type. Overall herbivory damage on sugar maple decreased moving up from the understory to the shade canopy and sun canopy in 2020 but showed no vertical pattern in the following year. Among the different insect guilds studied, the damage inflicted by leaf cutters and leaf skeletonisers followed the same pattern of decrease with rising height in the canopy in both years of the study, as did damage by leaf stipplers and leaf blotch miners in 2020. This trend is likely explained by the increase in light intensity and leaf thickness moving from understory to the sun canopy level, making leaves harder for herbivores to feed on.

### Résumé

Le déclin des forêts d'érables à sucre (*Acer saccharum*) au Québec accentue l'importance d'étudier les insectes herbivores comme une force motrice dans les écosystèmes forestiers. À cet égard, nous visons d'abord à évaluer dans quelle mesure les herbivores peuvent contribuer à ce déclin et ensuite à documenter la biodiversité des insectes supportés par les érables qui pourraient être menacés par ce déclin. À ces fins, nous avons suivi un total de douze érables à sucre dans la forêt dominée par l'érable à sucre dans le sud du Québec, afin d'étudier les motifs herbivores dans une stratification verticale du sous-étage à la canopée. Trois séances d'échantillonnage ont eu lieu au cours des étés 2020 et 2021. La température, l'humidité relative et l'exposition au soleil ont été enregistrées et la qualité des feuilles a été évaluée dans 3 strates (canopée exposée au soleil, canopée ombragée et sous-étage) de chaque arbre. Le taux d'herbivorie a été quantifié par l'analyse des dommages foliaires, en se concentrant spécifiquement sur le pourcentage de surface affectée et le type de dommage. Dans l'ensemble, les dommages causés par les herbivores sur l'érable à sucre ont diminué avec une tendance verticale à partir du sous-étage à la canopée ombragée et la canopée exposée au soleil en 2020, mais n'ont montré aucune tendance verticale l'année suivante. Parmi les différentes guildes d'insectes étudiées, les dommages infligés par les coupeurs de feuilles et les squeletteurs de feuilles ont suivi le même motif de diminution avec l'élévation de la canopée au cours des deux années de l'étude, tout comme les dommages causés par les pointillés de feuilles et les mineurs de tâches foliaires en 2020. Cette tendance s'explique probablement par l'augmentation de l'intensité lumineuse et de l'épaisseur des feuilles passant du sous-

étage à la canopée exposée au soleil, ce qui rend les feuilles plus difficiles d'accès comme source de nourriture pour les herbivores.

**Forest Health and Valent BioSciences**

*Maria Dombrowsky*

Valent Biosciences Canada (Corporate Sponsor)

## **Improving monitoring tools to detect mountain pine beetle at low and high densities in novel habitats: investigating the role of fungal volatiles in beetle attraction**

*Nadir Erbilgin*

Department of Renewable Resources. University of Alberta. Edmonton (Alberta) Canada

### **Summary**

Bark beetles maintain symbiotic associations with a diversity of microbial organisms including ophiostomatoid fungi. Studies have frequently reported the role of ophiostomatoid fungi in bark beetle biology, but how fungal symbionts interact with host chemical defenses is still not clear. We first investigated how inoculations by three fungal symbionts of mountain pine beetle affect the terpene chemistry of live lodgepole pine trees. We then conducted a complimentary laboratory experiment specifically measuring the host metabolite degradation process by fungi and collecting fungal organic volatiles following inoculations with the same fungal species on lodgepole pine logs. In both field and laboratory experiments, we analyzed infected tissues for their terpene chemistry. Finally, we conducted an olfactometer assay to determine whether adult beetles respond to the volatile organic chemicals emitted from three fungi. We found that all three fungi caused the upregulation of terpenes as early as two weeks after inoculations. Similarly, oxygenated monoterpene concentrations also increased several folds following inoculations. A large percentage of adult beetles tested showed strong attraction towards *G. clavigera* or *O. montium*. Together this study showed that fungal symbionts can alter host defense chemistry, assist beetles in overcoming metabolite toxicity, and provide possible chemical cues for bark beetle attraction.

### **Améliorer les outils de surveillance pour détecter le dendroctone du pin ponderosa à de faibles et à de fortes densités dans de nouveaux habitats : investiguer le rôle des composés volatils fongiques dans l'attraction de ce scolyte**

### **Résumé**

Les scolytes forment des associations symbiotiques avec divers organismes microbiens, y compris les champignons ophiostomatoïdes. Les études font souvent état du rôle des champignons ophiostomatoïdes dans la biologie des scolytes, mais le mode d'interaction entre les symbiotes fongiques et les défenses chimiques de l'hôte n'est toujours pas clair. Nous avons d'abord examiné comment l'inoculation du dendroctone du pin ponderosa avec trois symbiotes fongiques affectait la composition chimique des terpènes des pins tordus latifoliés vivants. Nous avons ensuite effectué une expérience complémentaire en laboratoire pour mesurer le processus de dégradation des métabolites de l'hôte par les champignons en recueillant des composés organiques fongiques suivant l'inoculation de billes de pin tordu latifolié avec les mêmes espèces fongiques. Tant dans les expériences sur le terrain qu'en laboratoire, nous avons analysé la composition chimique des terpènes de tissus infectés. Enfin, nous avons effectué un essai biologique par olfactomètre pour déterminer si les insectes adultes réagissaient aux composés organiques volatils émis par les trois champignons. Nous avons constaté que les trois champignons avaient causé une régulation à la hausse des terpènes dès deux semaines après les inoculations. De plus, les concentrations de monoterpènes oxygénés se sont multipliées suivant les inoculations. Un pourcentage élevé des scolytes adultes étudiés ont manifesté une forte attraction envers *G. clavigera* et *O. montium*. Les résultats de l'étude montrent que les symbiotes fongiques peuvent modifier les défenses chimiques de l'hôte, aider les scolytes à surmonter la toxicité des métabolites et peut-être fournir des indices chimiques de l'attraction des scolytes.

## **Monitoring mountain pine beetle activity at low population densities using tree baiting and remote sensing**

*Devin Goodsmann*

Canadian Forest Service, Northern Forestry Centre

### **Abstract**

Early detection of pine mortality as a result of mountain pine beetle infestation is of critical importance to effective management of this forest insect because early intervention necessary to slow or stop spreading outbreaks. Early detection of trees that have been killed by mountain pine beetles is difficult because the foliage of killed trees does not fade visibly to red until one year after the tree has already been killed. By this time the beetles that killed the tree with red foliage have already emerged and attacked new trees. For decades, remote sensing specialists have tried to develop methods to detect green mountain pine beetle attacked trees without success. However, with the proliferation of unmanned aerial vehicles, high quality imaging devices, and advanced software, the prospects of developing a reliable approach to detection of green attacked trees are continuously increasing. Our novel approach is to look for a thermographic signature of tree death in the infrared spectrum, which we believe will be detectable before any visible signs of tree stress. We have now taken several steps towards testing our approach. Specifically, last year (2021) with the help of forest officers at Alberta Agriculture Forestry and Rural Economic Development we have located a site with green mountain pine beetle attacked trees. We flew our unmanned aerial vehicle over the site and captured imagery in visible and infrared spectra. With the help of Rory McIntosh, this year (2022), we located green attacked trees in Cypress Hills inter-Provincial Park (Sk) and captured imagery of 32 green attacked trees near pheromone bait sites. In addition, through our collaboration with Nadir Erbilgin (U of A), we also established a large experimental study in which we girdled over 130 trees near Cynthia, Alberta. We have conducted weekly flights throughout the summer to detect changes at the Cynthia experimental site. We are currently analyzing the large data-sets we have collected throughout this past summer.

### **Surveillance de l'activité du dendroctone du pin ponderosa à faibles densités de population au moyen d'arbres pièges appâtés et de la télédétection**

#### **Résumé**

La détection précoce de la mortalité des pins à la suite d'une infestation par le dendroctone du pin ponderosa est d'une importance cruciale pour assurer une gestion efficace de cet insecte forestier; en effet, une intervention précoce s'impose si l'on veut ralentir ou arrêter la propagation des épidémies. La détection précoce des arbres tués par le dendroctone du pin ponderosa est difficile, car le feuillage des arbres atteints ne vire visiblement au rouge qu'un an après la mort de l'arbre. Entre-temps, les coléoptères qui ont tué l'arbre dont le feuillage a viré au rouge ont déjà émergé et attaqué d'autres arbres. Pendant des décennies, les spécialistes de la télédétection ont tenté sans succès de mettre au point des méthodes pour repérer les arbres attaqués par le dendroctone du pin ponderosa. Or, avec la prolifération des véhicules aériens sans pilote et grâce à la qualité des dispositifs d'imagerie et aux avancées logicielles, les possibilités de développer une approche fiable pour la détection des arbres attaqués encore verts sont de plus en plus grandes. Notre approche novatrice consiste à rechercher une signature thermographique de la mort de l'arbre dans le spectre infrarouge, qui, selon nous, sera détectable avant tout signe visible



de stress chez l'arbre. Nous avons maintenant accompli plusieurs étapes en vue de mettre notre approche à l'essai. En particulier, l'année dernière (2021), avec l'aide d'agents forestiers du ministère de l'Agriculture, des Forêts et du Développement économique rural de l'Alberta, nous avons repéré un site avec des arbres verts attaqués par le dendroctone du pin ponderosa. Nous avons fait voler notre véhicule aérien sans pilote au-dessus du site et capturé des images dans les spectres visible et infrarouge. Avec l'aide de Rory McIntosh, nous avons cette année (2022) repéré des arbres verts attaqués dans le parc interprovincial Cypress Hills (Sask.) et capturé des images de 32 arbres verts attaqués à proximité de sites comportant des diffuseurs de phéromones. De plus, grâce à notre collaboration avec Nadir Erbilgin (Université de l'Alberta), nous avons également mis en place une vaste étude expérimentale consistant à anneler plus de 130 arbres près de Cynthia, en Alberta. Nous avons effectué des vols hebdomadaires tout au long de l'été pour détecter les changements au site expérimental près de Cynthia, en Alberta. Nous procédons actuellement à l'analyse des grands ensembles de données que nous avons recueillis au cours de l'été dernier.

**Mountain Pine Beetle in New and Changing Climates:  
Will Warm Prairie Boreal Summers lead to a Maladapted Life Cycle?**

*Kathy Bleiker and Greg Smith*

Canadian Forest Service

**Abstract**

MPB needs to maintain a synchronous, one-year adaptive life cycle to spread through the southern Prairie boreal forest. The southern Prairie boreal is much warmer than MPB needs to complete one generation (~20% warmer in west-central AB; 40-50% in SK and MB). MPB can maintain a one-year life cycle under current conditions in west-central AB, but it is likely close to its threshold based on past observations. The southern boreal through SK and MB is warmer than in AB and temperatures are expected to increase with a changing climate across the region during the next two decades. MPB could be pushed into a fractional life cycle of less than one year in some regions or years, which would limit its ability to survive, outbreak, and spread east. Here, we report on progress in the first year of a four-year study examining the regulation of MPB's life cycle and conditions that will lead to a maladaptive life cycle.

Le DPP doit maintenir un cycle de vie adaptatif synchrone d'un an pour se propager dans la forêt boréale du sud des Prairies. La forêt boréale du sud des Prairies est beaucoup plus chaude que ce dont le dendroctone du pin ponderosa a besoin pour compléter une génération (~20 % plus chaud dans le centre-ouest de l'Alberta ; 40-50 % en Saskatchewan et au Manitoba). Le dendroctone du pin ponderosa peut maintenir un cycle de vie d'un an dans les conditions actuelles dans le centre-ouest de l'Alberta, mais il est probablement près de son seuil selon les observations passées. Le sud de la région boréale, à travers la Saskatchewan et le Manitoba, est plus chaud que l'Alberta, et on s'attend à ce que les températures augmentent en raison du changement climatique dans toute la région au cours des deux prochaines décennies. Le DPP pourrait être poussé dans un cycle de vie fractionné de moins d'un an dans certaines régions ou années, ce qui limiterait sa capacité de survie, de pullulation et de propagation vers l'est. Nous présentons ici les progrès réalisés au cours de la première année d'une étude de quatre ans portant sur la régulation du cycle de vie du DPP et sur les conditions qui conduiront à un cycle de vie inadapté.

## Comparisons of *Btk* aerial spraying scenarios against the eastern spruce budworm, based on protection timing and intensity during a complete outbreak episode.

Alain Dupont<sup>1</sup>, Richard Berthiaume<sup>1</sup>, Éric Bauce<sup>2</sup>, Alvaro Fuentealba Morales<sup>2</sup>, Christian Hébert<sup>3</sup> and Catherine Henry<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Société de protection des forêts contre les insectes et maladies, 1780 Semple, Quebec City (QC) G1N 4B8

<sup>2</sup> Consortium iFOR, Université Laval, Pavillon Abitibi-Price, 2405 de la Terrasse, Quebec City (QC) G1V 0A6

<sup>3</sup> Canadian Forest Service, Laurentian Forestry Centre, 1055 du P.E.P.S., Quebec City (QC) G1V 4C7

### Abstract

Large-scale aerial spraying operations against the spruce budworm (*Choristoneura fumiferana* Clem.) with the biological insecticide *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* (*Btk*), aims at maintaining trees alive during outbreak episodes. This goal is usually achieved when  $\geq 50\%$  of current-year foliage is preserved. However, it is unknown if this standard approach used in Quebec province is always justified, or if less frequent interventions can provide similar results at a lower cost. We conducted between 2010 and 2022 field experiments in Quebec's North Shore region to determine the efficacy of five different protection scenarios in protecting balsam fir [*Abies balsamea* (L.) Mill.], white spruce [*Picea glauca* (Moench) Voss], and black spruce [*Picea mariana* (Mill.) BSP] mixed stands. We hypothesized that less frequent *Btk* applications can provide an adequate level of protection. After thirteen years of significant defoliation, and eleven years of intervention with *Btk*, our results show a clear effect of protection scenarios on host tree species mortality caused by the eastern spruce budworm. As the protection intensity decreases, the volume of dead balsam fir increases (0% to 72%). Moreover, balsam fir mortality remains higher than spruce trees. At this stage of the outbreak, our observations suggest that balsam fir stands could be treated every 2 years, and white spruce every 3 years without significant mortality level (6,7% and 1,3%, respectively), instead of the standard approach (1,6% and 0,0%, respectively). Based on this study, it is possible to apply the required protection level on a greater forested area at a comparable cost and optimize the benefits of *Btk* spraying programs related to production objectives.

### Résumé

Les pulvérisations aériennes d'insecticide biologique (*Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*) sur de vastes superficies infestées par la tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana* Clem.), visent à maintenir les arbres vivants jusqu'à la fin de l'épidémie. Cet objectif est normalement atteint lorsque  $\geq 50\%$  du feuillage annuel est maintenu. Toutefois, on ignore si l'approche standard utilisée au Québec demeure toujours justifiée ou si des interventions moins fréquentes permettraient d'obtenir des résultats similaires à moindre coût. Entre 2010 et 2021, nous avons réalisé une étude dans la région de la Côte-Nord du Québec, afin de comparer l'efficacité de cinq différents scénarios de protection dans des forêts composées de sapins baumiers [*Abies balsamea* (L.) Mill.], d'épinettes blanches [*Picea glauca* (Moench) Voss], et d'épinettes noires [*Picea mariana* (Mill.) BSP]. L'hypothèse de départ stipule que des applications moins fréquentes de *Btk* peuvent fournir un niveau de protection adéquat. Après treize années de défoliation marquée et onze ans d'intervention au *Btk*, les résultats démontrent un net effet des scénarios de protection sur la mortalité des essences hôtes causée par l'insecte. À mesure que l'intensité de la protection diminue, le volume de sapin mort augmente (0 à 72%). De plus, la mortalité du sapin baumier demeure plus élevée que celle des épinettes. À ce stade de l'épidémie, nos observations suggèrent que les peuplements de sapins baumiers pourraient être traités aux 2 ans, tandis que les forêts d'épinettes

blanches aux 3 ans sans subir une mortalité significative (6,7% et 1,3%, respectivement), plutôt que de maintenir l'approche actuelle (1,6% et 0,0%, respectivement). D'après les résultats obtenus jusqu'à maintenant, il semble possible d'appliquer la protection requise sur une plus vaste superficie à un coût similaire, afin d'optimiser les retombées des programmes de pulvérisations de *Btk* en fonction des objectifs de production.

## **Uncontrolled vs controlled Spruce Budworm (SBW) populations with increasing intensity of *Btk* applications: impact on non-target Lepidoptera, SBW parasitism and overall arthropod diversity**

*Christian Hébert<sup>1</sup>, Nicolas Bédard<sup>1,2</sup>, Pierrick Bloin<sup>1</sup>, Jean-Michel Béland<sup>1</sup> and David Pothier<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, 1055, du P.E.P.S., P.O. box 10380, Succ. Sainte-Foy, Québec, QC, Canada, G1V 4C7

<sup>2</sup> Université Laval, Département des sciences du bois et de la forêt, Pavillon Abitibi-Price, 2405 rue de la Terrasse, Québec, QC, Canada, G1V 0A6

### **Abstract**

The impact of five *Btk* spray scenarios, applied since 2010 to control the spruce budworm (SBW) on the Côte-Nord region in Quebec, has been assessed on non-target moths, budworm parasitism, and beetle diversity since summer 2020. Preliminary results show variable responses in moth abundance in 2021 and 2022, influenced by strong variations in SBW populations and corresponding changes in operational decisions regarding *Btk* applications. Parasitism of late-instar larvae was significantly lower in stands in which *Btk* was intensively applied, but the reverse was true for parasitism of pupae, which reached around 50% in stands intensively protected with *Btk*. Abundance and richness of carabid beetles did not vary according to *Btk* spray scenarios, but Shannon and Simpson diversity indices were significantly lower in slightly protected or unprotected experimental units, in which tree mortality was important. A similar trend was observed in the abundance of Staphylinidae, the richest family of epigeal beetles. Finally, as expected, saproxylic insects increased in control stands but not in stands that received *Btk* sprays, even if tree mortality occurred partially. The detailed interpretation of these results will require considering not only the 5 treatments but also each year specifically, as *Btk* applications may or may not have been done in every 2- or 3-years treatments. Moreover, as it is an operational field experiment, *Btk* application vary according to SBW populations, complicating analysis, as we began to see in 2022.

### **Résumé**

L'impact de cinq scénarios de pulvérisation de *Btk*, appliqués depuis 2010 pour contrôler la tordeuse des bourgeons de l'épinette (TBE) sur la Côte-Nord au Québec, est évalué depuis l'été 2020 sur les papillons non visés, le parasitisme de la TBE et la diversité des coléoptères. Les résultats préliminaires montrent des réponses variables dans l'abondance des lépidoptères en 2021 et 2022, influencées par de fortes variations dans les populations de TBE et les changements qui en découlent dans les décisions opérationnelles d'applications de *Btk*. Le parasitisme des larves de dernier stade était significativement plus bas dans les peuplements protégés intensivement avec le *Btk* mais le contraire a été observé pour le parasitisme des chrysalides, qui a atteint des taux avoisinant les 50% dans les peuplements où le *Btk* avait été appliqué de manière intensive. L'abondance et la richesse des carabes n'ont pas varié en fonction des scénarios d'application de *Btk*, mais les indices de diversité de Shannon et Simpson étaient significativement plus bas dans les unités expérimentales peu ou pas protégées, dans lesquelles la mortalité des arbres est importante. Une tendance similaire a été observée dans l'abondance des Staphylinidae, la famille la plus riche de coléoptères épigés. Enfin, comme prévu, les insectes saproxyliques ont augmenté dans les peuplements témoins mais pas dans les peuplements ayant reçu des pulvérisations de *Btk*, même si la mortalité des arbres s'est produite partiellement. L'interprétation détaillée de ces résultats nécessitera de considérer non seulement les 5 traitements mais aussi chaque année spécifiquement car le *Btk* peut avoir été appliqué ou non, à tous les 2 ou 3 ans. De plus, comme il s'agit d'une expérience opérationnelle sur le terrain, l'application de *Btk* varie en fonction des niveaux de population de TBE, ce qui complique l'analyse, tel que nous avons commencé à le voir en 2022.

## Enhancing the efficacy of Btk against spruce budworm with RNA interference

Veronique Levesque-Tremblay, Catherine Beliveau, Etienne Grenier, Michel Cusson\*, and Christopher I. Keeling\*

Laurentian Forestry Centre, Canadian Forest Service, Natural Resources Canada

\*christopher.keeling@canada.ca/michel.cusson@canada.ca (For all questions)

### Abstract

Spruce budworm (SBW) is a major pest of several conifer species in Canada. Although there are control products for this pest, principally the biocontrol agent *Bacillus thuringiensis* serotype kurstaki (Btk), most are not species-specific. Recent evidence suggests that we might see SBW resistance to Btk in the future. Developing new pest management tools, or enhancing the efficacy of existing tools, will ensure that we can manage this insect in the long-term. The objective of this project was to develop an RNA interference (RNAi) based biocontrol agent to enhance Btk spray products for SBW. RNAi is a method of disrupting the expression of specific genes in an organism by exposing it to double-stranded RNA (dsRNA) for one or more of its genes. We identified genes in SBW orthologous to genes in other insects known to be effective RNAi targets. We then prepared target SBW dsRNAs using *in vitro* and *in vivo* methods and challenged larvae with these dsRNA using injection, droplet-feeding, or addition to artificial diet. We also examined the use of carbon quantum dots to encapsulate dsRNA for dropletfeeding assays. Although we saw some evidence of transcript reduction due to dsRNA, further research is needed to obtain a robust RNAi response in SBW.

### Résumé

La tordeuse des bourgeons de l'épinette (TBE) est un ravageur majeur de plusieurs espèces de conifères au Canada. Bien qu'il existe des produits de lutte contre ce ravageur, principalement l'agent de lutte biologique *Bacillus thuringiensis* serotype kurstaki (Btk), la plupart ne sont pas spécifiques à l'espèce. Des données récentes indiquent que la TBE affiche un potentiel non négligeable de développement de résistance au Btk. L'élaboration de nouveaux outils de lutte antiparasitaire, ou l'amélioration de l'efficacité des outils existants, nous permettra de lutter plus efficacement contre cet insecte à long terme. L'objectif de ce projet est de développer un agent de lutte biologique basé sur l'interférence par ARN (ARNi) pour améliorer les produits d'épandage de Btk ciblant la TBE. L'ARNi est une méthode permettant de perturber l'expression de gènes spécifiques à un organisme en l'exposant à un ARN double brin (ARNdb) ciblant un ou plusieurs de ses gènes. Nous avons identifié des gènes chez la TBE orthologues à des gènes d'autres insectes connus pour être des cibles d'ARNi efficaces. Nous avons ensuite préparé des ARNdb spécifiques ciblant la TBE en utilisant des méthodes *in vitro* et *in vivo*, puis nous avons administré ces ARNdb aux larves de TBE, soit par injection, alimentation par gouttelettes ou ajout à un régime artificiel. Nous avons également examiné l'utilisation de points quantiques de carbone pour encapsuler l'ARNdb lors des essais d'alimentation en gouttelettes. Bien que nous ayons vu des preuves de réduction de la transcription due à l'ARNdb, des recherches supplémentaires sont nécessaires pour obtenir une réponse ARNi robuste chez la TBE.

## Overwintering thermal means and extremes as components of spruce budworm performance and survival in management strategies

*Joe Bowden and Eric Moise (contact person)*

NRCan-CFS (AFC-Cornerbrook)

### Abstract

The Early Intervention Strategy aims to mitigate the current spruce budworm outbreak by treating rising population “hotspots” to limit spread via moth dispersal. Identifying these hotspots relies on fall forecasts of second instar (L2) spruce budworm densities, a process that assumes overwintering mortality is equal across all sample sites. However, influential factors such as temperature vary greatly in space and time. Likewise, extreme winter events such as cold snaps and meltouts have substantial influence on insect performance. Given that climate change is likely to increase both the variability and magnitude of thermal conditions, optimizing management strategies requires a better understanding of temperature impacts on spruce budworm overwintering dynamics under current and future environmental scenarios.

To test whether increasing average ambient temperatures drive overwintering performance and survival of SBW populations, in late-fall 2020 we deployed pre-diapause sentinel L2 budworm at a series of field sites across an elevational gradients (~500 m). Samples were retrieved in April 2021 and transported to the lab for rearing. Secondly, to test whether acute, extreme warming events impact insect performance, we conducted 3 different lab assays. 1) Timing Experiment: we subjected spruce budworm to a 10°C warm up event for 24 hours during early-, mid-, or late-diapause; 2) Intensity X Duration Experiment: we subjected spruce budworm to 1 of 4 warming intensities (5, 10, 15 and 20°C) for 1 of 4 durations (6, 12, 24, and 48 hours). This assay was conducted during early dormancy which we observed in the Timing Experiment was when spruce budworm were most sensitive to thermal variability; 3) Frequency Experiment: We subjected spruce budworm to either a low, medium or high frequency of a warming event (3, 6 or 9 bouts of 10°C for 24 hours, respectively).

In the field experiment, elevation had a significant impact on both emergence and development time, which both increased for budworm overwintered at higher elevations. Elevation also had a significant, positive influence on survival to the adult moth stage. In the Timing Experiment, exposure to warming earlier during dormancy resulted in significantly longer emergence time as well as reduced survival relative to later exposure. In the Intensity X Duration experiment, development time until pupation increased significantly in response to both increased warming duration and intensity. Moreover, we found that increased warming significantly reduced spruce budworm fat reserves. In the Frequency Experiment, spruce budworm mortality was universally high across all treatment levels (>80%), and future assays are required to determine whether this is an experimental artifact or a realistic effect of multiple warming bouts.

Overall, our data suggest that both ambient overwinter temperatures as well as acute warm up events can influence spruce budworm performance. In the field experiment, it is likely that faster emergence and development were driven by warmer temperatures experienced at low elevation towards late dormancy (i.e. quiescence), which likely functioned to stimulate metabolism. However, net impacts of warming were likely negative as survival was increased at higher elevations. This is further supported by the negative impacts of warm up events on budworm in the Intensity X Duration assay. Although the impacts of increased temperatures are largely anticipated to promote insect performance during the active season (e.g. faster development, increased host stress and susceptibility), climate change will be disproportionately magnified over the dormancy period, and negative impacts of warming on insect

overwinter performance could temper net benefits to spruce budworm. Moreover, temporal context matters, with negative impacts more likely to occur when warming is experienced earlier in dormancy.

## Résumé

La Stratégie d'intervention précoce vise à atténuer l'infestation actuelle de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (TBE) en traitant les « points chauds » où la population est en croissance afin de limiter la propagation de l'infestation par la dispersion des papillons. La détermination de ces points chauds s'appuie sur les prévisions automnales des densités de chenilles au deuxième stade (L2), un processus qui suppose que la mortalité pendant l'hivernage est la même dans tous les sites d'échantillonnage. Toutefois, les facteurs d'influence comme la température varient considérablement dans l'espace et dans le temps. De même, les épisodes hivernaux extrêmes, comme les vagues de froid et les épisodes de fonte, exercent une influence considérable sur la performance des insectes. Étant donné que les changements climatiques sont susceptibles d'accroître la variabilité et l'intensité des conditions thermiques, il est nécessaire de mieux comprendre les effets de la température sur la dynamique de l'hivernage de la tordeuse des bourgeons de l'épinette dans des scénarios environnementaux actuels et futurs afin d'optimiser les stratégies de gestion.

Pour déterminer si l'augmentation des températures ambiantes moyennes favorise la performance et la survie des populations de TBE pendant l'hivernage, nous avons déployé à la fin de l'automne 2020 des chenilles sentinelles au stade L2 avant la diapause dans une série de sites le long d'un gradient d'altitude (~ 500 m). Les échantillons ont été récupérés en avril 2021 et transportés au laboratoire pour y être élevés. Ensuite, pour vérifier si les épisodes intenses et extrêmes de réchauffement agissent sur la performance des insectes, nous avons effectué trois différentes expériences en laboratoire. 1) Expérience sur le moment : nous avons exposé la tordeuse des bourgeons de l'épinette à un épisode de réchauffement de 10 °C pendant 24 heures au début, au milieu et à la fin de la diapause; 2) expérience « intensité X durée » : nous avons exposé la tordeuse des bourgeons de l'épinette à 1 de 4 intensités de réchauffement (5, 10, 15 et 20 °C) pendant 1 de 4 durées (6, 12, 24 et 48 heures). Cette expérience a été effectuée au début de la période de dormance qui, selon ce que nous avons observé dans l'expérience sur le moment, était la période où la tordeuse des bourgeons de l'épinette était la plus sensible à la variabilité thermique; 3) expérience sur la fréquence : nous avons exposé la tordeuse des bourgeons de l'épinette à une fréquence faible, moyenne ou élevée d'un épisode de réchauffement (3, 6 ou 9 épisodes de réchauffement de 10 °C pour 24 heures, respectivement).

Dans une expérience sur le terrain, l'altitude avait un effet significatif tant sur le temps d'émergence que sur le temps de développement, qui étaient plus longs chez les tordeuses ayant hiverné à des altitudes plus élevées. L'altitude avait également un effet positif significatif sur la survie jusqu'au stade de papillon adulte. Dans l'expérience sur le moment, l'exposition au réchauffement tôt dans la période de dormance a donné lieu à un temps d'émergence considérablement plus long ainsi qu'à un taux de survie réduit par rapport à l'exposition tardive. Dans l'expérience « intensité X durée », le temps de développement jusqu'à la nymphose augmentait de façon significative en fonction de l'accroissement tant de la durée que de l'intensité du réchauffement. De plus, nous avons observé qu'un réchauffement accru réduit de façon significative les réserves de gras de la TBE. Dans l'expérience sur la fréquence, le taux de mortalité de la tordeuse des bourgeons de l'épinette a été universellement élevé pour tous les niveaux de traitement (> 80 %), et d'autres expériences sont nécessaires pour déterminer s'il s'agit d'un artéfact de l'expérience ou d'un effet réaliste de plusieurs épisodes de réchauffement.

Globalement, nos données indiquent que les températures d'hivernage ambiantes de même que les épisodes de réchauffement intense peuvent avoir une incidence sur la performance de la TBE. En ce qui concerne l'expérience sur le terrain, il est probable que l'émergence et le développement plus rapides



aient été favorisés par les températures plus élevées auxquelles les larves à faible altitude sont soumises vers la fin de la période de dormance (c.-à-d. la quiescence), températures qui auraient stimulé leur métabolisme. Cependant, l'effet net du réchauffement semble avoir été négatif, puisque la survie était meilleure à des altitudes plus élevées. Cette constatation est corroborée par l'impact négatif des épisodes de réchauffement sur la tordeuse dans l'expérience « intensité X durée ». Bien qu'il soit généralement prévu que les températures plus élevées favoriseront la performance des insectes au cours de la période d'activité (p. ex. développement plus rapide, hausse du stress et de la vulnérabilité des hôtes), les changements climatiques se produiront de manière disproportionnée au cours de la période de dormance, et l'impact négatif du réchauffement sur la performance des insectes pendant l'hivernage pourrait atténuer ses avantages nets pour la TBE. En outre, le contexte temporel est important; les répercussions négatives sont plus susceptibles de se produire lorsque le réchauffement a lieu plus tôt dans la période de dormance.

## Northward range expansion and mortality of boreal black spruce to spruce budworm defoliation under climate change

*Deepa Pureswaran<sup>1</sup>, Stephane Bourassa<sup>2</sup>, Eric Moise<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>CFS-AFC

<sup>2</sup>CFS-LFC

### **Abstract**

We are sampling spruce budworm disturbance and ecosystem impacts in the northern limits of its range. We are sampling a transect that runs 600 km north of Baie-Comeau, the northern most parts of which extend beyond provincial aerial survey routes. In 2021, moth captures averaged around 1000 at all sites, including our northernmost site (km 568), however, there were very few L2s nor L4s observed on sampled branches. Defoliation was estimated to be below 15% on both spruce and fir at all sites. Moth dispersal, defoliation and larval densities have dropped and could be part of secondary fluctuations that occur during the outbreak cycle due to local resource depletion.

### **Résumé**

Nous échantillons l'épidémie de la tordeuse des bourgeons d'épinette et les impacts sur l'écosystème à sa limite nordique. Nous avons un transecte jusqu'à 600 km nord de Baie-Comeau, plus au nord que les routes des vols aérienne. En 2021, nous avons récolté moins que 1000 papillons partout incluant à km 568, mais peu de L2 ni de L4. La défoliation est estimée autour de 15% dans tous les sites. La dispersion des papillons, la défoliation et la densité des larves ont baissé et pourraient être partie des fluctuations secondaires pendant l'épidémie à cause de la diminution des ressources.

## Environmental drivers of parasitoid dynamics for a major forest insect pest during a management program

Dr. Joe Bowden, Dr. Eric Moise, Martin Williams  
NRCan-CFS-AFC

### Abstract

Natural enemies have significant influence over pest insect population dynamics, and thus understanding them is key to effective insect pest management. Indeed, current management strategies for the control of irruptive forest defoliators, namely the spruce budworm (*Choristoneura fumiferana*, Clemens) are founded on the principle that natural enemies contribute significantly to spruce budworm mortality. Whereas the current strategy for spruce budworm management is novel, there is a dearth of empirical data on how important groups, critical to the maintenance of SBW populations (i.e., natural enemies), differ between non-treatment and treatment scenarios. This is compounded with the fact that natural enemy assemblages can differ between forest types and across climatic gradients such as elevation. Understanding how these environmental drivers influence the contribution of natural enemies to the suppression of SBW may significantly benefit management decisions for pest treatment programs.

During 2022, we established a series of experimental field sites 1) at high and low elevation, 2) in forests of differing composition (softwood monoculture vs. hardwood-softwood mix) stands and 3) in treated and untreated stands (w/ *Btk*). We collected spruce budworm samples from at least three replicate sites of each treatment type and used a molecular diagnostic approach and rearing to compare how these factors influence natural enemy attack.

We collected and analysed a total of 553 L4s and 519 L6s via the molecular approach and detected parasitism rates of  $5.2 \pm 1.1\%$  and  $3.7 \pm 0.87\%$  per site in L4s and L6s, respectively. We also reared 719 spruce budworm pupae which yielded a mean of  $9 \pm 1.7\%$  parasitism per site with an average of 9.7% in controls and 12.9% in treatments. This is similar to the results from a subset of pupae analysed by the molecular approach in which we found a mean parasitism rate of 13.5% overall.

While we expected a more diverse parasitoid assemblage in mixed stands, we detected no significant difference in parasitism rates between coniferous and mixed stands. However, future barcoding to identify the taxonomic identity of the parasitoids might result in differing species assemblages between these 2 forest types. Although rates were slightly higher in treated stands, we found no significant difference between control and *Btk* treated stands, indicating that additive mortality is likely being achieved in treated stands. We did find that parasitism rates were significantly lower at high elevation suggesting that, like spruce budworm themselves, abiotic effects or related host availability, can significantly influence parasitism rates.

### Résumé

Les ennemis naturels ont une influence significative sur la dynamique des populations d'insectes nuisibles, et leur compréhension est donc essentielle pour une gestion efficace. En effet, les stratégies de gestion actuelles pour le contrôle des défoliateurs forestiers irruptifs, à savoir la tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana*, Clemens) sont fondées sur le principe que les ennemis naturels contribuent de manière significative à la mortalité de la tordeuse des bourgeons de l'épinette. Alors que la stratégie actuelle de gestion de la tordeuse des bourgeons de l'épinette est nouvelle, il y a un manque de données empiriques sur la façon dont des groupes importants, essentiels au maintien des populations

de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (c'est-à-dire les ennemis naturels), diffèrent entre les scénarios de non-traitement et de traitement. Ceci est aggravé par le fait que les assemblages d'ennemis naturels peuvent différer entre les types de forêts et à travers les gradients climatiques tels que l'élévation. Comprendre comment ces facteurs environnementaux influencent la contribution des ennemis naturels à la suppression du SBW peut considérablement bénéficier aux décisions de gestion des programmes de traitement des ravageurs.

En 2022, nous avons établi une série de sites expérimentaux sur le terrain 1) à haute et basse élévation, 2) dans des forêts de composition différente (monoculture de conifères vs. mélange de feuillus et de conifères) et 3) dans des peuplements traités et non traités (avec *Btk*). Nous avons recueilli des échantillons de tordeuses des bourgeons de l'épinette dans au moins trois sites répétés de chaque type de traitement et avons utilisé une approche diagnostic moléculaire et d'élevage pour comparer comment ces facteurs influencent l'attaque par des ennemis naturels.

Nous avons collecté et analysé un total de 553 L4 et 519 L6 via l'approche moléculaire et avons détecté des taux de parasitisme de  $5,2 \pm 1,1\%$  et  $3,7 \pm 0,87\%$  par site dans les L4 et L6, respectivement. Nous avons également élevé 719 pupes de la tordeuse des bourgeons de l'épinette, ce qui a donné une moyenne de  $9 \pm 1,7\%$  de parasitisme par site avec une moyenne de 9,7 % dans les contrôles et de 12,9 % dans les traitements. Ces résultats sont similaires à ceux d'un sous-ensemble de pupes analysées par l'approche moléculaire, dans lequel nous avons trouvé un taux de parasitisme de 13,5 % dans l'ensemble.

Alors que nous nous attendions à un assemblage de parasitoïdes plus diversifié dans les peuplements mixtes, nous n'avons détecté aucune différence significative dans les taux de parasitisme entre les peuplements de conifères et les peuplements mixtes. Cependant, un futur codage à barres pour identifier l'identité taxonomique des parasitoïdes pourrait entraîner une différence au niveau des espèces entre ces 2 types de forêts. Bien que les taux soient légèrement plus élevés dans les peuplements traités, nous n'avons trouvé aucune différence significative entre les peuplements témoins et les peuplements traités au *Btk*, ce qui indique que la mortalité additive est probablement atteinte dans les peuplements traités. Nous avons constaté que les taux de parasitisme étaient significativement plus faibles à haute altitude, ce qui suggère que, comme pour la tordeuse des bourgeons de l'épinette, les effets abiotiques ou la disponibilité des hôtes peuvent influencer significativement les taux de parasitisme.

## Linking bud-insect phenology and hydraulic traits for improved forest protection during spruce budworm outbreaks

Annie Deslauriers

Université du Québec à Chicoutimi

### Abstract

Long-term spruce budworm leads to a continuous foliage loss until canopy transparency, gradually decreasing the ability of tree to transport water, while increasing soil water content. However, the relationships between site conditions and hydraulic traits explaining tree vulnerability and vitality under defoliation is poorly understood. In the perspective of stands dieback under defoliation and global warming, a better understanding of the physiological causes is necessary to better predict these events. The general objective of this research project is to determine the hydraulic resistance of balsam fir (*Abies balsamea*, L. Mill.), black spruce (*Picea mariana* B.P.S. (Mill.)), and white spruce (*Picea glauca* Moench, Voss) subjected to eastern spruce budworm (SBW, *Choristoneura fumiferana* (Clemens)) defoliation. The specific objective was to characterize physiological traits of three conifers under defoliation in contrasting soil drainage. We generated stem hydraulic vulnerability curves, determining water potential inducing a 50% loss of stem conductivity ( $P_{50}$ ) as the critical values corresponding to the threshold beyond which the plant increases the xylem dysfunction on water transport. For each species, we also calculated the hydraulic safety margin at different defoliation level as the window in which the plant can operate without hydraulic failure. We identified a significant effect of species and soil drainage on  $P_{50}$ , but no effect of the defoliation. However, the range of hydraulic safety margin was mainly explained by species and the defoliation of the previous two years. Black spruce remains the species with a higher resistance to xylem cavitation compared to other species. Balsam fir and white spruce experienced a positive but narrow hydraulic safety margin compared to black spruce, suggesting that biotic stress, such as a higher level of defoliation, can increase the risk of hydraulic failure and dieback.

### Résumé

La tordeuse des bourgeons de l'épinette entraîne à long terme une perte graduelle des aiguilles jusqu'à mener à la transparence de la canopée, diminuant graduellement la capacité de l'arbre à transporter l'eau, tout en augmentant la teneur en eau du sol. Les relations entre les conditions du site et les traits hydrauliques qui expliquent la vulnérabilité et la vitalité des arbres sous défoliation sont mal comprises. Dans l'optique d'un dépérissement du sapin baumier et des épinettes sous défoliation et éventuellement en combinaison avec le réchauffement climatique, une meilleure connaissance des causes affectant le dépérissement et la mortalité des espèces touchées est nécessaire. L'objectif général de ce projet de recherche était de déterminer la résistance hydraulique du sapin baumier (*Abies balsamea*, L. Mill.), de l'épinette noire (*Picea mariana* B.P.S. (Mill.)) et de l'épinette blanche (*Picea glauca* Moench, Voss) soumis à la défoliation de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (TBE, *Choristoneura fumiferana* (Clemens)). Les objectifs spécifiques étaient de caractériser les traits physiologiques de trois conifères sous défoliation dans des sols à drainage contrasté. Nous avons généré des courbes de vulnérabilité hydraulique de la tige, déterminant le potentiel hydrique induisant une perte de 50% de la conductivité de la tige ( $P_{50}$ ), considéré comme la valeur critique correspondant au seuil au-delà duquel un dysfonctionnement dans le transport de l'eau du xylème survient. Pour chaque espèce, nous avons également calculé la marge de sécurité hydraulique à différents niveaux de défoliation, où cette marge est considérée comme la fenêtre dans laquelle la plante peut fonctionner sans défaillance hydraulique du 3 xylème. Nous avons identifié un effet significatif des espèces et du drainage du sol sur le  $P_{50}$ , mais aucun effet de la défoliation. Cependant, la variation de la marge de sécurité hydraulique s'explique principalement par les espèces et la défoliation des deux années précédentes. L'épinette noire demeure l'espèce qui résiste le mieux à la cavitation du xylème par rapport

aux autres espèces. Le sapin baumier et l'épinette blanche ont une marge de sécurité hydraulique positive mais étroite par rapport à l'épinette noire, ce qui suggère que le stress biotique, tel qu'un niveau plus élevé de défoliation, peut augmenter le risque de défaillance hydraulique entraînant la mortalité.

## Climate change-mediated variation in diet for an outbreaking forest defoliator – examining direct effects and interactions with insect disease

Leah Flaherty

MacEwan University

The developmental phenology of forest defoliators and host trees is expected to advance with climate change, which can alter the phenological match between these species and ultimately forest defoliator diet. For example, spring egg hatch dates for forest tent caterpillar (FTC) (*Malacosoma disstria* Hübner) is expected to advance less significantly with warming than budbreak of its primary host, trembling aspen (*Populus tremuloides* Michx). This change in food resources can have direct effects on FTC but may also interact with natural enemies, including pathogens. We conducted two laboratory experiments to examine interactions among FTC, climate warming-associated diet shifts, and two entomopathogens: microsporidia (*Nosema disstriae* (Microsporida: Nosematidae)) and *Bacillus thuringiensis* var *Kurstaki* (Bacillales: Bacillaceae). In Experiment 1, FTC with known microsporidia spore loads were fed one of three diets of aspen foliage simulating either current developmental synchrony (Current), or scenarios associated with increasing climate warming (Warm 1 and Warm 2). We assessed impacts on fecundity, egg hatch, stage-specific survival, and adult traits. In Experiment 2, we subjected FTC fed different diets to a Btk assay where 4th instar (L4) FTC were droplet-fed either a Control solution or a solution with added Foray® 76B (2 IU Btk/larva). We assessed mortality after 5 d and reared surviving larvae to assess larval, pupal, and total survival, as well as adult traits. Results suggest that neither microsporidia infection nor the diet alterations tested here impacted the susceptibility of L4 FTC to Btk (at a concentration of 2 IU Btk/larva). Climate-induced diet alterations did however reduce neonate survival but was associated with improved performance of surviving neonates. Results also suggest that microsporidia infection may reduce rates of successful egg hatch and the survival of older FTC larvae. Work in 2023 will include a chemical analysis of foliage associated with the three diet treatments, a complimentary field experiment, and completion of adult processing from Experiments 1 & 2 above. Taken together, this work examines the impacts of changes in host quality associated with climate change on forest insect populations, and agents that cause disease in forest pest insects. This research provides novel contributions to ecological theory, being among the first studies to evaluate the impact of climate-induced diet shifts on insect disease. We anticipate our results can be applied to predict how climate change will impact forest pests, which is crucial for both forest and pest management planning.

La phénologie du développement des défoliateurs forestiers et des arbres hôtes devrait progresser avec le changement climatique, ce qui peut modifier la correspondance phénologique entre ces espèces et, en fin de compte, le régime alimentaire des défoliateurs forestiers. Par exemple, les dates d'éclosion printanière des oeufs de *Malacosoma disstria* Hübner devraient progresser moins significativement avec le réchauffement que le débourrement de son hôte principal *Populus tremuloides* Michx. Cette modification des ressources alimentaires peut avoir des effets directs sur *M. disstria* mais peut également interagir avec les ennemis naturels, y compris les agents pathogènes. Nous avons mené deux expériences en laboratoire pour examiner les interactions entre *M. disstria*, les changements de régime alimentaire associés au réchauffement climatique et deux entomopathogènes: les microsporidies (*Nosema disstriae* (Microsporida : Nosematidae)) et *Bacillus thuringiensis* var *Kurstaki* (Bacillales : Bacillaceae). Dans l'expérience 1, *M. disstria* avec des charges de spores de microsporidies connues ont été nourris avec l'un des trois régimes de feuillage de *P. tremuloides* simulant soit la synchronisation de développement actuelle (Current), soit des scénarios associés à un réchauffement climatique croissant (Warm 1 et Warm 2). Nous avons évalué les impacts sur la fécondité, l'éclosion des oeufs, la survie à chaque stade et les caractéristiques des adultes. Dans l'expérience 2, nous avons soumis *M. disstria* alimentés par différents régimes à un test Btk où *M. disstria* de 4e stade (L4) ont été alimentés en gouttelettes soit avec une solution de contrôle,

soit avec une solution additionnée de Foray® 76B (2 UI de Btk/larve). Nous avons évalué la mortalité après 5 jours et élevé les larves survivantes pour évaluer la survie des larves, des pupes et de la survie totale, ainsi que les traits des adultes. Les résultats suggèrent que ni l'infection par les microsporidies ni les modifications du régime alimentaire testées ici n'ont eu d'impact sur la sensibilité de L4 *M. disstria* au Btk (à une concentration de 2 UI de Btk/larve). Les modifications du régime alimentaire induites par le climat ont cependant réduit la survie des nouveau-nés (pour *M. disstria* nourris avec un régime Warm 2), mais ont été associées à une amélioration des performances des nouveau-nés survivants. Les résultats suggèrent également que l'infection par les microsporidies peut réduire les taux d'éclosion réussie des oeufs et la survie des larves *M. disstria* plus âgées. Les travaux en 2023 comprendront une analyse chimique du feuillage associée aux trois traitements diététiques, une expérience de terrain complémentaire et l'achèvement du traitement des adultes des expériences 1 et 2 ci-dessus. Pris ensemble, ces travaux examinent les impacts des changements dans la qualité de l'hôte associés au changement climatique sur les populations d'insectes forestiers et les agents qui causent des maladies chez les insectes ravageurs forestiers. Cette recherche apporte de nouvelles contributions à la théorie écologique, étant parmi les premières études à évaluer l'impact des changements de régime alimentaire induits par le climat sur les maladies des insectes. Nous prévoyons que nos résultats pourront être appliqués pour prédire l'impact du changement climatique sur les ravageurs forestiers, ce qui est crucial pour la planification de la gestion des forêts et des ravageurs.



## Improvement of Semiochemical-Based Trapping Method for Whitemarked Tussock Moth

Peter Mayo<sup>1</sup>, Peter Silk (retired)<sup>1</sup>, Gaetan LeClair<sup>1</sup>, Lucas Roscoe<sup>1</sup>, David MaGee<sup>2</sup>, Deepa Abeysekera<sup>1</sup>, Kirk Hillier<sup>3</sup>, Jeffrey Ogden<sup>4</sup>, Aaron MacGill<sup>4</sup>, Dan Lavigne<sup>4</sup>, Celia Boone<sup>4,5</sup>

<sup>1</sup>Canadian Forest Service-Atlantic Forestry Centre

<sup>2</sup>University of New Brunswick

<sup>3</sup>Acadia University

<sup>4</sup>Nova Scotia Department of Natural Resources and Renewables

<sup>5</sup>British Columbia Ministry of Forests

### Abstract

The whitemarked tussock moth (WMTM), *Orgyia leucostigma* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Erebidæ), is an economic pest in Nova Scotia, Canada, where it undergoes periodic outbreaks defoliating several tree species of economic value, including balsam fir, *Abies balsamea* (L.) Miller (Pinaceae). It also threatens the balsam fir forests in neighboring New Brunswick.

In this report, the authors describe a releasing device for the WMTM sex pheromone (Z, Z)-6, 9-heneicosadien-11-one based on a rubber septum, which converts pheromone precursors (which are acetals) into the pheromone itself ((Z, Z)-6, 9-heneicosadien-11-one) and releases it over time. The pheromone (Z, Z)-6, 9-heneicosadien-11-one is itself thermally unstable, and / or unstable towards atmospheric oxygen, and consequently, lures made with this compound will only last a day or two in the field. The two pheromone precursors, however, are relatively stable, and are converted slowly into the pheromone by acetic acid (vinegar) impregnated into the releasing device.

Consequently, in 2019, the two different pheromone precursors (both of which were acetals) were synthesized using a previously published synthesis with modifications. Field trapping studies in the 2019 field season (September 2019) at three sites in Nova Scotia (NS) showed that one of these two lure preparations (one of the two pheromone precursors plus acetic acid in the releasing device) is very effective at catching WMTM.

In 2020, however, the September field season at the same sites in NS gave much lower moth capture totals for WMTM in general, possibly due to NPV (nuclear polyhedrosis virus) affecting WMTM populations in NS, or possibly due to low insect populations / yearly differences in insect flight periods.

In 2021, three different sites in NS with high WMTM populations were chosen, and the lures performed nearly as well as in 2019, with one of the pheromone precursor controls (pheromone precursors without acetic acid to convert them into pheromone) out-catching the active lure (the same precursor with acid).

In 2022, the fourth and final year of the study, three different sites in NS were chosen, and the lures performed similarly to the way they did in 2021, with one of the pheromone precursor controls (pheromone precursors without acetic acid to convert them into pheromone) out-catching the active lure (the same precursor with acid). Possible explanations for this are discussed (see below). Also in 2022, the synthesis of the pheromone precursors used in our lab was published in the Canadian Journal of Chemistry.

### Résumé

La chenille à houppes blanches, *Orgyia leucostigma* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Erebidæ), est un ravageur d'importance économique en Nouvelle-Écosse, au Canada, qui connaît des flambées périodiques durant lesquelles sont défoliées plusieurs essences d'arbres ayant une valeur économique, y compris le sapin baumier, *Abies balsamea* (L.) Miller (Pinaceae). Cette chenille menace également les forêts de sapin baumier du Nouveau-Brunswick, la province voisine.

Dans le rapport, les auteurs décrivent un dispositif de libération de la phéromone sexuelle de la chenille à houppes blanches, (Z, Z)-6, 9-heneicosadien-11-one basé sur un septum en caoutchouc, qui convertit les précurseurs de la phéromone (qui sont des acétals) en phéromone comme telle ((Z, Z)-6, 9-heneicosadien-11-one), qui est libérée au fil du temps. La phéromone (Z,Z)-6,9-heneicosadien-11-one est instable en présence de l'oxygène atmosphérique, de sorte que les leurres fabriqués avec ce composé ne durent qu'une journée ou deux sur le terrain, alors que les deux précurseurs de la phéromone sont stables et convertis lentement en phéromone grâce à l'acide acétique (vinaigre) qui imprègne le dispositif de libération du septum.

Par conséquent, en 2019, nous avons synthétisé les deux différents précurseurs de la phéromone (tous deux des acétals) en suivant une synthèse publiée antérieurement avec des modifications. Les études de piégeage sur le terrain durant la saison 2019 (en septembre) à trois sites en Nouvelle-Écosse ont montré qu'une de ces deux préparations de leurre (l'un des deux précurseurs de la phéromone dans un septum en caoutchouc imprégné d'acide acétique) est très efficace pour capturer la chenille à houppes blanches.

En 2020 toutefois, la saison sur le terrain en septembre aux mêmes endroits en Nouvelle-Écosse a vu des captures de papillons beaucoup moins importantes pour la chenille à houppes blanches en général, peut-être en raison du VPN (virus de la polyédrose nucléaire) qui touche les populations de cet insecte en Nouvelle-Écosse, ou peut-être en raison de faibles populations d'insectes et des différences annuelles dans les périodes de vol des insectes. Ces données sont également communiquées.

En 2021, nous avons choisi trois sites différents présentant des populations élevées de chenilles à houppes blanches, et les leurres ont fonctionné presque aussi bien qu'en 2019 avec l'un des précurseurs de phéromone témoins (précurseurs de phéromone sans acide acétique pour les convertir en phéromone), les captures étant plus nombreuses qu'avec le leurre actif (le même précurseur avec de l'acide).

En 2022, la quatrième et dernière année de l'étude, nous avons choisi trois différents sites en Nouvelle-Écosse; les leurres ont fonctionné de façon semblable à 2021, avec l'un des précurseurs de phéromone témoins (précurseurs de phéromone sans acide acétique pour les convertir en phéromone) capturant plus d'insectes que le leurre actif (le même précurseur avec de l'acide). Nous faisons état d'explications possibles ci-dessous. Toujours en 2022, nous avons publié la synthèse des précurseurs de phéromone utilisés à notre laboratoire dans la *Revue canadienne de chimie*.

## **Spruce Budworm Outbreaks and Salvage Logging: Impacts on the Mortality and Demographics of Conifer Advance Regeneration**

*Sabrina Brisson<sup>1</sup>, Kaysandra Waldron<sup>2</sup>, Daniel Kneeshaw<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Département des sciences biologiques, Université du Québec à Montréal*

<sup>2</sup>*Service canadien des forêts, Ressources Naturelles Canada*

### **Abstract**

Since 2006, the North Shore region (Quebec) has been severely affected by a spruce budworm (SBW) outbreak. Advance regeneration, i.e., seedlings that have established before the disturbance, plays a critical role in the resilience of boreal forests to outbreaks by allowing post-SBW stand regeneration. However, its impact on advance regeneration remains under-studied, as does that of salvage logging, practiced in SBW-affected stands. Our research project aims to determine the effect of ecological factors on balsam fir and black spruce advance regeneration mortality during a SBW outbreak. In addition, the project aims to evaluate the impact of salvage logging on advance regeneration mortality and composition, compared to stands only affected by the SBW. Using a long-term monitoring device of post-SBW regeneration, comprising unharvested and harvested stands, we developed a model estimating the effect of ecological factors, namely stand composition, seedling species and height, as well as salvage logging on advance regeneration mortality. We also compared past and recent advance regeneration inventories, in order to assess the change in proportion of the two species among seedlings in unharvested and harvested sites, between the early and late phases of the outbreak. Our model results show that an increase in balsam fir proportion in the canopy as well as seedling height strongly increases mortality in both balsam fir and black spruce seedlings, the survival rate of balsam fir averaging between 77% (in black spruce-dominated stands) and 35% (in balsam fir-dominated stands). In addition, the survival of black spruce seedlings is consistently significantly higher than that of balsam fir; this difference is however lessened in the "logging" treatment, where the survival of both species is much higher, averaging 93%. However, although salvage logging has a positive effect on seedling survival, our inventory comparison results indicate that this practice increases balsam fir proportion in advance regeneration seedlings. This raises substantial concern since a compositional shift towards balsam fir would increase forest susceptibility to future outbreaks. Given the serious implications for the severity of future SBW outbreaks, it may be appropriate to question the use of post-SBW salvage logging.

### **Résumé**

Depuis 2006, la région de la Côte-Nord (Québec) est sévèrement touchée par une épidémie de tordeuse des bourgeons de l'épinette (TBE). La régénération préétablie, soit les semis s'étant installés avant la perturbation, joue un rôle clé dans la résilience de la forêt boréale aux épidémies de TBE, en permettant la régénération des peuplements. Pourtant, l'impact de l'insecte sur celle-ci demeure sous-documenté, comme celui de la coupe de récupération, pratiquée en peuplements affectés par la TBE. Notre projet de recherche vise à connaître l'effet de facteurs écologiques sur la mortalité de la régénération préétablie au cours d'une épidémie de TBE. De plus, notre projet vise à évaluer l'impact des coupes de récupération sur la mortalité et la composition de la régénération préétablie, comparativement à des sites affectés seulement par l'épidémie. À partir d'un dispositif à long terme de suivi de la dynamique de régénération post-TBE, constitué de sites affectés seulement par la TBE (« naturels ») ainsi que de sites ayant aussi subi des coupes de récupération (« récupérés »), nous avons élaboré un modèle estimant l'effet de facteurs écologiques, soit la composition du peuplement, l'essence du semis et sa hauteur, sur la mortalité chez les semis de la régénération préétablie, les coupes de récupération étant considérées comme un traitement. De plus, nous avons comparé les données d'inventaires réalisés plus tôt pendant l'épidémie ainsi que plus récemment, afin d'évaluer l'évolution de la proportion des deux essences parmi la régénération préétablie, dans les sites naturels et les sites récupérés. Les résultats issus du modèle démontrent qu'une augmentation de la proportion de sapin baumier dans le peuplement ainsi que de la hauteur du semis augmentent la mortalité chez

les deux essences, le taux de survie des semis de sapin baumier se chiffrent en moyenne à 77% dans les sites dominés par l'épinette noire, et à 35% dans les sites dominés par le sapin baumier. De plus, la survie des semis d'épinette noire est significativement supérieure à celle du sapin baumier; cette différence s'amoinde en traitement « coupe », où la survie des deux essences est largement meilleure, atteignant en moyenne 93%. Toutefois, bien que les coupes de récupération aient un effet positif sur la survie des semis, nos résultats de la comparaison des inventaires indiquent que cette pratique aurait pour effet d'augmenter la proportion de sapin baumier chez les semis de la régénération préétablie. Cela soulève un risque important, car un changement de composition vers le sapin baumier augmenterait la vulnérabilité de la forêt à de futures épidémies. Compte tenu des sérieuses implications pour la sévérité des futures épidémies de TBE, il serait approprié de remettre en question l'utilisation des coupes de récupération.

## Gaps in data could limit predictive potential of invasive species establishment models

A. Caouette<sup>1</sup>, S. Heard<sup>1</sup>, D. Pureswaran<sup>2</sup>

<sup>1</sup>University of New Brunswick, Faculty of Biology, Fredericton, New Brunswick

<sup>2</sup>NRC Canadian Forest Service, Atlantic Forestry Centre, Fredericton, New Brunswick

### Abstract

The emerald ash borer (EAB) is an invasive buprestid beetle causing large-scale devastation to ash trees in North America. Their transportation by humans in wood products has led to their success in jump-dispersal events into new areas throughout eastern North America. Current modelling techniques have created risk maps of the introduction of EAB populations by measuring firewood movement by campers. However, important elements that may impact emerald ash borer establishment are frequently not considered in these models. We compare two establishment characteristics, the propagule pressure required for species establishment (propagule pressure threshold), and the monthly firewood arrival rate, to compare their influences on the establishment probability of the EAB into new regions by simulating the movement of firewood using a probabilistic model. We collected data on campground and city characteristics, camper travel trends, and information on EAB biology and ecology to create the model and simulate dispersal events. We found that increasing the propagule pressure threshold decreases the probability of new EAB establishments and interacting effects between the firewood arrival rate and the propagule pressure threshold greatly decrease the proportion of new EAB establishments in the risk model. This work has implications for forest managers by revealing gaps that need to be addressed so that models can provide more accurate estimations of the establishment potential of invasive species dispersed through jump-dispersal events.

### Résumé

L'agrile du frêne (EAB) est une espèce de coléoptères envahissante qui cause la mortalité des frênes en Amérique du Nord. La transportation de l'agrile du frêne dans des produits forestiers contribue à sa réussite à se disperser sur de longues distances dans de nouvelles régions de l'Amérique du Nord. Les techniques de modélisation actuelles ont permis de créer des modèles du risque d'introduction des populations de l'agrile du frêne en mesurant le déplacement du bois par les campeurs pour les feux de camp. Cependant, il y a des éléments importants qui peuvent avoir un impact sur l'établissement de l'agrile du frêne qui ne sont souvent pas pris en compte dans ces modèles. Nous simulons le mouvement du bois de camps en utilisant un modèle probabiliste pour mesurer l'effet de deux attributs qui peuvent influencer la probabilité de l'établissement, la pression des propagules nécessaire pour l'établissement (seuil de pression des propagules), et le taux d'arrivée mensuel du bois de chauffage. Nous avons recueilli des données sur les caractéristiques des terrains de camping et des villes, les tendances de voyage des campeurs, ainsi que des informations sur la biologie et l'écologie de l'agrile du frêne pour créer notre modélisation et simulée les événements de dispersion. Nos résultats révèlent que la proportion et la probabilité de nouveaux établissements de l'agrile du frêne diminuent avec une augmentation du seuil de pression des propagules, et diminuent considérablement avec les effets combinés du seuil de pression des propagules, et le taux d'arrivée mensuel du bois de chauffage. Ce travail a des implications pour les gestionnaires forestiers et révèle des lacunes pour que les modèles puissent fournir des estimations plus précises du potentiel d'établissement des espèces envahissantes qui sont dispersées par des événements de saut-dispersion.

## Comparative attraction and capture ability of intercept traps for *Monochamus* beetles

Joel Goodwin

University of Toronto

### Abstract-

When monitoring bark and woodboring beetle populations in forests, Lindgren funnel (hereafter funnel) and cross-vane panel (hereafter panel) traps are the two most used trap types. The literature indicates differences in the performance of these two trap types, with panel traps typically capturing more beetles than funnel traps. In an attempt to determine the mechanism(s) for this differential performance, we conducted observational studies wherein we recorded the number of *Monochamus* beetles approaching panel and funnel traps from downwind and coming within 5, 3, and 1 meter of the trap, the number of beetles contacting the trap's surface, and the number captured. Results from this experiment suggest the difference in attraction between these two trap types occurs in the near field (<1 m). We also assessed the importance of visual stimuli in trap performance in a trapping experiment comparing open- and closed-canopy deployments of black, white, and clear panel traps with black funnel traps. Results from this experiment suggest that traps deployed in open-canopy conditions capture more longhorned beetles than those in closed canopy conditions. In terms of colour, black panel traps caught the most beetles, followed by clear and white panel traps, and funnel traps caught the fewest number of beetles.

### Comparaison de la capacité d'attraction et de capture de pièges d'interception pour les coléoptères *Monochamus*

#### Résumé

Le piège à entonnoir de type Lindgren (piège à entonnoir) et le piège-panneau Cross Vane (piège-panneau) sont les deux types de pièges les plus utilisés pour surveiller les populations de scolytes et de coléoptères xylophages dans les forêts. La littérature révèle des différences dans les résultats obtenus par ces deux types de piège; typiquement, le piège-panneau capture plus de coléoptères que le piège à entonnoir. Afin de tenter de décortiquer les mécanismes de cette différence dans les résultats, nous avons effectué des études par observation; nous avons donc enregistré le nombre de coléoptères *Monochamus* qui s'approchaient des pièges-panneaux et des pièges à entonnoir sous le vent dans un rayon de 5 m, de 3 m et de 1 m du piège, le nombre de coléoptères qui entraient en contact avec la surface du piège et le nombre de captures. Les résultats de l'expérience laissent croire que la différence d'attraction entre les deux types de piège se produirait à proximité du piège (<1 m). Nous avons également évalué l'importance des stimuli visuels dans le rendement des pièges en effectuant une expérience de piégeage qui a comparé les résultats du déploiement sous couvert forestier ouvert ou dense de pièges-panneaux noirs, blancs et transparents avec des pièges à entonnoir noirs. Selon les résultats de l'expérience, les pièges déployés sous couvert forestier ouvert captureraient plus de longicornes que ceux sous couvert forestier dense. En ce qui concerne la couleur, les pièges-panneaux noirs ont capturé le plus de coléoptères, suivis des pièges-panneaux transparents et blancs, alors que les pièges à entonnoir ont capturé le moins de coléoptères.

## Measuring pheromone-baited trap active space in spruce budworm and spongy moth

Jeremy D. Allison<sup>1,2</sup>, Sandy Smith<sup>2</sup> and Joel Goodwin<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Canadian Forest Service, Great Lakes Forestry Centre, Sault Ste Marie, ON, Canada

<sup>2</sup>University of Toronto, John H. Daniels Faculty of Architecture, Landscape and Design, Toronto, ON, Canada

### Abstract

The active space of an odorant is described as the volume of air in which the odorant concentration is above a threshold which elicits a behavioural reaction in the receiving individual. This is often evidenced by directed movement toward the source. Active space is an important concept to consider as researchers deploying semiochemical-baited traps are often unsure of the area downwind actively sample and how far apart traps must be placed to optimize surveillance. Several methods have been proposed to assess active space including wing-fanning assays, competitive trapping trials, mark-release-recapture experiments, and electrophysiological recordings. Here, we report the use of wing-fanning assays as a simple and reliable test to assess when odour concentrations surpass the behavioural threshold required by these organisms. We tested 2, 3, 4, and 5-day-old spruce budworm (*Choristoneura fumiferana*) males and 2, 3, and 4-day-old spongy moth (*Lymantria dispar dispar*) males to determine the distance downwind from the trap at which the moths wing-fanned. We also used walking assays to assess whether active space changes outside of the preferred daily activity period of these moths. Our results suggest that moths are equally responsive to pheromone outside of their activity periods for both species tested. For Spruce Budworm, active space ranges from 4-30m, and for *Lymantria dispar*, active space ranges from 23-134m. These findings provide a better understanding of moth olfaction and have potential applications in the design of trapping programs as they may assist researchers in understanding the distance over which pheromone-baited traps can function.

### Résumé

L'espace actif d'une substance odorante est décrit comme le volume d'air contenant une concentration de substance odorante qui dépasse le seuil auquel celle-ci provoque une réaction comportementale chez l'individu récepteur, réaction qui se manifeste souvent par un déplacement vers la source. L'espace actif est un concept important à considérer, car souvent les chercheurs qui installent des pièges appâtés avec des substances sémiologiques ne savent pas trop où se trouve la zone sous les vents propice à l'échantillonnage ou la distance à respecter entre les pièges pour optimiser la surveillance. Plusieurs méthodes ont été proposées pour évaluer l'espace actif, dont des essais impliquant le déploiement des ailes, des essais de piégeage concurrentiels, des expériences de marquage-relâchement-recapture et des enregistrements électrophysiologiques. Nous faisons ici rapport sur l'utilisation d'essais impliquant le déploiement des ailes comme un moyen simple et fiable de déterminer quand les concentrations odorantes dépassent le seuil comportemental requis par ces organismes. Nous avons fait des tests avec des mâles de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana*) âgés de 2, 3, 4 et 5 jours et des mâles de la spongieuse (*Lymantria dispar dispar*) âgés de 2, 3 et 4 jours afin de déterminer la distance sous les vents depuis le piège à laquelle les papillons déploient leurs ailes. Nous avons également effectué des essais quand les insectes marchent pour évaluer si l'espace actif change en dehors de la période d'activité quotidienne préférée de ces papillons. Nos résultats portent à croire que les papillons réagissent tout autant à la phéromone en dehors de leurs périodes d'activité pour les deux espèces testées. L'espace actif de la tordeuse des bourgeons de l'épinette va de 4 à 30 m, alors que l'espace actif

de *Lymantria dispar* va de 23 à 134 m. Ces constatations offrent une meilleure compréhension de l'olfaction des papillons et présentent des applications potentielles pour la conception des programmes de piégeage en aidant les chercheurs à comprendre la distance à laquelle les pièges appâtés avec des phéromones peuvent fonctionner.



## **Outbreak Potential of Spruce Beetle: Dormancy and Winter Survival**

### **Risque d'infestation par le dendroctone de l'épinette : Dormance et survie hivernale**

*Kathy Bleiker, Brian Van Hezewjik, Telsa Willsey, Greg Smith*

Canadian Forest Service- Pacific Forestry Centre

#### **Abstract**

Both immature and adult life stages of spruce beetle experience cold-associated dormancies, specifically a diapause. Developmental arrests have implications for spruce beetle's outbreak potential because it can affect: the duration of the life cycle (one- vs. two-year life cycle); winter survival; dispersal; and reproduction. Here, we report on progress made in the third year of a four-year study on dormancy in spruce beetle.

Tant aux stades immatures qu'adultes, le dendroctone de l'épinette connaît des périodes de dormance associées au froid, soit une diapause. Les arrêts du développement ont des répercussions sur le risque d'infestation, car ils peuvent influencer sur la durée du cycle de vie du dendroctone de l'épinette (cycle de vie d'un an vs deux ans), sa survie hivernale, sa dispersion et sa reproduction. Nous faisons ici rapport des progrès réalisés durant la troisième année d'une étude de quatre ans sur la dormance chez le dendroctone de l'épinette.

## Field-tests of region-specific pheromone blends of spruce beetle, *Dendroctonus rufipennis*, for lure improvement

Deepa Pureswaran<sup>1</sup>, Dezene Huber<sup>2</sup>, Kathy Bleiker<sup>3</sup>, Lucas Roscoe<sup>1</sup>, Steve Heard<sup>4</sup>, Rylee Isitt<sup>4</sup>

<sup>1</sup>CFS-AFC

<sup>2</sup>UNBC

<sup>3</sup>CFS-PFC

<sup>4</sup>UNB

### Abstract

The spruce beetle (*Dendroctonus rufipennis* Kirby) is an economically important bark beetle that produces an aggregation pheromone which facilitates mate finding and mass attack. Prior research has provided strong evidence of local and regional variation in the pheromone blend of the spruce beetle, as well as sympatric and allopatric genetic differentiation of populations. We identified four aggregation blend ratios and are testing these formulations in the field in NB, NS, BC and AB. We expect that our results will facilitate the development of more efficacious pheromone lures and application strategies for the spruce beetle.

### French abstract

Le dendroctone d'épinette est une espèce importante qui produit une phéromone pour faciliter l'agrégation et l'attaque des arbres. Il y a l'évidence de variation dans la suite de phéromones ainsi que la différenciation génétique parmi des populations. Évidence des races de phéromones suggèreront qu'il y a besoin des phéromones synthétique différents pour la détection et le contrôle des populations en forêt. Nous avons identifié les ratios des phéromones et nous testons les formules en forêt au Nouveau Brunswick, à la Nouvelle Ecosse, en Colombie Britannique et en Alberta. Nous attendons que nos résultats faciliteront le développement des phéromones plus efficace pour la lutte contre le dendroctone d'épinette.

## **Efficacy of the FraxiProtec™ auto-dissemination of *Beauveria bassiana* tactic for control of emerald ash borer in urban forests.**

*Jon Sweeney<sup>1</sup>, Mark Ardis<sup>2</sup>, Marie-Eve Lajoie<sup>2</sup>, Robert Lavallée<sup>3</sup>, and Kate Van Rooyen<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Atlantic Forestry Centre, 1350 Regent Street, Fredericton, NB, E3B 5P7, Tel. (506) 452- 3499; Email: [jon.sweeney@nrcan-rncan.gc.ca](mailto:jon.sweeney@nrcan-rncan.gc.ca)

<sup>2</sup>GDG Environment Ltd., 300-1100 place du technoparc, Trois-Rivières, QC, G9A 0A9; Tel. (819) 373-3097; Email: [mark.ardis@kersia-group.com](mailto:mark.ardis@kersia-group.com)

<sup>3</sup>[Laurentian Forestry Centre, 1055 rue du P.E.P.S., QC, G1C 4C7, Tel. \(418\) 648-5803; \(retired\)](#)

### Abstract

The emerald ash borer (EAB) was discovered in Edmundston, New Brunswick and Halifax, Nova Scotia in the spring and late summer of 2018, respectively, in Oromocto and Moncton, NB in 2019, and in Fredericton, NB in 2021. Studies suggest it costs less to actively manage EAB than it does to “do nothing” and let it run its course. The FraxiProtec™ fungal auto-contamination system offers a potential means of reducing EAB infestation levels by killing a portion of adults before successful oviposition. EAB adults pass through a contamination chamber attached to the bottom of a multi-funnel trap, pick up a lethal dose of the fungal pathogen, *Beauveria bassiana*, and spread the infection to other EAB via contact/copulation before they die. EAB females infected with *B. bassiana* die in about 6 days and lay fewer eggs than healthy females. We tested FraxiProtec™ in Bedford, NS and Fredericton, NB in 2019, 2021 and 2022, with two 1 ha plots per site, spaced at least 500 m apart and randomly assigned to either FraxiProtec™ treatment or untreated control in 2019 and 2021. In each plot we placed one green Fluon-treated Lindgren 12-funnel trap with an auto-dissemination chamber at its base (in place of a collecting cup) and one green sticky prism trap in the upper canopy of each of 15 ash trees, i.e., a total of 30 traps per site. The auto-dissemination chambers contained a fibreglass-screen pouch with *B. bassiana* conidia (in treated plots) or glass beads (in control plots). The sticky traps were baited with Z-3-hexenol and Z-3-lactone and were checked weekly to remove captured EAB, always starting with the untreated plot and then the FraxiProtec™-treated plot, to reduce the risk of cross contamination. Auto-dissemination traps were unbaited in 2019 but in 2021 and 2022 were baited with Z-3-hexenol and Z-3-lactone. Captured EAB were sent to GDG Environment and cultured on media to determine the percentage infected with *B. bassiana*. The proportion of ash trees infested with EAB was determined for each plot in spring and fall of 2021 and again in fall of 2022, by peeling 1–2 branches per tree from 10–15 trees per plot.

We collected a total of 3377 EAB adults on sticky traps at field sites from 2019–2022. For reasons unknown, no EAB adults were infected with *B. bassiana* in 2019 or 2020. However, percentage of EAB infected with *B. bassiana* average 38–40% in treated plots in 2021 and 2022, compared to 0–9% infection in untreated plots. Results in 2021 suggested treatment may have slowed the growth in EAB infestation levels at the site with relatively low EAB density (Fredericton) in 2021 but not at the higher density site (Bedford). However, results in 2022 did not support results from 2021, infestation levels increased similarly in both treated and untreated plots at both sites. Our results are based on a relatively small sample size. Further research with additional pairs of treated and untreated control plots would be necessary to determine whether autodissemination of *B. bassiana* significantly reduces rate of growth in the percentage of infested ash trees. This would preferably be replicated across a range of low to moderate EAB population densities and would also test the effect of varying the density of auto-dissemination traps per ha.

## Effacité de FraxiProtec<sup>MC</sup> comme tactique d'auto-dissémination de *Beauveria bassiana* pour lutter contre l'agrile du frêne dans les forêts urbaines

### Résumé

L'agrile du frêne a été découvert à Edmundston (N.-B.) et à Halifax (N.-É.) au printemps et à la fin de l'été 2018 respectivement, à Oromocto et à Moncton (N.-B.) en 2019 et à Fredericton (N.-B.) en 2021. Les études tendent à démontrer qu'il coûte moins cher de lutter activement contre cet insecte que de ne rien faire et d'attendre qu'il passe. Le système d'auto-contamination fongique FraxiProtec<sup>MC</sup> offre peut-être un moyen de réduire les niveaux d'infestation à l'agrile du frêne en tuant une partie des adultes avant qu'ils réussissent à déposer leurs œufs. Les insectes adultes passent à travers une chambre de contamination fixée au bas d'un piège à multiples entonnoirs, où ils ramassent une dose létale du pathogène fongique, *Beauveria bassiana*, puis propagent l'infection à d'autres agriles par contact/accouplement avant de mourir. Les agriles femelles infectées au *B. bassiana* meurent en six jours environ et pondent moins d'œufs que les femelles en santé. Nous avons testé le FraxiProtec<sup>TM</sup> à Bedford (N.-É.) et à Fredericton (N.-B.) en 2019, en 2021 et en 2022 sur deux parcelles de 1 ha à chaque site, séparées par une distance minimale de 500 m et désignées au hasard pour recevoir le traitement FraxiProtec<sup>TM</sup> ou agir comme parcelle témoin non traitée en 2019 et en 2021. Nous avons placé dans chaque parcelle un piège à 12 entonnoirs vert de type Lindgren traité au Fluon comportant une chambre d'auto-dissémination à sa base (au lieu d'un récipient collecteur) ainsi qu'un piège collant vert en forme de prisme dans la partie supérieure du couvert forestier de chacun de 15 frênes, donc 30 pièges au total par site. Les chambres d'auto-dissémination contenaient un sachet recouvert de toile en fibre de verre contenant *B. bassiana* conidia (dans les parcelles traitées) ou des billes de verre (dans les parcelles témoins). Les pièges collants ont été appâtés avec Z-3-hexenol et Z-3-lactone et vérifiés chaque semaine pour y retirer les captures d'agrile du frêne, et ce toujours en débutant dans la parcelle non traitée puis en poursuivant dans la parcelle traitée au FraxiProtec<sup>TM</sup> afin de réduire le risque de contamination croisée. Les pièges à chambre d'auto-dissémination n'ont pas été appâtés en 2019, mais l'ont été en 2021 et en 2022 avec Z-3-hexenol et Z-3-lactone. Les agriles du frêne capturés ont été envoyés à GDG Environnement et placés dans un milieu de culture pour déterminer le pourcentage infecté au *B. bassiana*. La proportion de frênes infestés par l'agrile du frêne a été déterminée dans chaque parcelle au printemps et à l'automne 2021 puis de nouveau à l'automne 2022 en prélevant une ou deux branches par arbre sur 10 à 15 arbres de chaque parcelle.

Au total, nous avons recueilli 3 377 agriles du frêne adultes dans les pièges collants déployés sur le terrain de 2019 à 2022. Pour des raisons inconnues, aucun agrile adulte n'était infecté au *B. bassiana* en 2019 et en 2020. Cependant, le pourcentage d'agriles du frêne infectés au *B. bassiana* a tourné en moyenne autour de 38 à 40 % dans les parcelles traitées en 2021 et en 2022, comparativement à un taux d'infection de nul à 9 % dans les parcelles non traitées. Les résultats de 2021 portent à croire que le traitement a pu ralentir l'augmentation des niveaux d'infestation par l'agrile du frêne au site présentant une densité relativement faible (Fredericton) en 2021, mais pas au site présentant une densité plus forte (Bedford). En revanche, les résultats de 2022 n'appuient pas ceux de 2021, les niveaux d'infestation ayant augmenté de façon similaire dans les parcelles traitées et les parcelles non traitées aux deux endroits. Nos résultats sont fondés sur un échantillon relativement petit. Il faudrait mener d'autres recherches sur de nouvelles paires de parcelles traitées et de parcelles témoins non traitées pour déterminer si l'auto-dissémination de *B. bassiana* réduit de façon significative l'augmentation du pourcentage de frênes infestés. De préférence, ces recherches seraient reproduites à plusieurs endroits sur des densités de population d'agrile du frêne allant de faibles à modérées et permettraient de tester l'effet produit en variant la densité des pièges d'auto-dissémination par hectare.

## **Release of exotic parasitoids for biological control of the emerald ash borer in Canada.**

*C J K MacQuarrie<sup>1</sup>, G Jones<sup>1\*</sup>, T Ladd<sup>1</sup>, A D Roe<sup>1</sup>, J Dedes<sup>1</sup>, V Martel<sup>2</sup>, J Sweeney<sup>3</sup>, C Hughes<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> NRCan Canadian Forest Service, Great Lakes Forestry Centre, Sault Ste. Marie, Ontario.

<sup>2</sup> NRCan Canadian Forest Service, Laurentian Forestry Centre, Québec, Quebec.

<sup>3</sup> NRCan Canadian Forest Service, Atlantic Forestry Centre, Fredericton, New Brunswick.

\* Retired

### **Abstract**

During 2022, we released *Tetrastichus planipennisi* Yang (Hymenoptera: Eulophidae) at three locations established in 2021. We released over 9,000 *T. planipennisi*, 4,500 *Oobius agrili* and over 3,000 *Spathius galinae*. In total, 10 sites have received over 40 000 *T. planipennisi*, 14,000 *O. agrili* and 4,400 *S. galinae* over the past 3 years. In 2020 and 2022 we sampled trees from sites where releases have been completed to evaluate recovery of *T. planipennisi*. Results from these assessments have shown evidence of parasitoid establishment and impact. In 2019 and 2021, we established a network of sample sites to determine parasitoid spread. Results from that study suggests that *T. planipennisi* has dispersed away from the oldest release sites in southwestern Ontario and the Algoma region of northern Ontario.

### **Introduction de parasitoïdes exotiques pour la lutte biologique de l'agrile du frêne au Canada**

#### **Résumé**

En 2022, nous avons fait des introductions de *Tetrastichus planipennisi* Yang (Hymenoptera: Eulophidae) dans trois sites établis en 2021. Nous avons introduit plus de 9000 *T. planipennisi*, 4500 *Oobius agrili* et plus de 3000 *Spathius galinae*. Au total, 10 sites ont reçu plus de 40 000 *T. planipennisi*, 14 000 *O. agrili* et 4400 *S. galinae* dans les trois dernières années. En 2020 et 2022, nous avons échantillonné des arbres sur sites où les introductions sont terminées afin d'évaluer l'établissement de *T. planipennisi*. Ces évaluations ont montré des signes de l'établissement et de l'impact des parasitoïdes. En 2019 et 2021, nous avons établi un réseau de sites d'échantillonnage afin de déterminer la dispersion des parasitoïdes. Les données suggèrent que *T. planipennisi* s'est dispersé à partir des plus anciens sites de lâchers au sud de l'Ontario et de la région Algoma du nord de l'Ontario.

**Assessing forest vulnerability to climate-induced moisture stress  
and disturbance across the western boreal region**

*Mark Vanderwel*

University of Regina

Abstract:

Climate-related forest dieback has become increasingly common across the western boreal region. Over the coming decades, a combination of warming temperatures and greater moisture stress is expected to exacerbate the risk of fire, predispose trees to attack by insect pests, reduce supplies of merchantable timber, and trigger damaging climate change feedbacks as carbon stocks are released to the atmosphere. To better understand these potential impacts, we are establishing a network of permanent sampling plots and unmanned aerial vehicle surveys to evaluate how the risk of stand-level mortality varies across the western Canadian interior. In 2022 we established 124 sites across the Boreal Plains and Boreal Shield ecozones in Saskatchewan and Alberta. We characterized the fractions of dead trees and exposed ground (canopy gaps and open areas) at these sites from unmanned aerial vehicle imagery as indices of recent disturbance. In this interim report, we present an initial analysis of how disturbance is related to species composition, stand age, and a climate moisture index in boreal forest sites across two provinces.

**Évaluation de la vulnérabilité des forêts au stress hydrique  
et aux perturbations provoqués par le climat dans la région boréale occidentale**

Résumé :

Le dépérissement des forêts lié au climat est de plus en plus répandu dans la région boréale occidentale. Au cours des prochaines décennies, on s'attend à ce que les températures à la hausse combinées à un stress hydrique plus important exacerbent le risque d'incendie, prédisposent les arbres à des attaques de ravageurs, réduisent les volumes de bois commercialisable et déclenchent des réactions au changement climatique telles que le relâchement dans l'atmosphère de stocks de carbone. Afin de mieux comprendre ces impacts possibles, nous avons établi un réseau de parcelles-échantillons permanentes et de relevés par véhicule aérien sans pilote dans le but d'évaluer la variation du risque de mortalité au niveau des peuplements dans la région intérieure de l'Ouest canadien. En 2022, nous avons établi 124 sites dans les écozones des Plaines boréales et du Bouclier boréal en Saskatchewan et en Alberta. Nous avons défini les proportions d'arbres morts et de sol exposé (lacunes dans le couvert forestier et aires ouvertes) sur les sites à partir d'images capturées par véhicule aérien sans pilote, qui nous ont fourni des indices de perturbations récentes. Nous présentons dans ce rapport d'étape une analyse initiale des liens entre les perturbations et la composition des essences, l'âge des peuplements et l'indice d'humidité climatique dans les forêts boréales des deux provinces concernées.

## Bud phenology modelling in the boreal forest of Canada

*Annie Deslauriers<sup>1</sup>, Valérie Néron<sup>1</sup>, Lorena Balducci<sup>1</sup>, Diego Podadera<sup>1-2</sup>, Remi Saint Amant<sup>3</sup>, Jacques Regnière<sup>3</sup>, Richard Berthiaume<sup>4</sup>, Fabrizio Carteni<sup>5</sup>*

<sup>1</sup>Département des Sciences Fondamentales, Université du Québec à Chicoutimi, 555 boulevard de l'université, Chicoutimi, QC G7H 2B1, Canada.

<sup>2</sup>Departamento de Ciência Florestal, Solos e Ambiente, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Avenida Universitária 3780, Botucatu, SP, 18610-034, Brazil.

<sup>3</sup>Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Laurentian Forestry Centre, 1055 PEPS street, Quebec, QC G1V 4C7, Canada

<sup>4</sup>Société de protection des forêts contre les insectes et maladies, 1780, rue Semples, Québec, Québec, G1N 4B8, Canada

<sup>5</sup>Department of Agricultural Sciences, University of Naples Federico II, Via Università 100, 80055 Portici (NA), Italy.

In this long term research program on conifer phenology, we built a novel mechanistic model, PhenoCaB, that simulates the continuous process of the increase in bud mass, which is visually observed as the phenological phases leading to budbreak. This model is based on physiological principles and fundamental processes to better understand the complex interactions between the environment (temperature and radiation), defoliation and tree phenology response. Model validation performed in 21 sites across North America demonstrated the model's predictive capability by accurately estimating observed phenology at a large scale, with a mean absolute error of 3.98 days for Québec. This validation highlights the potential of this modelling approach. To further calibrate and validate the model across Canada, bud phenology information was shared by spruce budworm monitoring programs across Canada, including data from Alberta to Newfoundland. With this dataset, we studied the spatial pattern of budburst across Canada, inferred the most important climatic factors driving buds opening and identified a clustering of budburst across Canadian ecoprovinces for 3 conifers species.

Budburst changes were also modeled under warming scenarios over the distribution range of spruce budworm host species. Under mitigation scenario (RCP 4.5), future budburst varied from 6-7 days earlier for the near future (2021–2050) to 12-14 days earlier for the 2071–2100 period, compared the reference period (1981–2010). The integration of PhenoCaB into BioSIM made a significant contribution in obtaining simultaneous phenological information necessary for pest management and we are currently working on improving functionality during spray operation.

Dans ce programme de recherche sur la phénologie des conifères, nous avons développé un nouveau modèle mécaniste, nommé PhenoCaB. Ce modèle simule, en continu, le processus d'augmentation de la masse des bourgeons correspondant à ce qui est visuellement observé par les différentes phases phénologiques lors du débourrement. Ce modèle est basé sur des principes physiologiques et des processus fondamentaux pour mieux comprendre les interactions complexes entre l'environnement (température et radiation solaire), la défoliation et la phénologie des arbres. La phase de validation du modèle a été réalisée sur 21 sites à travers l'Amérique du Nord, démontrant la très bonne capacité du modèle à prédire la phénologie. Pour le Québec, l'erreur moyenne absolue d'estimation de la phénologie est de seulement 3.98 jours. Cette validation met en évidence le potentiel de l'approche de modélisation. Pour calibrer et valider davantage le modèle à travers le Canada, des informations sur la phénologie des bourgeons ont été partagées par les programmes de surveillance de la tordeuse des bourgeons de l'épinette à travers le Canada, y compris des données de l'Alberta à Terre-Neuve. Avec cette base de

données, nous avons étudié la répartition spatiale du débourrement à travers le Canada, déduit les facteurs climatiques les plus importants à l'origine de l'ouverture des bourgeons et identifié les similitudes phénologiques à travers les éco-provinces canadiennes pour 3 espèces de conifères. La phénologie a aussi été modélisée selon différents scénarios de réchauffement dans l'aire de répartition des espèces hôtes de la tordeuse des bourgeons de l'épinette. Dans le scénario d'atténuation (RCP 4.5), le débourrement futur variait de 6-7 jours plus tôt pour le futur proche (2021-2050), à 12-14 jours plus tôt pour la période 2071-2100 par rapport à la période de référence (1981-2010). L'intégration de PhenoCaB dans BioSIM a contribué de manière significative à l'obtention d'informations phénologiques simultanées nécessaires à la lutte contre la tordeuse et nous travaillons actuellement à l'amélioration des fonctionnalités du modèle lors des opérations de pulvérisation.



## The fate and environmental risk of using imidacloprid to control Hemlock Woolly Adelgid in Nova Scotia

*Christopher B Edge<sup>1</sup>, Christian MacQuarrie<sup>1</sup>, Anthony Lagalante<sup>2</sup>, and Jon Sweeney<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Natural Resources Canada – Canadian Forest Service

<sup>2</sup>Villanova University

The hemlock woolly adelgid (HWA) was first detected in Nova Scotia in 2017 and has since spread throughout the southern portion of the province and begun to cause extensive tree mortality. Throughout the eastern United States HWA has been causing significant hemlock death and loss and a similar result is expected in Canada. Currently, in Canada, control of HWA relies on the use of imidacloprid based insecticides, in particular Xytect 2F applied as a basal bark spray. As part of operational treatments, we measured the environmental fate of imidacloprid and its major derivative, imidacloprid-olefin, for 18 months post application in Nova Scotia and conducted a preliminary risk assessment for non-target effects. Both imidacloprid and imidacloprid-olefin were frequently detected at up to 100 cm from the tree for up to 18 months after applications and infrequently at 200 and 400cm from the tree. Soil concentrations peaked 6 months after application and declined through time at all distances from the tree. Risk quotients for the most sensitive soil invertebrate and ground nesting bees indicate that when imidacloprid is detected there is risk of negative environmental effects. Risk quotients were derived with species that are not native to Nova Scotia hemlock forests and their ability to predict effects are not certain. Due to the infrequent detection beyond 100 cm (30% of samples at 18 months post-treatment) the environmental risk appears to be spatially restricted. We discuss the need for future work characterizing environmental risk in Hemlock stands of Nova Scotia.

### **Le devenir et le risque d'atteinte à l'environnement de l'utilisation de l'imidaclopride dans la lutte contre le puceron lanigère de la pruche en Nouvelle-Écosse.**

Le puceron lanigère de la pruche (PLP) a d'abord été détecté en Nouvelle-Écosse en 2017 et, depuis, l'insecte s'est répandu dans la partie sud de la province et a commencé à causer une mortalité importante des arbres. Le PLP cause une grande mortalité et d'importantes pertes de pruches dans l'est des États-Unis, et on s'attend à un résultat similaire au Canada. À l'heure actuelle, au Canada, la lutte contre le PLP repose sur des insecticides à base d'imidaclopride, en particulier le Xytect 2F pulvérisé sur l'écorce basilaire. Dans le cadre de traitements opérationnels, nous avons mesuré le devenir dans l'environnement de l'imidaclopride et de son principal produit dérivé, l'imidaclopride-oléfine, pendant 18 mois après les applications en Nouvelle-Écosse, et nous avons effectué une évaluation préliminaire du risque d'effets non intentionnels. Nous avons détecté aussi bien l'imidaclopride que l'imidaclopride-oléfine de façon fréquente jusqu'à 100 cm de l'arbre jusqu'à 18 mois après les applications et de façon non fréquente à des distances de 200 cm et de 400 cm de l'arbre. Les concentrations dans le sol ont atteint un sommet six mois après l'application, puis elles ont diminué avec le temps pour toutes les distances par rapport à l'arbre. Les quotients de risque des invertébrés du sol les plus sensibles et des abeilles terricoles montrent que la présence détectée d'imidaclopride est associée à des effets négatifs sur l'environnement. Les quotients de risque ont été établis avec des espèces qui ne sont pas indigènes aux forêts de pruche de la Nouvelle-Écosse, et leur capacité à prédire des effets n'est pas certaine. Étant donné la détection non fréquente au-delà de 100 cm (30 % des échantillons 18 mois après le traitement), le risque d'atteinte à l'environnement semble restreint sur le plan spatial. Nous discutons de la nécessité de mener d'autres travaux afin de mieux caractériser le risque d'atteinte à l'environnement dans les peuplements de pruche de la Nouvelle-Écosse.

**Field guides to Canadian forest insects (Bark and Ambrosia Beetles [Scolytinae], Powder-post and Death Watch Beetles [Bostrichidae], Sap-feeding Beetles [Nitidulidae], Lepidoptera larvae, Coleoptera larvae)**

*David Dutkiewicz*

Invasive Species Centre

**Abstract**

Illustrated dichotomous key to genus and a review of bark beetles (Scolytinae: Curculionidae), sap beetles (Nitidulidae: Coleoptera), and powder-post beetles (Bostrichidae: Coleoptera) of Canada and Alaska to assist in the separation of these families. For each genus, general description of morphological features, habitats, and distribution in Canada and Alaska are noted.

Clé dichotomique illustrée du genre et examen des scolytes, (Scolytinae: Curculionidae), des nitidules (Nitidulidae: Coleoptera), et des bostyches (Bostrichidae: Coleoptera) du Canada et de l'Alaska pour aider à séparer ces familles. Pour chaque genre, des descriptions générales, des caractéristiques morphologiques, des habitats et de la répartition au Canada et en Alaska sont annotées.

