SERG International
2020 Workshop
Program

Halifax Marriott Harbourfront
Halifax, NS
February 4th - 6th, 2020

Host:

Department of Lands and Forestry

NOVA SCOTIA

Sponsors

AG-NAV Inc,	**GDG Environment**
Belchim Crop Protection	**Distributions Solida Inc**
Lallemand Inc/ BioForest	**Sylvar Technologies Inc**
Forest Protection Limited	**Valent BioSciences**

SERG-I Executive Committee

SERG International Workshop

Feb 4th - Feb 6th, 2020
Halifax Marriott Harbourfront, Halifax, NS

PROGRAM

Tuesday, February 4		
Opening Remarks Iain Rankin Minister of Lands and Forestry		8:30 AM
Nova Scotia Lands and Forestry Session		8:45 AM
A review of natural disturbances for implementation of ecological forestry in Nova Scotia *Anthony Taylor*	1	
The 1970s budworm outbreak on the Cape Breton Highlands – a Parks Canada perspective *James Bridgland*	2	
Invasive species of Nova Scotia *Ron Neville*	3	
Black ash recovery and the emerald ash borer in Nova Scotia - a Mi'kmaw perspective *Donna Hurlburt*	4	
Coffee Break		10:00 AM
Emerald Ash Borer		
Investigations into the chemical ecology of the emerald ash borer, *Agrilus planipennis* and the bronze birch borer *Agrilus anxius* *Peter Silk, Peter Mayo, Lucas Roscoe, Krista L. Ryall, Gene Jones*	5	10:30 AM
Efficacy of the FraxiProtec™ auto-dissemination of *Beauveria bassiana* tactic for control of emerald ash borer in urban forests *Jon Sweeney, Robert Lavalée, Mark Ardis, Réjean Bergevin, Kate Van Rooyen, Chantelle Kostanowicz, Cory Hughes, Claude Guertin*	6	10:50 AM
FraxiProtec: A new biological solution to control EAB populations *Mark Ardis*	8	11:10 AM
Release of exotic parasitoids for biological control of the emerald ash borer in Canada. *C J K MacQuarrie, G Jones, V Martel, J Sweeney, A D Roe, K. Ryall*	9	11:30 AM
Lunch		11:50 AM

SERG-I Graduate Student Award Presentations		
Mapping potential distribution, dispersal and prediction uncertainty of forest invasive species- comparing methodologies for improving invasive species distribution modelling *Vivek Srivastava, Amanda D. Roe, Richard Hamelin, Melody A Keena, Verena C. Griess*	**10**	**1:00 PM**
Physiological consequences of climate change on the performance and metabolism of the eastern spruce budworm (*Choristoneura fumiferana* , Clemens) *Heather Spicer*	**12**	**1:20 PM**
Pine Wars - A New Host: Mass attack dynamics of mountain pine beetle in jack pine *Antonia E. Musso, V. Shegelski, A. L. Carroll, and M. L. Evenden*	**14**	**1:40 PM**
Modelling the development of emerald ash borer, *Agrilus planipennis* Fairmaire (Coleoptera: Buprestidae), for potentially invaded regions of Canada and Britain *Kenneth W. Dearborn, Sandy Smith, Chris MacQuarrie, and Daegan Inward*	**16**	**2:00 PM**
Testing for Pheromone Races in the Spruce Beetle (*Dendroctonus rufipennis*) *R. Isitt, S. Heard, D. Pureswaran*	**18**	**2:20 PM**
Coffee Break		**2:45 PM**
Hemlock Woolly Adelgid		
Efficacy of TreeAzin trunk injection for protection of eastern hemlock from hemlock woolly adelgid. *Jon Sweeney, Cory Hughes, Christopher Edge, Rhoda deJonge, Tarryn Goble and Ed Czerwinski*	**20**	**3:15 PM**
Phenological patterns of the Hemlock woolly adelgid in Nova Scotia *Jeffrey Ogden, Celia Boone*	**22**	**3:35 PM**
The role of tree stress in the dynamics and impacts of the hemlock wooly adelgid in Nova Scotia: a forecasting framework and silvicultural mitigation. *Michael Stastny*	**23**	**3:55 PM**
Monitoring of winged *Adelges tsugae* Annand (Hemiptera: Adelgidae), an invasive pest of hemlock (*Tsugae* sp.) using sticky traps in Nova Scotia *Lucas Roscoe, Peter Silk*	**25**	**4:15 PM**
Corporate Sponsors		
	27	**4:35 PM** **4:45 PM**
End Session		

Wednesday, February 5		
Coleoptera Studies		
SPLAT® MCH: An alternative method of control for spruce beetle *Christopher J. Fettig, Jason E. Moan, Darren C. Blackford, Elizabeth E. Graham, A. Steven Munson, E. Matthew Hansen, Gabriel A. Foote, Leif A. Mortenson, and Agenor Mafra-Neto*	**28**	**8:20 AM**
Outbreak ecology of spruce beetle, *Dendroctonus rufipennis* , in relation to pheromone and genetic diversity *Deepa Pureswaran, Steve Heard, Jon Sweeney, Rylee Isitt*	**30**	**8:40 AM**
Formulations of Emamectin Benzoate (TREE-äge®) and Propiconazole (Propizol®) for Protecting Engelmann Spruce from Mortality Attributed to Spruce Beetle and Associated Fungi *Christopher J. Fettig, Darren C. Blackford, Donald M. Grosman, and A. Steven Munson*	**32**	**9:00 AM**
Improving monitoring tools to detect mountain pine beetle at low and high densities in novel habitats *Nadir Erbilgin*	**33**	**9:20 AM**
Flight behavior, degree day models, and identification of potential nitidulid beetle vectors of oak wilt along the northern range of oaks in Canada *Sharon Reed, Jon Sweeney, Fiona Ross, Jennifer Llewellyn*	**35**	**9:40 AM**
Coffee		**10:00 AM**
Effect of dosage and treatment frequency on efficacy of TreeAzin™ Systemic Insecticide for protecting foliage from the beech leaf-mining weevil and preventing mortality of American beech in high value urban environments. Jon Sweeney, Cory Hughes, Tarryn Goble, Joe Meating, Ed Czerwinski, Joel Goodwin, Garrett Brodersen, N. Kirk Hillier, Rob Johns	**37**	**10:30 AM**
Lepidoptera Studies		
Improvement of Semiochemical-Based Trapping Method for Whitemarked Tussock Moth *Peter Mayo, Peter Silk, Gaetan LeClair, Lucas Roscoe, David MaGee, Deepa Abeysekera, Kirk Hillier, Celia Boone, Kris Lambert*	**39**	**10:50 AM**
Ecosystem impacts of forest tent caterpillar outbreaks *Anne-Sophie Caron, Joshua Jarry, Benoit Lafleur, Emma Despland*	**41**	**11:10 AM**
Hymenoptera Studies		
Response of pollinator communities to herbicide application *Marika Brown* , Amy Parachnowitsch, Christopher B Edge	**42**	**11:30 AM**
Lunch		**11:50 AM**

Early Intervention Strategy to Suppress a Spruce Budworm Outbreak Phase II		
A conceptual framework for the spruce budworm Early Intervention Strategy: can outbreaks be stopped? *Robert C. Johns, Joseph J. Bowden, R. Drew Carleton, Barry J. Cooke, Sara Edwards, Erik J.. Emilson, Patrick M.A. James, Dan Kneeshaw, David A. MacLean, Véronique Martel, Eric R.D. Moise, D. Gordon Mott, Chris J. Norfolk, Emily Owens, Deepa S. Pureswaran, Dan T. Quiring, Jacques Régnière, Brigitte Richard, and Michael Stastny*	**44**	**1:00 PM**
Results from Network of Automatic Pheromone Traps Jean-Noel Candau	**45**	**1:20 PM**
Budworm tracker cost-benefit analysis in comparison to conventional provincial approach *Emily Owens*	**46**	**1:40 PM**
Assessing effects of landscape level forest management and biotic interaction on spruce budworm outbreaks and subsequent carbon dynamics *Dan Kneeshaw, Louis De Grandpré, Deepa Pureswaran, Steven Kembel, Changhui Peng*	**47**	**2:00 PM**
Bird predation in a declining population of the spruce budworm (Lepidoptera: Tortricidae) *Jacques Régnière* , Dan Welsh	**49**	**2:30 PM**
Coffee		**2:50 PM**
Genomics-based approaches for monitoring the spruce budworm and its natural enemies Stewart D, Nisole A, Djoumad A, Kyei-Poku G, Kamenova S, Huron P, Trudeau S, Smith A, Eveleigh E, Johns R, Martel V, Cusson M	**51**	**3:30 PM**
Early Intervention Strategy for spruce budworm: Efficacy results to date *Sara Edwards, Joe Bowden, Gerry Cormier, Rob Johns, Véronique Martel, Eric Moise, Emily Owens, Deepa Pureswaran, Michael Stastny and Andrew Willett*	**53**	**3:50 PM**
Chemical Ecology Studies: Spruce budworm *Choristoneura fumiferana* *Peter Silk, Lucas Roscoe, Wayne McKinnon, Peter Mayo, Martin Williams, Gaetan LeClair, Glen Forbes*	**54**	**4:10 PM**
Evidence of a direct chemical plant defense role for maltol against spruce budworm *Martin Williams, Glen Forbes, Wayne Mackinnon, Eldon Eveleigh, Rosanna Lamb, Lucas Roscoe, Peter Silk*	**55**	**4:30 PM**
End Session		**4:50 PM**
Banquet		**6:30 PM**

Thursday, February 6		
Spruce Budworm		
How do chemotypic variations of white spruce affect performance of spruce budworm: revisiting the role of monoterpenes and phenolics compound in tree resistance? *Aziz Ullah, Jennifer G Klutsch, Nadir Erbilgin*	**57**	**8:10 AM**
Pheromone and host plant odor detection and processing in spruce budworm *N. Kirk Hillier, Thanusha Suresh, Lucas Roscoe, Peter Silk*	**59**	**8:30 AM**
Comparisons of *Btk* aerial spraying strategies against the eastern spruce budworm, based on protection timing and intensity during a complete outbreak episode. *Alain Dupont, Éric Bauce, Alvaro Fuentealba Morales, Christian Hébert, Catherine Henry*	**60**	**8:50 AM**
New methods in quantifying stage-specific natural enemy attack on forest pest defoliators *Joe Bowden, Eric Moise*	**62**	**9:10 AM**
Tracking spruce budworm immigrations to the western coast of Newfoundland: refinement of monitoring tools to improve early detection *Marc Rhainds*	**64**	**9:30 AM**
Coffee		**9:50 AM**
Understanding overwintering survival as a component of pest management strategies for spruce budworm *Joe Bowden, Eric Moise, Michael Stastny*	**65**	**10:20 AM**
Development, calibration and validation of a new process-based phenological model to improve forest protection in several conifer species *Annie Deslauriers*	**67**	**10:40 AM**
Long term monitoring of northward range expansion, population dynamics and adaptation of spruce budworm populations *Deepa Pureswaran, Louis De Grandpré, Stéphane Bourassa, Eric Moise*	**68**	**11:00 AM**
Validation of a spruce budworm phenology model across environmental and genetic gradients: applications for budworm control and climate change predictions *Jean-Noël Candau, John Dedes, Ashley Lovelace, Chris MacQuarrie, Kerry Perrault, Amanda Roe, Kala Studens, Ashlyn Wardlaw*	**69**	**11:20 AM**
End Workshop		**11:40 AM**

A review of natural disturbances for implementation of ecological forestry in Nova Scotia

Anthony Taylor

Natural Resources Canada, AFC

The 1970s budworm outbreak on the Cape Breton Highlands – a Parks Canada perspective

James Bridgland

Parks Canada

Invasive species of Nova Scotia

Ron Neville

Canadian Food Inspection Agency

Black ash recovery and the emerald ash borer in Nova Scotia - a Mi'kmaw perspective

Donna Hurlburt

First Nations and Nova Scotia Department of Lands and Forestry

Investigations into the chemical ecology of the emerald ash borer, *Agrilus planipennis* and the bronze birch borer *Agrilus anxius*

Peter Silk[1], Peter Mayo[1], Lucas Roscoe[1], Krista L. Ryall[2], Gene Jones[2]

[1] Natural Resources Canada-Canadian Forest Service, 1350 Regent Street, Fredericton, NB. E3B 5P7 Email: peter.silk@canada.ca
[2] Natural Resources Canada-Canadian Forest Service, 1219 Queen Street East, Sault Ste. Marie, ON, P6A 2E5

Collaborators: Gaetan LeClair (NRCan-CFS), Troy Kimoto (CFIA).

Abstract

The emerald ash borer (EAB), *Agrilus planipennis* is a serious non-indigenous pest in North America causing extremely high levels of mortality to ash trees (*Fraxinus* spp., Oleaceae) in the USA and Canada. Knowledge of buprestid chemical ecology is sparse but the appearance of EAB in North America and its devastating ecological and economic impacts have afforded an opportunity to study the semiochemistry, biology and ecology of this buprestid in detail. The bronze birch borer, *Agrilus anxius*, is a native North American buprestid pest of stressed or weakened birch (*Betula* spp.) trees and, although not considered a pest in North America, it is considered a major threat to European birch species as a potentially adventive insect. We report on a number of viable new host kairomones, possibly fungally derived, that may be important in capturing either of these *Agrilus* species. Green leaf volatiles play a critical role in host attraction by both species. No new kairomones were identified for *Agrilus planipennis*, however, 3Z-hexenol, released at ~100mg/day caught significant numbers of *Agrilus anxius* on green sticky prism traps on white birch.

Résumé

L'agrile du frêne (EAB), *Agrilus planipennis*, est un ravageur exotique grave en Amérique du Nord causant des taux de mortalité extrêmement élevés chez les frênes (*Fraxinus* spp., Oleaceae) aux États-Unis et au Canada. La connaissance de l'écologie chimique du buprestide est rare, mais l'apparition de l'agrile du frêne en Amérique du Nord et ses impacts écologiques et économiques dévastateurs ont été l'occasion d'étudier en détail la sémiochimie, la biologie et l'écologie de ce buprestide. L'agrile du bouleau, *Agrilus anxius*, est un ravageur indigène de l'Amérique du Nord attaquant principalement les bouleaux en état de stress ou affaiblit (*Betula spp.*). Il n'est pas considéré comme un ravageur en Amérique du Nord, mais pour les espèces de bouleaux Européens, il est considéré comme un insecte adventice ayant une menace importante. Nous rapportons sur plusieurs nouvelles kairomones d`hôtes viables, possiblement d'essences fongiques, qui sont peut-être important pour attraper les espèces *Agrilus.* Les substances volatiles des feuilles vertes jouent un rôle critique dans la capture des deux espèces. Aucune nouvelle kairomone fut identifiée pour *Agrilus planipennis*, mais, le 3Z-hexenol, relâché à une concentration de 100mg/jour a attrapé une quantité significative d'*Agrilus anxius* avec des pièges à prisme collant vert sur le bouleau blanc.

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

Jon Sweeney[1], Robert Lavalée[2], Mark Ardis[3], Réjean Bergevin[3], Kate Van Rooyen[1], Chantelle Kostanowicz[1], Cory Hughes[1], and Claude Guertin[4]

[1]Atlantic Forestry Centre, 1350 Regent Street, Fredericton, NB, E3B 5P7, Tel. (506) 452- 3499; Email: jon.sweeney@canada.ca
[2]Laurentian Forestry Centre, 1055 rue du P.E.P.S., QC, G1C 4C7, Tel. (418) 648-5803; Email : robert.lavalee@canada.ca
[3]GDG Environment Ltd., 430 Saint-Laurent Street, Trois-Rivières, QC, G8T 6H3; Tel. (819) 373-3097; Email: rejean.bergevin@gdg.ca
[4] Institut Armand-Frappier, 531 des Prairies Boulevard, Laval, QC, H7V 1B7; Tel: (450) 687-5010, ext. 4234, claude.guertins@inrs.ca

Industry Partner: GDG Environment Ltd.

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, and in Oromocto and Moncton, NB, in 2019. 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 an auto-dissemination chamber attached to the bottom of a multi-funnel trap and pick up a lethal dose of the fungal pathogen, *Beauveria bassiana*, but spread the infection to other EAB via contact/copulation before they die. EAB females infected with *B. bassiana* die sooner and lay fewer eggs than healthy females. We tested FraxiProtec™ at two sites: Bedford, Nova Scotia, with a known EAB infestation, and Odell Park, Fredericton, where EAB has not yet been detected. In Bedford, we set up a pair of 1-ha plots located about 900 m apart, and randomly assigned one plot to be treated with FraxiProtec™ and the other plot to be an untreated control. In each plot we placed a pair of traps (one Fluon-coated green 12-funnel Lindgren traps fitted with an auto-dissemination chamber and one green sticky prism trap baited with *Z*-3-hexenol and the *Z*-lactone pheromone in each of 15 mature ash trees, with trees spaced 20–30 m apart. The untreated control plot was the same set up as the FraxiProtec plot except the fungal pouch was replaced by a pouch filled with sterile glass beads. Methods in Fredericton were the same except we did not have an untreated control plot. The experiments ran from 11 June to 19 July in Fredericton and from 3 July to 29 August in Bedford; sticky traps were checked weekly to remove EAB and fungal pouches replaced every 2 weeks. In Halifax, we collected 53 and 61 specimens of EAB in the treated and untreated plots, respectively, but none was infected with *B. bassiana*. In Fredericton, we collected two buprestid specimens, one of which was infected with *B. bassiana*, and zero EAB. Zero percent infection of EAB in FraxiProtec™ field trials is highly unusual. We suspect a switch in supplier of lactone lures in 2019 (from Chemtica to Sylvar) may have made the baited sticky traps much more attractive and competitive with the unbaited auto-contamination trap, such that most EAB were captured on the sticky traps before they could contact the fungal pouch. For 2020 field trials we will seek permission from PMRA to bait the auto-contamination traps as well as the sticky traps with *Z*-3-lactone and *Z*-3-hexenol, or if this is not permitted, revert to using the less

attractive saturated lactone analog on the auto-contamination traps since this has resulted in reasonably high infection levels in prior field trials.

Résumé

L'agrile du frêne a été découvert à Edmundston (Nouveau-Brunswick) et à Halifax (Nouvelle-Écosse) au printemps et à la fin de l'été 2018 respectivement, ainsi qu'à Oromocto et à Moncton (Nouveau-Brunswick) en 2019. 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^{MC} 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 d'auto-dissémination fixée au bas d'un piège à entonnoirs multiples, où ils ramassent une dose létale du pathogène fongique, *Beauveria bassiana,* tout en propageant l'infection à d'autres agriles par contact/accouplement avant de mourir. Les agriles femelles infectées au *B. bassiana* meurent plus rapidement et pondent moins d'œufs que les femelles en santé. Nous avons mis FraxiProtec^{MC} à l'essai dans deux sites : à Bedford, en Nouvelle-Écosse, où sévit une infestation connue, et dans le parc Odell, à Fredericton, où l'insecte n'a pas encore été détecté. À Bedford, nous avons établi une paire de parcelles d'un hectare situées à environ 900 m l'une de l'autre; nous avons choisi au hasard la parcelle à traiter au FraxiProtec^{MC} et la parcelle servant de témoin. Dans chaque parcelle, nous avons placé une paire de pièges (un piège Lindgren vert à 12 entonnoirs recouvert de Fluon auquel était fixé une chambre d'auto-dissémination, et un piège collant vert appâté avec *Z*-3-hexenol et la phéromone *Z*-lactone) dans chacun de 15 frênes matures situés à une distance de 20 à 30 m les uns des autres. La parcelle témoin non traitée avait la même configuration que la parcelle traitée au FraxiProtec, sauf que nous avons remplacé le sachet fongique par un sachet rempli de billes de verre stériles. Nous avons employé les mêmes méthodes à Fredericton, sauf que nous n'avions pas de parcelle témoin non traitée. Les expériences ont été menées du 11 juin au 19 juillet à Fredericton et du 3 juillet au 29 août à Bedford; les pièges collants ont été vérifiés toutes les semaines pour en retirer les agriles, et les sachets fongiques ont été remplacés toutes les deux semaines. À Halifax, nous avons recueilli 53 spécimens dans les parcelles traitées et 61 spécimens dans les parcelles non traitées, mais aucun n'était infecté au *B. bassiana*. À Fredericton, nous avons recueilli deux spécimens de buprestidés, dont l'un était infecté au *B. bassiana*, et aucun agrile. Il est très inhabituel d'obtenir un pourcentage nul d'infection chez les agriles du frêne dans les essais sur le terrain utilisant FraxiProtec^{MC}. Nous pensons qu'un changement de fournisseur des leurres au lactone en 2019 (de Chemtica à Sylvar) pourrait avoir grandement augmenté le pouvoir d'attraction des pièges collants appâtés et accru la concurrence avec les pièges non appâtés à auto-contamination, de sorte que la plupart des agriles ont été capturés dans les pièges collants avant de pouvoir entrer en contact avec le sachet fongique. Pour les essais sur le terrain de 2020, nous demanderons la permission à l'ARLA d'appâter les pièges à auto-contamination ainsi que les pièges collants avec *Z*-3-lactone et *Z*-3-hexenol; si la permission n'est pas accordée, nous reviendrons au moins attrayant lactone analogue saturé sur les pièges à auto-contamination, puisque cette méthode a donné lieu à des niveaux d'infection raisonnablement élevés dans des essais antérieurs sur le terrain.

FraxiProtec™ a new biological way to control EAB populations

Mark Ardis

G D G Environnement Ltée

Abstract

FraxiProtec™ solution is a new biological way of controlling EAB populations. The system uses an autodissemination device to release a pathogenic fungus into the adult EAB population. We will present the new technology along with the preliminary results of the 2017, 2018 and 2019 research projects conducted in 17 municipalities located in Quebec, Ontario, Illinois, Pennsylvania and Minnesota. These research projects are part of the PMRA and EPA registration process. The research will be carried over three years and will lead to the most efficient methodology which will be used for the directions on the pesticide label**.**

Résumé

FraxiProtec[MC] est un nouveau système de lutte biologique contre l'agrile du frêne. Grâce à un dispositif d'autodissémination, il répand un champignon pathogène parmi les agriles adultes. Nous présenterons aujourd'hui cette nouvelle technologie ainsi que les résultats préliminaires de projets pilotes réalisés en 2017, 2018 et 2019 dans 17 municipalités aux Canada et aux États-Unis. Ces projets de recherche sur trois ans, qui s'inscrivent dans le processus d'homologation de l'ARLA, permettront d'établir la méthodologie la plus efficiente, qui servira de prescription pour l'étiquette du pesticide.

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

C J K MacQuarrie[1], G Jones[1], V Martel[2], J Sweeney[3], A D Roe[1], K. Ryall[1]

[1] NRCan Canadian Forest Service, Great Lakes Forestry Centre, Sault Ste. Marie, Ontario.
[2] NRCan Canadian Forest Service, Laurentian Forestry Centre, Québec, Quebec.
[3] NRCan Canadian Forest Service, Atlantic Forestry Centre, Fredericton, New Brunswick.

Abstract

During 2019, we released *Tetrastichus planipennisi* Yang (Hymenopter: Eulophidae) at one locations established in 2018 as well as six new release site established in 2019 in Ontario, Quebec and New Brunswick. We released over 47,000 *Tetrastichus planipennisi* at these sites. In addition, over 7,000 *Oobius agrili* and 3,800 *Spathius galinae* were released. In total, there are now 26 sites where over 174, 000 *T. planipennisi* have been released over the past seven years. In addition, over 51,000 *O. agrili* have been released at 23 sites over the past five years and 6600 *S. galinae* over the past three years. In fall 2019, we sampled trees from eight of the completed sites to evaluate recovery of *T. planipennisi* ; rearing of log bolts has begun as of December 2019 and will continue through May 2019 to attempt to recover the parasitoid at these sites. Additional sampling to recover *O. agrili* began in fall of 2019 and processing of the samples will be conducted in 2020. Rearing of *T. planipennisi* and *O. agrili* at the Insect Production and Quarantine Laboratory, Great Lakes Forestry Centre has been ongoing since December 2016. As a result over 18000 "made in Canada" Tetrastichus and 5600 Oobius in total were released at four sites from 2017 to 2019. The objective of this rearing initiative is to augment numbers provided by USDA-APHIS.

Résumé

En 2019, nous avons relâché *Tetrastichus planipennisi* Yang (Hymenopter: Eulophidae) à un endroit établi en 2018 ainsi qu'à six nouveaux sites établis en 2019 en Ontario, au Québec et au Nouveau-Brunswick. Nous avons relâché plus de 47 000 *Tetrastichus planipennisi* à ces endroits, en plus de 7 000 *Oobius agrili* et de 3 800 *Spathius galinae*. Au total, il y a maintenant 26 sites où nous avons relâché plus de 174 000 *T. planipennisi* au cours des sept dernières années. Par ailleurs, plus de 51 000 *O. agrili* ont été relâchés dans 23 sites depuis cinq ans, et 6600 *S. galinae* depuis trois ans. À l'automne 2019, nous avons échantillonné des arbres dans huit des sites traités pour évaluer la détection de *T. planipennisi*; l'élevage dans des blocs de bois a commencé en décembre 2019 et se poursuivra jusqu'en mai 2019 pour tenter de détecter le parasitoïde dans ces sites. D'autres échantillons visant à détecter *O. agrili* ont commencé à être prélevés au printemps 2019, et le traitement des échantillons aura lieu en 2020. L'élevage de *T. planipennisi* et d'*O. agrili* au laboratoire de production d'insectes et de quarantaine du Centre de foresterie des Grands Lacs est en cours depuis décembre 2016. Grâce à ces efforts, plus de 18 000 *Tetrastichus* et 5600 *Oobius* « élevés au Canada » ont été relâchés au total dans quatre sites entre 2017 et 2019. L'objectif de ce projet d'élevage est de suppléer aux spécimens fournis par le USDA-APHIS.

Mapping potential distribution, dispersal and prediction uncertainty of forest invasive species- comparing methodologies for improving species distribution modelling

Vivek Srivastava[a], Amanda D. Roe[b], Richard Hamelin[c], Melody A Keena[d], Verena C. Griess[a]

[a] University of British Columbia, Faculty of Forestry, Department of Forest Resources Management
[b] Great Lakes Forestry Center, Natural Resources Canada, Sault Ste. Marie, ON, Canada
[c] Department of Forest and Conservation Sciences, The University of British Columbia, Vancouver, BC, Canada
[d] Northern Research Station, USDA Forest Service, Hamden, CT 06514, United States

Abstract
Forest Invasive Species (FIS) are of serious concern to biodiversity around the world and their impacts on native plant species, communities, and on associated environments are widely recognized to have both economic and ecological impacts. Species distribution models (SDMs) are one approach used to prioritize areas at risk of invasion which in turn is critical for conservation and management planning and for understanding FIS ecology. The process of building SDMs is highly complex though, and until today associated with significant uncertainties. While recent advances in iterative model development, model fitting, evaluation and improvement have led to an increase in accuracy, questions have been raised regarding the practice of model building. Ecological baseline assumptions that often aren't biologically informed may be weak, leading to the selection of default SDM settings despite the fact that alternative settings are often more appropriate In the current study we used four FIS to evaluate the effects of various SDM design strategies while mapping their potential distributions in Canada and in their respective native regions. We produced dispersal restricted projections of individual FIS distributions in various climate change scenarios that also accounted for anthropogenic factors governing the species distributions. We chose four FIS to serve as case studies i: two insects (Asian longhorned beetle [ALB], Anoplophora glabripennis; Asian gypsy moth [AGM], Lymantria dispar dispar) and two pathogens (sudden oak death [SOD], Phytophthora ramorum; Dutch elm disease [DED], Ophiostoma ulmi and Ophiostoma novo-ulmi). All four pose significant threats to Canadian forests and are considered high risk invasives by the Canadian Food Inspection Agency, the main regulatory body for managing invasive species. By using a case study approach, we show how predictions for different FIS can vary quite dramatically and highlight the need for biologically informed modelling, particularly when developing predictions for FIS.

Résumé
Les espèces envahissantes des forêts (EEF) sont préoccupantes pour la diversité mondiale, et leurs incidences sur les plantes indigènes, les communautés et les environnements connexes sont largement reconnues comme ayant des répercussions aussi bien économiques qu'écologiques. Les modèles de répartition des espèces constituent une des approches utilisées pour établir les zones prioritaires qui sont à risque d'invasion, ce qui est à son tour est critique pour la conservation et la planification de l'aménagement et pour comprendre l'écologie des EEF. Or, la création de tels modèles est un processus extrêmement complexe, qui, jusqu'à présent, comportait des incertitudes importantes. Alors que les récentes avancées dans l'élaboration de modèles itératifs et l'ajustement, l'évaluation et l'amélioration des modèles ont rehaussé l'exactitude des données, la façon dont les modèles sont élaborés soulève des questions. Comme il arrive souvent que les hypothèses écologiques de départ soient faibles parce qu'elles ne sont pas fondées sur la biologie, on sélectionne alors les réglages par défaut

des modèles, malgré le fait que d'autres réglages sont souvent plus appropriés. Dans l'étude actuelle, nous avons utilisé quatre EEF pour évaluer les effets de diverses stratégies de conception de modèles de répartition des espèces en cartographiant leurs répartitions éventuelles au Canada et dans leurs régions indigènes respectives. Nous avons produit des prévisions de dispersion restreintes pour la répartition d'EEF individuelles selon différents scénarios de changements climatiques qui tiennent aussi compte de facteurs anthropiques qui régissent la répartition des espèces. Nous avons choisi quatre EEF pour nos études de cas, soit deux insectes (le longicorne asiatique, Anoplophora glabripennis, et la spongieuse d'Asie, Lymantria dispar dispar) et deux pathogènes (l'encre des chênes rouges, Phytophthora ramorum, et la maladie hollandaise de l'orme, Ophiostoma ulmi et Ophiostoma novo-ulmi). Ces quatre espèces représentent des menaces sérieuses pour les forêts canadiennes et sont considérées comme des espèces envahissantes à risque élevé par l'Agence canadienne d'inspection des aliments, le principal organisme de réglementation qui gère les espèces envahissantes. En utilisant une approche qui repose sur des études de cas, nous montrons la manière dont les prédictions des différentes EEF peuvent varier considérablement et mettons en lumière la nécessité de fonder les modèles sur des données biologiques, surtout en ce qui concerne l'élaboration de prédictions relatives aux EEF.

Physiological consequences of climate change on the performance and metabolism of the eastern spruce budworm (*Choristoneura fumiferana*, Clemens)

Heather Spicer[1]

Supervisors: Dr. Joseph Bowden[1,2], Dr. Eric Moise[1,2], and Dr. Raymond Thomas[1]

[1] Memorial University (Grenfell Campus), School of Science and Environment, Corner Brook, NL A2H 5G4

[2] Canadian Forest Service, Atlantic Forestry Centre, Corner Brook, NL A2H 6J3

Abstract

Climate change is affecting boreal forest dynamics, including many pest-tree interactions. Due to their temperature sensitivity, insects are a useful group for understanding the effects of climate change on forests. Pest species, however, tend to be more resilient to change. The spruce budworm is the most destructive pest of fir-spruce forests in North America. The current outbreak of the spruce budworm throughout Quebec is of great concern, and although management programs such as the Early Intervention Strategy offer promising mitigation options under current environmental conditions, the extent to which climate warming will influence spruce budworm physiology, and ultimately, their survival, remains uncertain.

Using environmental chambers, I reared spruce budworm under a range of temperatures that simulated historical and projected growing season temperatures for Newfoundland, Canada. To determine the physiological consequences of warming on budworm performance, I quantified growth, feeding performance, metabolism, and fat content. Results indicate that temperature significantly decreased development times to maturity and increased metabolic rate in both late-stage larvae and adults. There was, however, little to no consequence for pupal and adult mass. Feeding experiment results suggest that despite shorter maturation periods and greater metabolic losses, the lack of an effect on budworm mass can likely be attributed to budworm feeding more efficiently at warmer temperatures. Subsequent analyses of budworm fat storage, and other metabolically important compounds, may provide further mechanistic insight into these responses from an energetics perspective. Overall, despite increased metabolic costs in response to warming temperatures, spruce budworm can mitigate negative effects via processes such as compensatory feeding, therefore, exhibiting a resiliency to climate change that is consistent with the pest species paradigm.

Résumé

Les changements climatiques ont des répercussions sur la dynamique de la forêt boréale, notamment sur les nombreuses interactions entre les ravageurs et les arbres. En raison de leur sensibilité à la température, les insectes sont utiles pour comprendre les effets des changements climatiques sur les forêts. Les espèces de ravageurs, cependant, ont tendance à être plus résistantes aux changements. La tordeuse des bourgeons de l'épinette est le ravageur le plus destructeur des forêts de sapins et d'épinettes en Amérique du Nord. L'infestation actuelle de ce ravageur au Québec est très préoccupante. Bien que des programmes de gestion (p. ex. Stratégie d'intervention précoce) offrent de possibles mesures d'atténuation prometteuses dans les conditions environnementales actuelles, on ne connaît pas encore la mesure dans laquelle le réchauffement

climatique influera sur la physiologie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette et, en fin de compte, sa survie.

Au moyen d'enceintes environnementales, j'ai élevé des tordeuses des bourgeons de l'épinette dans une fourchette de températures qui simulait les températures historiques et projetées de la saison de croissance à Terre Neuve, au Canada. Pour déterminer les conséquences physiologiques du réchauffement climatique sur le rendement de la tordeuse des bourgeons de l'épinette, j'ai mesuré la croissance, le rendement alimentaire, le métabolisme et la teneur en gras. Les résultats indiquent que la température a considérablement réduit la période de développement jusqu'à la maturité et a augmenté le taux métabolique chez les larves de stade avancé et les adultes. Toutefois, il y a eu peu ou pas de conséquence sur le poids des pupes et des adultes. Les résultats des expériences d'alimentation donnent à penser que, malgré des périodes de maturation plus courtes et des pertes métaboliques plus importantes, l'absence d'effet sur le poids des tordeuses des bourgeons de l'épinette peut probablement être attribuée au fait que celle ci se nourrit plus efficacement lorsque les températures sont plus élevées. Des analyses subséquentes du stockage des graisses par la tordeuse des bourgeons de l'épinette et d'autres composés importants sur le plan métabolique pourraient fournir un aperçu mécaniste plus approfondi de ces réponses d'un point de vue énergétique. Dans l'ensemble, malgré l'augmentation des coûts métaboliques en réponse au réchauffement climatique, la tordeuse des bourgeons de l'épinette peut atténuer les effets négatifs par des processus tels que l'alimentation compensatoire, faisant ainsi preuve d'une résilience aux changements climatiques qui est conforme au paradigme des ravageurs.

Pine Wars – A New Host: Mass attack dynamics of mountain pine beetle in jack pine

Antonia E. Musso[1], V. Shegelski[1], A. L. Carroll[2], and M. L. Evenden[1]

[1]Department of Biological Sciences University of Alberta
[2]Department of Forest & Conservation Sciences University of British Columbia

Abstract
One of the many ways climate change is being observed globally is through range expansions of insect pests. The mountain pine beetle (MPB), *Dendroctonus ponderosae* Hopkins (Coleoptera: Curculionidae), has now expanded its historically Western North American range into Northern and Central Alberta, Canada where it is attacking evolutionarily naïve hosts lodgepole pine (*Pinus contorta*) and jack pine (*Pinus banksiana*). Using pheromone-mediated mass attack during the epidemic population phase, MPB in sufficient numbers are capable of overwhelming vigorously defended trees. Past this mass attack threshold, brood success increases until the optimal attack density is reached, above which brood success declines as there is competition for finite resources under the bark. Our current understanding of MPB mass attack dynamics originates from studies performed in the historic range; the minimum attack density required to achieve mass attack is ≈40 beetles/square metre; the optimal attack density, where defenses are overcome and intraspecific competition is limited, is ≈60 beetles/square metre. Naïve pines have different chemical defense profiles and are not adapted to MPB attack compared to lodgepole pines in the historic range. We manipulated attack densities in lodgepole and jack pines in the field to describe mass attack dynamics by measuring the number of parental, larval, and pupal galleries formed by MPB at various densities. The mass attack threshold and optimal attack densities appear to be lower in Alberta pines compared to the historic range, however this result varied by year in lodgepole pine. Gallery characteristics in jack pine were considerably different than lodgepole pine so direct comparisons between the two are difficult to make. Understanding how mass attack dynamics are different in Alberta pines will allow us to predict the long-term population dynamics of MPB in its expanded range and its potential for spread through Canada's boreal forest.

Résumé
L'une des nombreuses manifestations des changements climatiques observées à l'échelle mondiale est l'expansion de l'aire de certains ravageurs. Le dendroctone du pin ponderosa (DPP), *Dendroctonus ponderosae* Hopkins (Coleoptera: Curculionidae), a maintenant élargi son aire historique dans l'ouest de l'Amérique du Nord pour gagner le nord et le centre de l'Alberta, au Canada, où il attaque le pin tordu latifolié (*Pinus contorta*) et le pin gris (*Pinus banksiana*), des hôtes qui n'ont jamais connu le DPP dans leur évolution. Avec une attaque massive déclenchée par une phéromone durant la phase épidémique, le DPP est capable, en nombres suffisants, de terrasser des arbres défendus vigoureusement. Passé le seuil de cette attaque massive, le succès de couvaison augmente jusqu'à ce que la densité optimale d'attaque soit atteinte, au-delà de laquelle le succès de couvaison diminue, car il y a alors concurrence pour les ressources limitées qui se trouvent sous l'écorce. Ce que nous comprenons actuellement de la dynamique des attaques massives par le DPP nous vient des études effectuées dans l'aire de répartition historique; la densité d'attaque minimale nécessaire pour produire une attaque massive est ≈40 insectes/m^2; la densité d'attaque optimale, où les défenses sont maîtrisées et la concurrence intraspécifique est limitée, est de ≈60 insectes/m^2. Les pins jamais exposés au DPP ont des profils de défense chimiquement

différents et ne sont pas adaptés aux attaques par le DPP comparativement au pin tordu latifolié. Nous avons manipulé les densités d'attaque dans le pin tordu latifolié et le pin sur le terrain pour décrire la dynamique des attaques massives en mesurant le nombre de galeries parentales, larvaires et nymphales formées par le DPP à différentes densités. Le seuil pour une attaque massive et les densités d'attaque optimales semblent être plus faibles dans les pins de l'Alberta comparativement à l'aire de répartition historique; toutefois, ce résultat varie d'une année à l'autre pour le pin tordu latifolié. Les caractéristiques des galeries dans le pin gris différaient considérablement de celles du pin tordu latifolié, de sorte qu'il est difficile d'établir des comparaisons directes entre les deux. Comprendre les différences dans la dynamique des attaques massives dans les pins de l'Alberta nous permettra de prédire la dynamique à long terme des populations de DPP dans son aire de répartition élargie et son potentiel de propagation dans la forêt boréale canadienne.

Modelling the development of emerald ash borer, *Agrilus planipennis* Fairmaire (Coleoptera: Buprestidae), for potentially invaded regions of Canada and Britain

Kenneth W. Dearborn[1], Sandy Smith[1], Chris MacQuarrie[2], and Daegan Inward[3]

[1] University of Toronto, Graduate Department of Forestry, Toronto, Ontario
[2] NRCan Canadian Forest Service, Great Lakes Forestry Centre, Sault Ste. Marie, Ontario
[3] Forest Research, Alice Holt Lodge, Farnham, Surrey, United Kingdom

Abstract

The emerald ash borer (EAB), *Agrilus planipennis* Fairmaire (Coleoptera: Buprestidae), is an invasive beetle from Asia that has spread throughout eastern North America and part of western Russia. Stage-specific growth rates of EAB larvae are needed to inform models that can be used to mitigate range expansion and predict long-term impacts both in North America and throughout Europe. Developmental rates for EAB are being determined for each life stage in North American green ash, *Fraxinus pennsylvanica*, and European ash, *F. excelsior*, across a range of biologically-relevant temperatures (7–35 °C). For eggs and larvae, 7 and 10 °C appear to be below developmental thresholds with zero eggs hatching and no larvae progressing from first to second instar. Developmental time of EAB eggs was shorter as temperatures increased from 15 to 35 °C (62 days versus 8 days). Growth of larval instars feeding within *F. pennsylvanica* was also faster at 30 °C than at 25 °C with more than 50% of larvae completing development from egg hatch to prepupae at 30 °C in 45 days. Ongoing work is assessing developmental rates at lower temperatures where development is slower. Future work will compare growth rates of EAB feeding in *F. excelsior*. These data for stage-specific growth rates will be used to determine where EAB is capable of a complete life cycle and to improve forest management practitioners' efficacy of biological control release timing.

Résumé

L'agrile du frêne, *Agrilus planipennis* Fairmaire (Coleoptera: Buprestidae), est un buprestidé envahissant originaire de l'Asie qui s'est répandu dans tout l'est de l'Amérique du Nord et une partie de la Russie de l'ouest. Il est nécessaire de connaître les taux de croissance de chaque stade larvaire de ce buprestidé pour éclairer les modèles pouvant être utilisés pour ralentir l'expansion de son aire de répartition et prédire les incidences à long terme aussi bien en Amérique du Nord qu'en Europe. Les taux de développement de l'insecte sont déterminés pour chaque stade de vie dans le frêne vert nord-américain, *Fraxinus pennsylvanica*, et le frêne commun, *F. excelsior*, pour un éventail de températures d'intérêt biologique (7–35 °C). Pour les œufs et les larves, des températures entre 7 et 10 °C semblent être sous les seuils de développement – aucun œuf éclos et aucune larve passant du premier au deuxième stade. La période de développement des œufs raccourcissait à mesure que la température montait – de 15 à 35 °C (62 jours versus 8 jours). De plus, la croissance des larves qui se nourrissaient de *F. pennsylvanica* a été plus rapide à 30 °C qu'à 25 °C, plus de 50 % des larves achevant leur développement de l'éclosion de l'œuf à l'état de prénymphe en 45 jours à 30 °C. Les travaux en cours évaluent les taux de développement à des températures plus basses quand le développement est plus lent. De futurs travaux compareront les taux de croissance de l'agrile du frêne qui se nourrit de *F. excelsior*. Ces données sur les taux de croissance à des stades précis

serviront à déterminer où l'agrile du frêne est capable de survivre durant un cycle de vie complet et à aider les professionnels de l'aménagement forestier à mieux établir le moment de libération des agents de lutte biologique.

Testing for Pheromone Races in the Spruce Beetle (*Dendroctonus rufipennis*)

R. Isitt[1], S. Heard[1], D. Pureswaran[2]

[1] Department of Biology, University of New Brunswick, Fredericton, NB, Canada
[2] Canadian Forest Service, Laurentian Forestry Centre, Quebec City, Quebec, Canada

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. The sympatric genetic differentiation is surprising given that the two spruce beetle populations occupy the same habitat and host species. We hypothesize that the sympatric populations may produce and respond to different pheromone blends, leading to "pheromone races" as barriers to gene flow that maintain the genetic distinctiveness of the populations. Our current project aims to test this hypothesis, as well as to extend prior descriptions of local and geographic pheromone variation in the spruce beetle. We are currently rearing spruce beetles in infested bolts from sites in Alberta and New Brunswick and will begin extracting pheromone blends paired with mtDNA COI from individual beetles in February. We plan to use clustering methods for both the pheromone and genetic data, to describe differences in clade membership and pheromone blend clusters within and between sites, and to look for correlations between pheromone blend clusters and genetic clades. Evidence of pheromone races would suggest the need to treat each pheromone race as a separate research/monitoring/management target, requiring different lure formulations, and possibly having different outbreak and invasion potentials. We expect that our results will facilitate the development of more efficacious pheromone lures and application strategies for the spruce beetle.

Résumé

Le dendroctone de l'épinette (*Dendroctonus rufipennis* Kirby) est un scolyte d'une incidence économique importante qui produit une phéromone d'agrégation qui facilite la recherche de partenaires d'accouplement et les attaques massives. Des travaux de recherche antérieurs ont fourni des données probantes convaincantes sur les variations locales et régionales dans le mélange phéromonal du dendroctone de l'épinette, ainsi qu'une différenciation génétique sympatrique et allopatrique des populations. La différenciation génétique sympatrique est surprenante, étant donné que les deux populations de dendroctone de l'épinette occupent le même habitat et les mêmes espèces hôtes. Nous avons posé l'hypothèse que les populations sympatriques produisent des mélanges phéromonaux différents et y réagissent différemment, ce qui donnerait lieu à des « races de phéromones » agissant comme barrières à l'échange de gènes qui maintiennent le caractère génétique distinctif des populations. Notre projet actuel vise à vérifier cette hypothèse, ainsi qu'à élargir les descriptions antérieures des variations locales et géographiques des phéromones du dendroctone de l'épinette. Nous élevons actuellement des dendroctones de l'épinette dans des billes infestées provenant de sites en Alberta et au Nouveau-Brunswick et nous allons commencer en février l'extraction de mélanges phéromonaux jumelés au COI mtADN d'insectes individuels. Nous prévoyons utiliser des méthodes de regroupement pour les données sur les phéromones et les données génétiques pour décrire les différences dans l'appartenance à un clade et les regroupements de mélanges phéromonaux à l'intérieur des sites et entre eux, et pour

voir s'il existe des corrélations entre les regroupements de mélanges phéromonaux et les clades génétiques. S'il y a des preuves de races de phéromones, cela indiquerait qu'il est nécessaire de traiter chaque race de phéromone comme une cible de recherche, de surveillance et de gestion distincte, exigeant des formulations de leurre différentes, et peut-être que le potentiel d'éclosion et d'invasion est différent. Nous nous attendons à ce que nos résultats facilitent l'élaboration de leurres phéromonaux et de stratégies d'application plus efficaces pour le dendroctone de l'épinette.

Efficacy of TreeAzin trunk injection for protection of eastern hemlock from hemlock woolly adelgid.

Jon Sweeney[1], Cory Hughes[1], Christopher Edge[1], Rhoda deJonge[2], Tarryn Goble[2] and Ed Czerwinski[3]

[1]Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, 1350 Regent Street, Fredericton, NB. E3B 5P7, Tel./Fax. 506 452 3499/506 452 3525, jon.sweeney@canada.ca;
[2]BioForest, 59 Industrial Park Crescent, Unit 1, Sault Ste. Marie, ON P6B 5P3, Tel. 705-942-5824;
[3]Forestreecare Company, Fredericton, NB, Tel. 506.262-8755

Collaborators: Donna Crossland, Matt Smith (Parks Canada), Celia Boone (NSDL&F)

Abstract.
The hemlock woolly adelgid (HWA), an invasive forest insect that has killed eastern hemlock over large areas of the eastern United States, was discovered in southern Nova Scotia in June 2017. The systemic insecticide, imidacloprid, applied as a stem-injection (Ima-Jet) was recently registered for protection of hemlock from HWA in Canada, but imidacloprid is under review by the Pest Management Regulatory Agency (PMRA) so its future availability is not guaranteed and alternatives are needed. We are testing an alternative insecticide, TreeAzin™ (active ingredient azadirachtin) stem injection at two dosages for its efficacy to control HWA and protect high value mature hemlock trees (in Parks and urban areas) from HWA-induced mortality. Mature eastern hemlock received one of two insecticide treatments (3 mls or 5 mls of TreeAzin™ per cm dbh (17 trees per dose) or were left as a control (17 trees) at a site near Meteghan, Nova Scotia on 16 October 2018. The trees were sampled for HWA on the day of injection and on three dates post-treatment (28 March 2019, 26 June 2019, 16 October 2019) to record the numbers of live adelgids per cm of current shoot growth. On the day of treatment, there was no significant difference between the number of live adelgids on all sample trees, with an average of 5.9 sistens per cm. TreeAzin injection significantly reduced the proportion of hemlock trees with live adelgids as well as the mean number of live adelgids per cm current year's shoot growth at 5, 7 and 12 months post-treatment. There were no significant differences in efficacy between the 3 and 5 ml dosages on any date, although we observed a dose-dependent trend. Efficacy will be measured at 17, 19 and 24 months post-treatment to determine how long the trees remain protected from HWA and whether annual or biannual injections are necessary.

Résumé.
Le puceron lanigère de la pruche (PLP), un insecte des forêts envahissant qui a tué la pruche du Canada sur de larges étendues dans l'est des États-Unis, a été découvert dans le sud de la Nouvelle-Écosse en juin 2017. L'insecticide systémique imidaclopride appliqué par injection dans le tronc (Ima-Jet) a récemment été homologué pour protéger la pruche contre le PLP au Canada, mais l'imidaclopride est à l'étude par l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA), de sorte que sa disponibilité future n'est pas garantie, et des solutions de rechange sont nécessaires. Nous testons actuellement un insecticide de rechange, soit le TreeAzin™ (dont l'ingrédient actif est l'azadirachtine) injecté dans le tronc à deux doses différentes pour voir s'il est efficace pour maîtriser le PLP et protéger les pruches matures de grande valeur (dans les parcs et les zones urbaines) contre la mortalité causée par le PLP. Des pruches du Canada matures ont reçu l'un de

deux traitements insecticides (soit 3 ml, soit 5 ml de TreeAzin™ par cm à hauteur de poitrine – 17 arbres par dose) ou ont formé un groupe témoin (17 arbres) à un site situé près de Meteghan en Nouvelle-Écosse le 16 octobre 2018. Des échantillons ont été prélevés sur les arbres pour vérifier la présence de PLP le jour de l'injection ainsi qu'à trois dates après le traitement (28 mars 2019, 26 juin 2019 et 16 octobre 2019) pour consigner le nombre de pucerons vivants par cm de nouvelle pousse. Le jour du traitement, aucune différence significative n'a été constatée dans le nombre de pucerons vivants sur tous les arbres échantillonnés, avec une moyenne de 5,9 sistens par cm. L'injection de TreeAzin a réduit de façon considérable la proportion de pruches abritant des pucerons vivants ainsi que le nombre moyen de pucerons vivants par cm des nouvelles pousses de cette année à 5, à 7 et à 12 mois après le traitement. Pour ce qui est de l'efficacité, aucune différence significative n'a été observée entre la dose de 3 ml et la dose de 5 ml à aucune des dates, bien que nous ayons constaté une tendance en fonction de la dose. L'efficacité sera mesurée à 17, à 19 et à 24 mois après le traitement afin de déterminer pendant combien de temps dure la protection des arbres contre le PLP et si une injection annuelle ou semestrielle est nécessaire.

Phenological patterns of the Hemlock woolly adelgid in Nova Scotia

Jeffrey Ogden and Celia Boone

Fleet and Forest Protection, Department of Lands and Forestry, Fleet and Forest Protection, 23 Creighton Rd. PO Box 130, Shubenacadie, Nova Scotia, B0N 2H0
Tel. 902 758 7015, Jeffrey.ogden@novascotia.ca; Celia.boone@novascotia.ca

Abstract

The Hemlock woolly adelgid (HWA), *Adelges tsuage* (Annand), is a major invasive pest of hemlock in eastern North America. A native of Asia, HWA was first detected in Virginia in the 1950s. Established populations were detected in southwestern Nova Scotia in July 2017, its most northerly population known to date. Our goal is to determine the HWA phenology in Nova Scotia and how its biological development may differ to that of other areas in eastern North America. This work is critical to numerous aspects of HWA monitoring, research, regulation and management. Infested hemlock stands within western Nova Scotia were sampled regularly from January to November 2019. Each sample site was visited a total of 16 times with 46,787 adelgid examined for phenological development. Results show a prolonged period of egg laying adults and 1st instar crawler presence in the environment: April 15 – August 19 and May 13 – August 19 (+/- a week) respectively. Adelgid populations were also assessed for winter mortality in April and for summer survivorship in November. Adelgid populations continued to thrive and spread within the sample sites despite a 2019 winter mortality rate of between 50 - 65% and a summer survivorship of only 30 - 40%.

Résumé

Le puceron lanigère de la pruche (PLP), *Adelges tsuage* (Annand), est un insecte envahissant important de la pruche dans l'est de l'Amérique du Nord. Insecte indigène de l'Asie, le PLP a d'abord été détecté en Virginie dans les années 1950. Des populations établies ont été détectées dans le sud-ouest de la Nouvelle-Écosse en juillet 2017, emplacement le plus au nord connu jusqu'à présent. Notre objectif est de déterminer la phénologie du PLP en Nouvelle-Écosse et de voir si son développement biologique diffère de celui dans d'autres régions de l'est de l'Amérique du Nord. C'est un travail crucial pour de nombreux aspects de la surveillance, de la recherche, de la réglementation et de la gestion en matière de PLP. Des peuplements de pruches infestées dans l'ouest de la Nouvelle-Écosse ont fait l'objet d'échantillonnages réguliers de janvier à novembre 2019. Nous avons visité chaque site d'échantillonnage 16 fois au total et examiné le développement phénologique de 46 787 pucerons. Les résultats montrent la présence pendant une période prolongée d'adultes pondant des œufs et de larves mobiles de premier stade dans l'environnement, soit du 15 avril au 19 août et du 13 mai au 19 août (+/- une semaine) respectivement. Nous avons également évalué la survie hivernale des populations de pucerons en avril et leur survie estivale en novembre. Les populations de pucerons ont continué à se développer et à se propager au sein des sites d'échantillonnage, malgré un taux de mortalité hivernal en 2019 de 50 % à 65 % et un taux de survie estival de seulement 30 % à 40 %.

The role of tree stress in the impacts of the hemlock wooly adelgid in Nova Scotia: a forecasting framework and silvicultural mitigation.

Michael Stastny

Atlantic Forestry Centre, 1350 Regent Street, Fredericton, NB, E3B 5P7 506-452-3026; michael.stastny@canada.ca

Collaborators:

Dr. Chris MacQuarrie, NRCan-CFS (GLFC), Christian.MacQuarrie@canada.ca
Dr. Jon Sweeney, NRCan-CFS (AFC-Fredericton), jon.sweeney@canada.ca

Partners and contribution:

- In kind (*details below*): Medway Community Forest Cooperative (contractor), Canadian Food Inspection Agency, Nova Scotia Department of Lands and Forestry, Parks Canada, Mersey Tobeatic Research Institute, WestFor Management Inc., Nova Scotia Environment
- NRCan-CFS: additional funding requested from CFS operating funds

Abstract

An aphid-like invasive alien pest of eastern hemlock, hemlock wooly adelgid (*Adelges tsugae*; HWA) has been decimating hemlock stands across the eastern United States over the recent decades and advancing north. Since 2017, widespread HWA populations and hemlock mortality have been detected in southwest Nova Scotia, and the infestations are threatening unique habitats associated with this foundation tree species. While all hemlock is considered susceptible, the rate of stand decline can vary due to a number of factors, such as the site's proneness to drought. Improved understanding of these factors could allow prioritization of management strategies by site or stand characteristics, as well as employment of silvicultural tactics to mitigate this risk by alleviating tree stress prior to major pest impacts. The first objective of this project is to assess the relative vulnerability of hemlock stands in southwest NS by identifying stand- or site-level predictors of hemlock's capacity to tolerate HWA. Since 2018, we have been surveying tree condition and infestation levels across a range of hemlock stands in southwest NS, coupled with dendrochronology and forest inventory data to evaluate the past and current tree growth and responses to stress. This work is producing a baseline for continued monitoring of hemlock under HWA, and towards development of a regional assessment of stand vulnerability and management prioritization. To mitigate the impacts of HWA on tree health, the second objective aims to test stand thinning (~30% basal area removal) as a silvicultural approach to promote availability of resources to the remaining trees stressed by HWA feeding. We are selecting replicate, light/moderately infested stands to launch operational-scale field trials (~2-10 ha) involving partial harvesting (shelterwood or patch cut) in both private woodlots and crown land in 2020. We are also identifying stands that have undergone such harvests in the recent past. In both types of thinned stands, we will subsample to assess HWA infestation and tree condition, and begin monitoring tree responses to HWA under different thinning treatments, relative to adjacent control plots. Collectively, examination of factors that predict HWA impacts on hemlock, and their potential silvicultural mitigation, will help in developing management plans and priorities for HWA in eastern Canada.

Résumé
Le puceron lanigère de la pruche (*Adelges tsugae*; PLP) est un ravageur exotique envahissant de la pruche du Canada qui décime les peuplements de pruche un peu partout dans l'est des États-Unis depuis quelques décennies et avance vers le nord. Depuis 2017, des populations étendues de PLP causant la mortalité de pruches ont été détectées dans le sud-ouest de la Nouvelle-Écosse, et les infestations menacent des habitats uniques associés à cette essence fondatrice. Bien que toutes les pruches soient considérées comme susceptibles, le taux de dépérissement des peuplements peut varier en fonction d'un certain nombre de facteurs, dont la tendance à la sécheresse d'un site. Une meilleure compréhension de ces facteurs aiderait à prioriser les stratégies d'aménagement par site ou selon les caractéristiques du site, ainsi que l'application de tactiques sylvicoles pour atténuer le risque grâce à l'abaissement du stress des arbres avant que des incidences importantes de l'insecte se manifestent. Le premier objectif de ce projet est d'évaluer la vulnérabilité relative des peuplements de pruche dans le sud-ouest de la N.-É. en déterminant les prédicteurs, au niveau du peuplement ou du site, de la capacité des arbres de tolérer le PLP. Depuis 2018, nous prenons des relevés de l'état des arbres et des niveaux d'infestation dans plusieurs peuplements de pruche dans le sud-ouest de la N.-É., que nous combinons à des données de dendrochronologie et d'inventaire forestier pour évaluer la croissance passée et actuelle et les réactions au stress. Ces travaux établissent une base de référence pour poursuivre la surveillance de la pruche infestée de PLP et l'élaboration d'un cadre régional pour prédire la vulnérabilité des peuplements et établir les priorités de gestion. Pour atténuer l'incidence du PLP sur la santé des arbres, le deuxième objectif du projet est d'évaluer l'éclaircissement des peuplements (enlèvement de ~30 % de la surface terrière) comme approche sylvicole pour faciliter la réaffectation de ressources aux arbres restants stressés par une infestation de PLP. Nous sommes en train de choisir des peuplements similaires allant de légèrement à modérément infectés pour lancer des essais opérationnels sur le terrain (~2 de 10 ha) impliquant une récolte partielle (coupe progressive ou coupe par trouées) dans des boisés privés et des terres de la Couronne en 2020. Nous repérons également des peuplements qui ont fait l'objet de telles récoltes dans un passé récent. Dans les deux types de peuplements éclaircis, nous allons prélever des sous-échantillons pour évaluer le niveau d'infestation par le PLP et l'état des arbres, et commencer à surveiller les réactions de l'arbre au PLP sous différents traitements d'éclaircissement. Pris collectivement, les résultats de l'examen des facteurs qui expliquent les impacts du PLP sur la pruche et l'atténuation possible de ces impacts par des techniques sylvicoles aideront à l'élaboration de plans et de priorités d'aménagement en regard du PLP dans l'est du Canada.

Monitoring of winged *Adelges tsugae* Annand (Hemiptera: Adelgidae), an invasive pest of hemlock (*Tsugae* sp.) using sticky traps in Nova Scotia

Lucas Roscoe and Peter Silk

Natural Resources Canada-Canadian Forest Service, 1350 Regent Street, Fredericton, NB. E3B5P7

Abstract

Adelges tsugae Annand (Hemiptera: Adelgidae, Hemlock Wooly Adelgid, HWA) is an invasive alien defoliator of *Tsugae* sp. in North America. In Nova Scotia, HWA threatens large forest areas where *Tsugae* sp. is an important canopy component. An important aspect of any effective management plan is the accurate detection of pest populations. Here, we investigated the potential of measuring HWA populations through the detection of winged progredien forms using panel traps. We tested whether or not trap color (yellow v. clear) and semiochemical (alternate host volatile from *Picea* sp. v. unbaited) influenced mean trap catch and proportion of traps collecting winged progredien forms. Trapping was conducted in Southern Nova Scotia from June 25/19 to July 30/19 at two sites with weekly sampling of traps. Winged progrediens were first found on traps on July 8. Pooled mean trap catch was not significantly influenced by trap color (Z = -0.370, P = 0.711), semiochemicals (Z = -0.591, P = 0.555), or by the combined interaction (Z = 0.579, P = 0.563). Likelihood of a trap collecting winged progrediens was also not significantly affected by trap color, semiochemicals, or their combined interaction. Though no effect of these factors was observed in our study, concurrent branch sampling suggests that winged progrediens may be more readily found using sticky traps. In addition, traps caught crawler HWA forms at every collection time point. The abundance of winged progrediens found using sticky traps suggests a potential role in any future HWA monitoring program focused on HWA winged progredien distribution and phenology.

Résumé

Adelges tsugae Annand (Hemiptera: Adelgidae, puceron lanigère de la pruche (PLP)) est un défoliateur exotique envahissant de *Tsugae* sp. en Amérique du Nord. En Nouvelle-Écosse, le PLP menace de vastes zones forestières où *Tsugae* sp. est un élément important de la canopée. Un aspect important de tout plan de gestion efficace est la détection précise des populations de ravageurs. Ici, nous avons étudié le potentiel de mesure des populations de PLP par la détection de sexupares à l'aide de pièges à panneaux. Nous avons testé si la couleur du piège (jaune v clair) et si certaines substances sémiochimiques (hôte alternatif volatil de *Picea* sp. v sans appât) avait un impact sur la capture de piège moyenne ainsi que la proportion des pièges contenant des sexupares. Le piégeage a été effectué dans le sud de la Nouvelle-Écosse du 25 juin au 30 juillet 2019 à deux sites avec un échantillonnage hebdomadaire des pièges. Les sexupares ont été trouvés pour la première fois dans des pièges le 8 juillet. La capture moyenne des pièges groupés n'est pas influencée de manière significative par la couleur du piège (Z = -0,370, P = 0,711), ni par les différents produits sémiochimiques (Z = -0,591, P = 0,555) ou par l'intéraction combinée (Z = 0,579, P = 0,563). La probabilité qu'un piège recueille des sexupares n'a pas non plus été significativement affectée par la couleur du piège, les substances sémiochimiques ou par l'intéraction combinée. Malgré qu'aucun effet de ces facteurs n'ait été observé dans notre étude, l'échantillonnage simultané des branches suggère que les sexupares peuvent être plus facilement

trouvés en utilisant des pièges collants. De plus, les pièges ont capturé des formes chenilles du PLP pendant toute la durée de l’échantillonnage. L'abondance de sexupares trouvés à l'aide de pièges collants suggère un rôle potentiel dans tout futur programme de surveillance des PLP axé sur la distribution et la phénologie des sexupares de PLP.

Corporate Sponsors

SPLAT® MCH: An alternative method of control for spruce beetle

Christopher J. Fettig[1], Jason E. Moan[2], Darren C. Blackford[3], Elizabeth E. Graham[4], A. Steven Munson[3], E. Matthew Hansen[5], Gabriel A. Foote[6], Leif A. Mortenson[7], and Agenor Mafra-Neto[8]

[1]Pacific Southwest Research Station, USDA Forest Service, 1731 Research Park Drive, Davis, California 95618, chris.fettig@usda.gov.
[2]Alaska Division of Forestry, 550 W. Seventh Avenue, Suite 1450, Anchorage, Alaska 99501.
[3]Forest Health Protection, USDA Forest Service, 4746 South 1900 East, Ogden, Utah 84403.
[4]Forest Health Protection, USDA Forest Service, 11175 Auke Lake Way, Juneau, Alaska 99801.
[5]Rocky Mountain Research Station, USDA Forest Service, 860 North 1200 East, Logan, Utah 84321.
[6]Department of Entomology & Nematology, One Shields Avenue, University of California, Davis, California 95616.
[7]Pacific Southwest Research Station, USDA Forest Service, 2480 Carson Road, Placerville, California 95667.
[8]ISCA Technologies Inc., 1230 Spring Street, Riverside, California 92507.

Abstract

We developed the first prototype of SPLAT® MCH in 2014 (ISCA Technologies Inc., Riverside, California), and later demonstrated efficacy for protecting Douglas-fir, *Pseudotsuga menziesii*, from mortality attributed to Douglas-fir beetle, *Dendroctonus pseudotsugae*. Although less effective for tree protection, 3-methylcyclohex-2-en-1-one (MCH) is also the primary anti-aggregation pheromone component of spruce beetle, *D. rufipennis*. This work expands development of SPLAT® MCH to management of spruce beetle in white spruce, *Picea abies*, in Alaska and Engelmann spruce, *P. engelmannii*, in Wyoming. Based on preliminary data obtained in 2019, SPLAT® MCH alone is not effective for protecting spruce from colonization by spruce beetle. However, combining SPLAT® MCH with nonhost odors (GLV = acetophenone + [(*E*)-2-Hexen-1-ol + (*Z*)-2-Hexen-1-ol] or AKB = linalool, β-caryophyllene + (*Z*)-2-Hexen-1-ol) appears effective in Engelmann spruce, but not white spruce. Further evaluations are necessary to confirm these results.

Résumé

Nous avons mis au point le premier prototype de SPLAT® MCH en 2014 (ISCA Technologies Inc., Riverside, Californie), puis montré son efficacité pour protéger le sapin de Douglas, *Pseudotsuga menziesii*, de la mortalité attribuable au dendroctone du douglas, *Dendroctonus pseudotsugae*. Bien que moins efficace pour la protection des arbres, le 3-methylcyclohex-2-en-1-one (MCH) est aussi le principal composé phéromonal anti-agrégation du dendroctone de l'épinette, *D. rufipennis*. Ces travaux élargissent la portée du SPLAT® MCH en le développant pour lutter contre le dendroctone de l'épinette dans l'épinette blanche, *Picea abies*, en Alaska, et l'épinette d'Engelmann, *P. engelmannii*, au Wyoming. Selon les données préliminaires obtenues en 2019, SPLAT® MCH seul n'est pas efficace pour protéger l'épinette contre la colonisation par le dendroctone de l'épinette. Toutefois, la combinaison de SPLAT® MCH avec des odeurs autres que celle de l'hôte (GLV = acétophènone + [(*E*)-2-Hexen-1-ol + (*Z*)-2-Hexen-1-ol] ou AKB = linalool, β-caryophyllene + (*Z*)-2-Hexen-1-ol) semble efficace pour l'épinette d'Engelmann,

mais non pour l’épinette blanche. D’autres évaluations sont nécessaires pour confirmer ces résultats

Outbreak ecology of spruce beetle, *Dendroctonus rufipennis*, in relation to pheromone and genetic diversity

Deepa Pureswaran[1], Steve Heard[2], Jon Sweeney[3], Rylee Isitt[4]

[1] CFS-LFC. 1055, rue du PEPS, Québec. QC G1V 4C7. 418-648-7532. deepa.pureswaran@canada.ca.
[2] Biology Department, UNB, Fredericton, NB. stephen.heard@unb.ca
[3] CFS-AFC. 1350, Regent St., Fredericton, NB. jsweeney@canada.ca.
[4] Student. UNB, Fredericton, NB.

Collaborators. **Jason Addison** (molecular population genetics), Biology Department, UNB, Fredericton, NB. **Lucas Roscoe** (chemical ecology), CFS-AFC. 1350, Regent St., Fredericton, NB. Lucas.roscoe@canada.ca.

Industry Partners. AB AF, SK MOE, USFS. Of interest to OMNR, MFFP-QC, SOPFIM, FPL, NS, NL.

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. The sympatric genetic differentiation is surprising given that the two spruce beetle populations occupy the same habitat and host species. We hypothesize that the sympatric populations may produce and respond to different pheromone blends, leading to "pheromone races" as barriers to gene flow that maintain the genetic distinctiveness of the populations. Our current project aims to test this hypothesis, as well as to extend prior descriptions of local and geographic pheromone variation in the spruce beetle. We are currently rearing spruce beetles in infested bolts from sites in Alberta and New Brunswick and will begin extracting pheromone blends paired with mtDNA COI from individual beetles in February. We plan to use clustering methods for both the pheromone and genetic data, to describe differences in clade membership and pheromone blend clusters within and between sites, and to look for correlations between pheromone blend clusters and genetic clades. Evidence of pheromone races would suggest the need to treat each pheromone race as a separate research/monitoring/management target, requiring different lure formulations, and possibly having different outbreak and invasion potentials. We expect that our results will facilitate the development of more efficacious pheromone lures and application strategies for the spruce beetle.

Résumé

Le dendroctone de l'épinette (*Dendroctonus rufipennis* Kirby) est un scolyte d'une incidence économique importante qui produit une phéromone d'agrégation qui facilite la recherche de partenaires d'accouplement et les attaques massives. Des travaux de recherche antérieurs ont fourni des données probantes convaincantes sur les variations locales et régionales dans le mélange phéromonal du dendroctone de l'épinette, ainsi qu'une différenciation génétique sympatrique et allopatrique des populations. La différenciation génétique sympatrique est

surprenante, étant donné que les deux populations de dendroctone de l'épinette occupent le même habitat et les mêmes espèces hôtes. Nous avons posé l'hypothèse que les populations sympatriques produisent des mélanges phéromonaux différents et y réagissent différemment, ce qui donnerait lieu à des « races de phéromones » agissant comme barrières à l'échange de gènes qui maintiennent le caractère génétique distinctif des populations. Notre projet actuel vise à vérifier cette hypothèse, ainsi qu'à élargir les descriptions antérieures des variations locales et géographiques des phéromones du dendroctone de l'épinette. Nous élevons actuellement des dendroctones de l'épinette dans des billes infestées provenant de sites en Alberta et au Nouveau-Brunswick et nous allons commencer en février l'extraction de mélanges phéromonaux jumelés au COI mtADN d'insectes individuels. Nous prévoyons utiliser des méthodes de regroupement pour les données sur les phéromones et les données génétiques pour décrire les différences dans l'appartenance à un clade et les regroupements de mélanges phéromonaux à l'intérieur des sites et entre eux, et pour voir s'il existe des corrélations entre les regroupements de mélanges phéromonaux et les clades génétiques. S'il y a des preuves de races de phéromones, cela indiquerait qu'il est nécessaire de traiter chaque race de phéromone comme une cible de recherche, de surveillance et de gestion distincte, exigeant des formulations de leurre différentes, et peut-être que le potentiel d'éclosion et d'invasion est différent. Nous nous attendons à ce que nos résultats facilitent l'élaboration de leurres phéromonaux et de stratégies d'application plus efficaces pour le dendroctone de l'épinette.

Formulations of Emamectin Benzoate (TREE-äge®) and Propiconazole (Propizol®) for Protecting Engelmann Spruce from Mortality Attributed to Spruce Beetle and Associated Fungi

Christopher J. Fettig[1], Darren C. Blackford[2], Donald M. Grosman[3], and A. Steven Munson[2]

[1]Pacific Southwest Research Station, USDA Forest Service, 1731 Research Park Drive, Davis, California 95618, chris.fettig@usda.gov.
[2]Forest Health Protection, USDA Forest Service, 4746 South 1900 East, Ogden, Utah 84403.
[3]Arborjet Inc., 99 Blueberry Hill Road, Woburn, Massachusetts 01801.

Abstract

Spruce beetle, *Dendroctonus rufipennis*, is the most significant mortality agent of mature spruce, *Picea* spp., in North America. In this study, we determine the efficacy of TREE-äge® (TREE-äge® G4 and TREE-äge® 9.5; Arborjet Inc., Woburn, MA) combined with and without the fungicide propiconazole (Propizol®; Arborjet Inc.) for protecting Engelmann spruce, *Picea engelmannii*, from mortality attributed to spruce beetle and associated fungi.

Résumé

Le dendroctone de l'épinette est le plus important agent de mortalité de l'épinette mature en Amérique du Nord. Dans cette étude, nous déterminons l'efficacité de TREE-äge® (TREE-äge® G4 et TREE-äge® 9.5 - Arborjet Inc., Woburn, MA) utilisé avec et sans fongicide propiconazole (Propizol® - Arborjet Inc.) pour protéger l'épinette d'Engelmann contre la mortalité attribuable au dendroctone de l'épinette et aux champignons qui y sont associés.

Improving monitoring tools to detect mountain pine beetle at low and high densities in novel habitats

Nadir Erbilgin

Department of Renewable Resources, University of Alberta, Edmonton. Alberta, Canada

Abstract

Mountain pine beetle (MPB) has expanded its host range into naïve lodgepole pine forests in western Canada and killed a large number of trees. Synthetic lures mainly bark beetle pheromones and host monoterpenes attached to flight intercept traps are typically used to monitor beetle activities within its historical and expanded range; however, less is known if MPB population density influences its responses to the lures. From 2017 to 2019, we tested the efficacy of different combinations of lures that varied in release rates of the female aggregation pheromone *trans*-verbenol and two host monoterpenes (terpinolene, mycrene) across a range of local population densities. The number of MPB-killed trees from aerial detection surveys was a proxy for predicting the local population density of beetles. We found that the response of MPB to the different release rates of *trans*-verbenol and host monoterpenes was a function of its density and flight season. During the first three weeks of the flight period, the number of MPB caught in traps with the lower release rates of both *trans*-verbenol and host monoterpenes increased with population density. In contrast, MPB showed preference to high release rates of *trans*-verbenol plus the lower release rate of host monoterpenes in lower density sites. We found a temporal shift in attraction patterns as the flight season progressed leading to less specific preference to low *trans*-verbenol lures at higher local population densities. Sex of MPB showed no preference to a particular lure type. These results provide evidence that MPB has a density dependent response to lures and demonstrate that beetles assess available cues to ensure successful host colonization depending on their density and that these preferences shift over the flight season. Overall, this study improves the efficacy of current monitoring tools, which are essential to implementing informed mitigation strategies for MPB in the expanded distribution.

Résumé

Le dendroctone du pin ponderosa (DPP) a élargi son éventail d'hôtes pour atteindre des forêts de pin tordu latifolié jamais encore touchées dans l'Ouest canadien et tuer un grand nombre d'arbres. Des leurres synthétiques, surtout des phéromones du scolyte et des monoterpènes de l'hôte fixés à des pièges d'interception en vol, sont généralement utilisés pour surveiller les activités de cet insecte dans leurs aires de répartition historiques et nouvelles; cependant, on ne sait pas vraiment si la densité d'une population de DPP influence ses reactions aux leurres. De 2017 à 2019, nous avons testé l'efficacité de différentes combinaisons de leurres ayant divers taux de libération de la phéromone d'agrégation femelle trans-verbénol et de deux monoterpènes de l'hôte (terpinolène, mycrène) sur différentes densités locales de population. Le nombre d'arbres tués par le DPP établi par des relevés de détection aérienne a permis de prédire la densité des populations locales de l'insecte. Nous avons constaté que la réponse du DPP aux différents taux de libération de trans-verbénol et de monoterpènes de l'hôte dépendait de la densité de la population et de la saison de vol. Durant les trois premières semaines de la période de vol, plus la densité de la population était élevée, plus le nombre de DPP capturés dans les pièges ayant des taux de libération plus faibles de trans-verbénol et de monoterpènes de l'hôte

augmentait. Au contraire, le DPP a montré une préférence pour les taux de libération élevés de trans-verbénol plus le taux de libération plus faible de monoterpènes de l'hôte dans les sites à faible densité. Nous avons observé un changement temporel dans les tendances en matière d'attraction à mesure que la saison de vol avançait, la préférence pour les leurres de trans-verbénol à faible taux de libération devenant moins spécifique à des densités de populations locales plus élevées. Le sexe du DPP ne semblait pas donner lieu à une préférence pour un type de leurre en particulier. Ces résultats semblent prouver que le DPP a une réponse aux leurres qui dépend de la densité et démontrent que les scolytes évaluent les indices pour assurer le succès de la colonisation de l'hôte en fonction de leur densité et que ces préférences changent durant la saison de vol. Dans l'ensemble, l'étude améliore l'efficacité des outils de surveillance actuels, qui sont essentiels pour mettre en œuvre des stratégies d'atténuation du DPP dans son aire de répartition élargi.

Flight behavior, degree day models, and identification of potential nitidulid beetle vectors of oak wilt along the northern range of oaks in Canada

Sharon Reed, Jon Sweeney, Fiona Ross, and Jennifer Llewellyn

Abstract

Nitidulid beetles transmit oak wilt, an invasive fungal disease that is present along Canada's border with the US. Nitidulid beetles transmit the fungus when they crawl across sporulating, mycelial mats and then crawl across the surface of fresh oak wounds. Not all species of nitidulid beetles are vectors of oak wilt. Species that vector the fungus must be flying and attracted to the fungus when it is producing viable spores, as well as attracted to freshly wounded oak sapwood. Prevention of oak wilt can be achieved by limiting oak pruning and wounding when oaks are most at risk of infection. Identifying the species of nitidulid beetles most likely to transmit oak wilt and their seasonal flight patterns is the first step in identifying a high-risk time period. We wounded red and bur oaks during 2019 in Manitoba, New Brunswick, and Ontario. Wounding resulted in the detection of seven potential oak wilt vectors, *Carpophilus sayi*, *C. lugubris*, *C. brachypterus*, *C. corticinus*, *Colopterus truncatus*, *Epuraea avara*, and *Glischrochrilus fasciatus*. We also monitored flight traps and air temperatures from March to November to determine flight patterns relative to accumulated degree-days. *Carpophilus brachypterus* was the most abundant species in flight traps in all three provinces. We also found that two important vectors of oak wilt in the midwestern US, *Carpophilus sayi* and *Colopterus truncatus*, are abundant from Manitoba to New Brunswick. Flight of potential vectors started as early as mid-April in southern Ontario but occurred several weeks later in more northern areas. Additional data will be collected in 2020 and used to develop degree day models to more accurately determine high risk periods for overland spread of the disease.

Résumé

Les nitidules transmettent le flétrissement du chêne, une maladie fongique envahissante qui est présente le long de la frontière canado-américaine. Les nitidules transmettent le champignon quand ils rampent sur des masses mycéliennes sporulantes, puis sur la surface de blessures fraîches sur le chêne. Ce ne sont pas toutes les espèces de nitidules qui sont des vecteurs du flétrissement du chêne. Pour être porteur du champignon, l'insecte doit voler et être attiré par le champignon au moment où il produit des spores viables, et il doit aussi être attiré par l'aubier des chênes fraîchement blessés. Le flétrissement du chêne peut être prévenu en limitant l'élagage et les blessures du chêne au moment où le risque d'infection du chêne est le plus élevé. L'identification des espèces de nitidules les plus susceptibles de transmettre le flétrissement du chêne et de leurs habitudes de vol saisonnières est la première étape dans la détermination des périodes présentant un risque élevé. En 2019, nous avons blessé des chênes rouges et des chênes à gros fruits au Manitoba, au Nouveau-Brunswick et en Ontario, ce qui a donné lieu à la détection de six vecteurs potentiels du flétrissement du chêne, soit *Carpophilus sayi*, *C. lugubris*, *C. brachypterus*, *C.*

*The fungus was recently renamed and moved from the genus *Ceratocystis* to *Bretziella* in 2017 due to recent phylogenetic analyses

corticinus, *Colopterus truncatus*, *Epuraea avara* et *Grischrochrilus fasciatus*. Nous avons également surveillé les pièges à interception et la température de l'air de mars à novembre afin de déterminer les habitudes de vol par rapport aux degrés-jours accumulés. *Carpophilus brachypterus* est l'espèce la plus abondante retrouvée dans les pièges à interception dans les trois provinces. Nous avons également constaté que deux vecteurs importants du flétrissement du chêne dans le Midwest américain, soit *Carpophilus sayi* et *Colopterus truncatus*, sont abondants du Manitoba jusqu'au Nouveau-Brunswick. Le vol des vecteurs potentiels a commencé aussi tôt que la mi-avril dans le sud de l'Ontario, mais a eu lieu plusieurs semaines plus tard dans les régions situées plus au nord. D'autres données seront recueillies en 2020 et serviront à élaborer des modèles de jours-degrés afin de déterminer avec plus d'exactitude les périodes où le risque de propagation terrestre de la maladie est élevé.

Effect of dosage and treatment frequency on efficacy of TreeAzin™ Systemic Insecticide for protecting foliage from the beech leaf-mining weevil and preventing mortality of American beech in high value urban environments.

Jon Sweeney[1], Cory Hughes[1], Tarryn Goble[2], Joe Meating[2], Ed Czerwinski[3], Joel Goodwin[4], Garrett Brodersen, N. Kirk Hillier[4], and Rob Johns[1]

[1]Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, 1350 Regent Street, Fredericton, NB. E3B 5P7, Tel./Fax. 506 452 3499/506 452 3525, jon.sweeney@canada.ca ; rob.johns@canada.ca; cory.hughes@canada.ca
[2]BioForest, 59 Industrial Park Crescent, Unit 1, Sault Ste. Marie, ON P6B 5P3, Tel. 705-942-5824 jmeating@bioforest.ca; tgoble@bioforest.ca
[3]Forestreecare Company, Fredericton, NB, Tel. 506.262-8755; forestreecare@nexicom.net
[4]Acadia University, 33 Westwood Ave., Wolfville, NS, B4P 2R6, Tel. 902-585-1314; kirk.hillier@acadiau.ca

Abstract

The beech leaf-mining weevil, *Orchestes fagi*, is an invasive pest from Europe that has caused severe defoliation and mortality of American beech in Nova Scotia. Our goal was to determine the efficacy of TreeAzin™ Systemic Insecticide (PCP No. 30559) for protecting American beech from beech weevil defoliation and keeping trees alive. In 2016, we began a trial comparing the efficacy of two doses (3 *vs.* 5 mls of TreeAzin per cm dbh), applied either annually (i.e., October of 2016, 2017, and 2018) or biennially (fall of 2016 and 2018 only) on weevil larval survival, foliage damage, and tree crown health. Results in 2017 and 2018 were reported in previous progress reports but are included here for reference (see Appendix). The efficacy of TreeAzin in 2019 was less apparent than that in previous years. Percentage of leaves with scorched tips (>30% dieback of the leaf) was significantly reduced by both 3 and 5 ml doses of TreeAzin in trees injected annually but not in trees injected biennially. Percentage of leaves with larval mines was significantly reduced in trees treated either annually or biennially with 5 mls TreeAzin but only in trees treated annually with 3 mls TreeAzin. In 2019, no TreeAzin treatment significantly affected percentage of eggs that hatched or the average number of larval mines per leaf, whereas both of these variables were affected in 2017. Average length of larval mines was significantly reduced in trees treated annually with 5 mls TreeAzin and the percentage of hatched eggs that successfully reached the pupal stage was significantly lower in trees treated annually with either 3 or 5 mls TreeAzin, but not in trees treated biennially. TreeAzin treatment did not reduce the proportion of beech trees that died in 2019, suggesting that American beech with poor crown health ratings may be too far gone to save by stem injection when beech weevil populations are high.

Résumé

Le charançon du hêtre, *Orchestes fagi*, est un ravageur envahissant d'Europe qui cause une défoliation grave et une mortalité élevée du hêtre à grandes feuilles en Nouvelle-Écosse. Notre objectif était de déterminer l'efficacité de l'insecticide systémique TreeAzin^{MC} (n^{o} d'homologation 30559) pour protéger le hêtre à grandes feuilles de la défoliation causée par le charançon du hêtre et garder les arbres en vie. En 2016, nous avions entrepris un essai visant à comparer l'efficacité de deux doses (3 ml et 5 ml de TreeAzin par cm de diamètre à hauteur de poitrine) appliquées chaque année (soit octobre 2016, 2017 et 2018) ou à deux ans d'intervalle (automnes 2016 et 2018

seulement) sur la survie des larves du charançon, les dommages au feuillage et la santé de la couronne. Les résultats obtenus en 2017 et en 2018 ont été présentés dans des rapports d'avancement précédents, mais ils sont fournis ici à titre de référence (voir l'annexe). L'efficacité de TreeAzin en 2019 a été moins évidente que dans les années précédentes. Le pourcentage de feuilles présentant une extrémité brûlée (>30 % de dépérissement de la feuille) avait considérablement diminué aussi bien à des doses de 3 ml que de 5 ml de TreeAzin dans les arbres injectés chaque année, mais pas dans les arbres injectés à deux ans d'intervalle. Le pourcentage de feuilles présentant des mines larvaires avait considérablement diminué dans les arbres ayant reçu 5 ml de TreeAzin aussi bien chaque année qu'à deux ans d'intervalle, mais uniquement dans les arbres traités chaque année pour la dose de 3 ml de TreeAzin. En 2019, l'absence de traitement au TreeAzin a considérablement influencé le pourcentage d'œufs éclos ou le nombre moyen de mines larvaires par feuille, alors que ces deux variables ont été touchées en 2017. La longueur moyenne des mines larvaires était bien moindre dans les arbres ayant reçu une dose annuelle de 5 ml de TreeAzin, et le pourcentage d'œufs éclos qui ont réussi à atteindre le stade nymphal était considérablement moindre dans les arbres ayant reçu 3 ml ou 5 ml de TreeAzin chaque année, mais pas dans les arbres traités à deux ans d'intervalle. Le traitement au TreeAzin n'a pas abaissé la proportion de hêtres qui sont morts en 2019, ce qui laisse croire que le hêtre à grandes feuilles dont la couronne est en mauvaise santé est peut-être déjà dans un état de dépérissement trop avancé pour être sauvé par une injection dans le tronc lorsque les populations du charançon du hêtre sont importantes.

Improvement of Semiochemical-Based Trapping Method for Whitemarked Tussock Moth

Peter Mayo[1], Peter Silk[1], Gaetan LeClair[1], Lucas Roscoe[1], David MaGee[2], Deepa Abeysekera[2], Kirk Hillier[3], Celia Boone[4], Kris Lambert[4]

[1] Canadian Forest Service-Atlantic Forestry Centre
[2] University of New Brunswick
[3] Acadia University
[4] Nova Scotia Department of Lands and Forestry

Abstract

The whitemarked tussock moth (WMTM), *Orgyia leucostigma* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Erebidae), 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 work, the authors report an improved synthesis of 2 precursors to the WMTM pheromone (*Z,Z*)-6,9-heneicosadien-11-one, and a releasing device based on a rubber septum, which converts the pheromone precursors into the pheromone itself and releases it over time. The pheromone (*Z,Z*)-6,9-heneicosadien-11-one is itself unstable towards atmospheric oxygen, and consequently, lures made with this compound will only last a day or two in the field. The 2 pheromone precursors, however, are stable, and are converted slowly into the pheromone by acetic acid (vinegar) impregnated in the above-mentioned septum releasing device.

Consequently, in 2019, the 2 different pheromone precursors (both of which were acetals) were synthesized using a previously published synthesis with modifications, which is reported here. Field trapping studies in the 2019 field season (September 2019) at three sites in Nova Scotia showed that one of these two lure preparations (one of the two pheromone precursors in a rubber septum impregnated with acetic acid) is very effective at catching WMTM, which is also reported here.

Résumé

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

Dans cette étude, les auteurs décrivent une synthèse améliorée de deux précurseurs de la phéromone (*Z,Z*)-6,9-heneicosadien-11-one de la chenille à houppes blanches et un dispositif de libération basé sur un septum en caoutchouc qui convertit les précurseurs de la phéromone en la phéromone elle-même, laquelle est libérée au fil du temps. Comme telle, 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, dont nous faisons état ici. Les études de piégeage sur le terrain durant la saison 2019 (septembre 2019) à trois sites en Nouvelle-Écosse ont montré qu'une l'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, ce dont nous faisons également état ici.

Ecosystem impacts of forest tent caterpillar outbreaks

Anne-Sophie Caron, Joshua Jarry, Benoit Lafleur, Emma Despland

Abstract

The forest tent caterpillar (*Malacosoma disstria*) is a significant defoliator of hardwoods throughout Canada. Historically, infestations usually collapsed after one or two years of defoliation, but longer and more severe outbreaks have been observed in recent years, leading to mortality of both sugar maple and trembling aspen, and making the forest tent caterpillar another pest whose impacts are increasing under a changing climate.

This project examines how forest tent caterpillar outbreaks influence soil ecosystems, in both temperate deciduous and mixed boreal forests. We will assess inputs to soil ecosystems associated with forest tent caterpillar outbreaks and determine impacts on soil arthropod communities and tree regeneration. It will thus provide empirical data to assess effects of forest tent caterpillar outbreaks on forest ecosystems and successional processes. Preliminary results suggest that defoliation favours the growth of non-host saplings. Results will also contribute to the development of novel silvicultural approaches taking into account the effects of forest tent caterpillar outbreaks on forest regeneration.

Résumé

La livrée des forêts (*Malacosoma disstria*) est un défoliateur important des forêts feuillues du Canada. Dans le passé, les épidémies s'effondraient généralement après une ou deux années de défoliation sans causer de dommages significatifs à la forêt, mais l'observation récente d'épidémies plus longues et plus sévères, suivies de mortalité des tiges de peuplier faux-tremble et d'érable à sucre, suggèrent que les impacts de la livrée des forêts, comme de plusieurs autres insectes ravageurs, augmentent en raison des changements climatiques.

Ce projet examine les effets d'une épidémie de livrée des forêts sur l'écosystème du sol dans deux écosystèmes forestiers: la forêt feuillue et la forêt boréale mixte. Nous examinerons les apports en nutriments au sol associés aux épidémies de livrée et évaluerons les effets sur la communauté d'arthropodes du sol et sur la régénération des arbres. Les résultats fourniront des données empiriques pour évaluer les impacts des épidémies de livrée sur les écosystèmes forestiers et les processus de succession écologiques. Ils contribueront aussi au développement d'approches sylvicoles qui prennent en considération le rôle de la livrée dans la régénération des forêts.

Response of pollinator communities to herbicide application.

Marika Brown[2], Amy Parachnowitsch[2], and Christopher B Edge[1]

[1]Natural Resources Canada, Canadian Forest Service
[2]University of New Brunswick, Biology Department

Abstract
The use of any vegetation management technique can result in both direct and indirect effects on non-target components of the ecosystem. Direct effects occur as a result of the direct impact of an activity on a focal group, whereas indirect effects occur when a component of the ecosystem acts as an intermediary between the direct effect and the focal group. In the case of glyphosate-based herbicides the direct effects are the removal of target vegetation or toxicity of the herbicides to non-target organisms. Indirect effects could occur when a community responds to the change in vegetation that occurs after herbicide application. We are studying the long-term direct and indirect effects of glyphosate-based herbicides on flowering plant and pollinator communities with a focus on plants that are important to Aboriginal people. In a pilot study we characterized the persistence of glyphosate in 9 plant species and 14 tissue types used by wildlife or Aboriginal people at four times, before application, and one week, one month, and one year after application in harvest blocks. Detected concentrations were above the lowest maximum residue value set by Health Canada one week and one month after application, and were below the MRL one year after application. In 2019 we began studying the direct and indirect effect of vegetation management on the vegetation and pollinator community in harvest blocks receiving one of three forestry treatments (Control, herbicide, and manual tend). The vegetation and pollinator communities were sampled before herbicide application and one week post application in 2019 and will be sampled one year after application in 2020. Vegetation samples collected one week post application provide exposure intensity information that can be used to infer about possible changes in pollinator community structure or function due to herbicide application. Whereas, the one year post application sampling allows for a test of indirect effects on pollinator communities that occur from changes in the vegetation community.

Résumé
L'emploi de n'importe quelle technique de gestion de la végétation peut donner lieu à des effets directs et indirects sur des éléments non ciblés de l'écosystème. Des effets directs se produisent du fait de l'incidence directe d'une activité sur un groupe cible, alors que des effets indirects ont lieu quand un élément de l'écosystème agit comme intermédiaire entre l'effet direct et le groupe cible. Dans le cas des herbicides à base de glyphosate, les effets directs sont l'enlèvement de la végétation ciblée ou la toxicité de l'herbicide pour les organismes non ciblés. Des effets indirects peuvent avoir lieu lorsqu'une communauté réagit au changement dans la végétation qui se produit après l'application de l'herbicide. Nous étudions actuellement les effets directs et indirects à long terme des herbicides à base de glyphosate sur les communautés de plantes à fleurs et de pollinisateurs, avec une attention particulière pour les plantes d'importance pour les peuples autochtones. Dans une étude pilote, nous avons caractérisé la persistance du glyphosate dans 9 espèces végétales et 14 types de tissus utilisés par la faune ou les peuples autochtones à quatre moments, soit avant l'application et une semaine, un mois et une année après l'application dans les parcelles de récolte. Les concentrations détectées excédaient la teneur maximale en résidus la plus faible fixée par Santé

Canada une semaine et un mois après l'application, et elles étaient inférieures à la teneur maximale en résidus une année après l'application. En 2019, nous avons commencé à étudier les effets directs et indirects de la gestion de la végétation sur la végétation et la communauté de pollinisateurs dans les parcelles de récolte recevant l'un des trois traitements forestiers (témoin, herbicide ou entretien manuel). Des échantillons de la communauté végétale et de la communauté de pollinisateurs ont été prélevés avant l'application et une semaine après l'application en 2019, et un autre échantillonnage aura lieu un an après l'application en 2020. Les échantillons de végétation recueillis une semaine après l'application fournissent des renseignements sur l'intensité de l'exposition, qui peuvent être utilisés pour tirer des conclusions sur les changements possibles dans la structure ou la fonction des communautés de pollinisateurs attribuables à l'application d'herbicide. L'échantillonnage une année après l'application nous permet de vérifier les effets indirects sur les communautés de pollinisateurs qui se produisent dans la communauté végétale.

A conceptual framework for the spruce budworm Early Intervention Strategy: can outbreaks be stopped?

Robert C. Johns[1], Joseph J. Bowden[2], R. Drew Carleton[3], Barry J. Cooke[4], Sara Edwards[5], Erik J.S. Emilson[4], Patrick M.A. James[6], Dan Kneeshaw[7], David A. MacLean[8], Véronique Martel[9], Eric R.D. Moise[2], D. Gordon Mott[10], Chris J. Norfolk[3], Emily Owens[1], Deepa S. Pureswaran[9], Dan T. Quiring[11], Jacques Régnière[9], Brigitte Richard[12], and Michael Stastny[1]

Abstract

Historically, spruce budworm outbreaks have been managed via a reactive, foliage protection approach focused on keeping trees alive rather than stopping the outbreak. However, recent theoretical and technical advances have renewed interest in proactive population control to reduce outbreak spread and magnitude, i.e., the Early Intervention Strategy (EIS). In essence, EIS is an area-wide management program premised on detecting and controlling rising spruce budworm populations (hotspots) along the leading edge of an outbreak. In this talk, we will lay out the conceptual framework for EIS, including all of the core components needed for such a program to be viable. We will briefly outline the competing hypotheses of spruce budworm population dynamics and discuss their implications for how we manage outbreaks. We will also discuss the practical needs for such a program to be successful (e.g., hotspot monitoring, population control, and cost-benefit analyses), as well as the importance of proactive communications with stakeholders.

Résumé

Historiquement, la gestion des épidémies de tordeuse des bourgeons de l'épinette passait par la protection du feuillage axée sur la survie des arbres en réaction à l'épidémie, plutôt que par l'arrêt de l'épidémie. Or, de récentes avancées théoriques et techniques ont ravivé l'intérêt pour la lutte proactive visant à contenir la propagation et l'ampleur des épidémies, comme la stratégie d'intervention précoce (SIP). La SIP est essentiellement un programme de gestion à l'échelle d'une zone qui est fondée sur la détection et la maîtrise des populations croissantes de tordeuses des bourgeons de l'épinette (points chauds) le long du front de l'épidémie. Dans notre présentation, nous présenterons le cadre conceptuel de la SIP, dont les éléments de base qui sont essentiels pour assurer la viabilité du programme. Nous allons brièvement donner les grandes lignes des hypothèses concurrentes de la dynamique des populations de tordeuse des bourgeons de l'épinette et discuter de leurs implications sur notre façon de gérer les épidémies. Nous allons également aborder les aspects pratiques à observer pour que le programme fonctionne (p. ex., surveillance des points chauds, maîtrise des populations, analyses de rentabilité), ainsi que l'importance de maintenir des communications proactives avec les parties prenantes.

Results from Network of Automatic Pheromone Traps

Jean-Noël Candau

Canadian Forest Service – Great Lakes Forestry Centre

Abstract

Long-distance dispersal is a key process in the dynamics of spruce budworm (SBW) outbreaks. Indeed, the current outbreak is clearly teaching us that the success of any large-scale spruce budworm management strategy is conditioned on our understanding of its mass migration. Currently, at least 3 research teams are developing landscape-scale models of SBW dispersal, including our team at the Great Lakes Forestry Centre. While a good amount of effort is invested in developing models, we have very little field data to parameterise and test them. Daily and sub-daily flight activity data are critical to these models because mass dispersal flights are directional, singular events that occur for a few hours, a few times during the flight season and thus cannot be averaged into a mean dispersal for the season. Since 2018, we operate a network of automatic pheromone traps that provides SBW flight activity data 4 times a day across Eastern Canada. In addition, we developed simulations of long-distance dispersal based on an atmospheric particle dispersal model modified to account for biological and behavioral factors known to affect SBW flight. We present an analysis of the 2019 flight season based on the combination of sub-daily flight observations and simulated dispersal patterns.

Résumé

La dispersion à longue distance est un processus clef dans la dynamique des épidémies de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (TBE). De fait, l'épidémie actuelle démontre clairement que le succès de n'importe quelle stratégie de gestion passe par une compréhension de la migration en masse. Actuellement, au moins 3 équipes de recherche développent des modèles de dispersion de la TBE a l'échelle du paysage, incluant notre équipe au Centre de Foresterie des Grands Lacs. Alors qu'un bon effort est investi dans le développement de modèles, nous avons peu de données pour les paramétriser et les valider. Les données d'activité de vol à l'échelle journalière ou en dessous sont critiques pour ces modèles car les vols de dispersion en masse sont des évènements singuliers, directionnels, qui ne durent que quelques heures et se répètent peu de fois dans la saison. Ils ne peuvent donc pas être résumés en une dispersion moyenne pour la saison. Depuis 2018, nous opérons un réseau de pièges à phéromone automatiques qui fournit des données sur l'activité de vol quatre fois par jour dans l'Est du Canada. En complément, nous avons développé un modèle de dispersion basé sur un modèle atmosphérique de dispersion de particules modifié pour prendre en compte les facteurs biologiques et comportementaux qui affectent le vol. Nous présentons une analyse de la saison de vol 2019 basée sur une combinaison des observations de vols à l'échelle sous-journalière et des simulations de trajectoires de vol.

Budworm tracker cost-benefit analysis in comparison to conventional provincial approach

Emily Owens

Assessing effects of landscape level forest management and biotic interaction on spruce budworm outbreaks and subsequent carbon dynamics

Dan Kneeshaw[1], Louis De Grandpré[2], Deepa Pureswaran[2], Steven Kembel[3], Changhui Peng[3]

[1] Université du Québec à Montréal. 514-850-1064 kneeshaw.daniel@uqam.ca
[2] CFS-LFC.
[3] UQAM

Collaborators
Mathieu Bouchard, MFFP-QC; Loic D'Orangeville UQAM, Louis-Etienne Robert, UQAM and Malcolm Itter (Michigan State University) and Andria Dawson (Mount Royal University

Abstract
Large-scale forest management affects forest landscape structure and thus the movement of outbreaking insects, such as the spruce budworm and forest tent caterpillar, in these landscape which in turn influences the outbreaks themselves. As climate changes the effect of forest management interacts with climatic stressors to potentially predispose trees to insect caused declines. The objectives of this project are to evaluate landscape-level effects of forest management and forest composition on insect outbreak severity and duration. As part of this study we evaluate the influence of forest landscape structure on microbe communities that are ingested by defoliators and which potentially affect their health. Finally we are begining to test the carbon budget implications of spruce budworm outbreaks in forests of different compositions with the ultimate goal of evaluating the influnce of spray operations and early intervention strategies on carbon budgets during outbreaks.

Our results show that forest composition at the landscape level continues to influence the severity of SBW outbreaks. After showing that black spruce content at the landscape scale reduces the vulnerability of fir we also evaluated landscape level effects on another lepidoptera – the forest tent caterpillar. This species responds strongly to concentration of hardwood content at the landscape scale

We also followed up on the influence of of foliar microbe communities on SBW health. Following up on laboratory tests that confirmed that SBW gut microbes come from foliage, our field study shows that gut microbe communities are strongly influenced by site and also host tree species. Health effects of these differences could thus offer hope for new control strategies

We developed a carbon model linked to insect dynamics and tested this in the SBW system. Spraying reduces carbon losses but stands should be targeted by age, composition and severity to have a maximum impact

Résumé
L'aménagement forestier à grande échelle affecte la structure du paysage forestier et donc le déplacement des insectes qui s'y attaquent, comme la tordeuse des bourgeons de l'épinette et la livrée des forêts, dans ce paysage qui, à son tour, influe sur les infestations elles-mêmes. À mesure que le climat change, l'effet de l'aménagement forestier interagit avec les facteurs de stress climatique pour potentiellement prédisposer les arbres à des déclins causés par les insectes. Les objectifs de ce projet sont d'évaluer les effets de l'aménagement forestier et de la composition des forêts à l'échelle du paysage sur la gravité et la durée des épidémies d'insectes.

Dans le cadre de cette étude, nous évaluons l'influence de la structure du paysage forestier sur les communautés microbiennes qui sont ingérées par les défoliateurs et qui peuvent affecter leur santé. Enfin, nous commençons à tester les implications sur le bilan du carbone des épidémies de tordeuse des bourgeons de l'épinette dans des forêts de différentes compositions dans le but ultime d'évaluer l'influx des opérations de pulvérisation et les stratégies d'intervention précoce sur les bilans du carbone lors des épidémies.

Nos résultats montrent que la composition de la forêt à l'échelle du paysage continue d'influencer la gravité des infestations de la tordeuse des bourgeons de l'épinette. Après avoir démontré que la teneur en épinette noire à l'échelle du paysage réduit la vulnérabilité du sapin, nous avons également évalué les effets à l'échelle du paysage sur un autre lépidoptère - la livrée des forêts. Cette espèce réagit fortement à la concentration de la teneur en feuillus à l'échelle du paysage

Nous avons également fait un suivi de l'influence des communautés de microbes foliaires sur la santé des TPE. Suite aux tests de laboratoire qui ont confirmé que les microbes intestinaux des SBW proviennent du feuillage, notre étude sur le terrain montre que les communautés de microbes intestinaux sont fortement influencées par le site et aussi par les espèces d'arbres hôtes. Les effets de ces différences sur la santé de la TBE pourraient donc offrir l'espoir de nouvelles stratégies de contrôle.

Nous avons développé un modèle carbone lié à la dynamique des insectes et l'avons testé dans le système forêt-TBE. La pulvérisation réduit les pertes de carbone, mais les peuplements doivent être ciblés selon l'âge, la composition et la gravité pour avoir un impact maximal

Bird predation in a declining population of the spruce budworm (Lepidoptera: Tortricidae)

Jacques Régnière[1] and Dan Welsh[2]

[1] Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Quebec, QC, Canada
[2] Deceased, Environment Canada, Canadian Wildlife Service, Ottawa, ON, Canada

Abstract

The impact of bird predation on a declining population of the spruce budworm, *Choristoneura fumifereana* (Clem.), was measured using single-tree exclosure cages in a mature stand of balsam fir, *Abies balsamea* (L.) and white spruce, *Picea glauca* (Moench.) Voss. near Armagh, Quebec, between 1986 and 1988. Bird population censuses, and observations of foraging and nest-feeding activity were also made in Armagh to determine the response of budworm-specialist species to decreasing food availability during the decline of the spruce budworm outbreak. Seasonal patterns of foraging as well as foraging success in the declining host population was compared to similar information from birds observed in another stand where the spruce budworm population was rising (50 larvae/kg) at Black Sturgeon Lake, Ontario, in 1983. It was found that predation was an important source of mortality in declining spruce budworm populations, and that is occurs between the 4th instar and moth emergence. Mortality by predation increased from negligible to over 98% as budworm density dropped from 100 to 0.1 larvae/kg of foliage, over 3 years. Calculations based on nest-feeding activity and on basic metabolic demands support these observed rates. Seasonal and yearly differences in predation rates observed between tree species correspond to equivalent shifts in bird foraging behavior in response to dropping insect density. In particular, a preference for searching on white spruce disappeared, although budworm-specialists remained more efficient at finding food on this plant. The ability to change foraging behavior differed between bird species. The implications of these findings in the context of spruce budworm population dynamics are discussed.

Résumé

L'impact de la prédation aviaire sur une population de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (TBE), *Choristoneura fumifereana* (Clem.), en déclin a été mesurée à l'aide de cages d'exclusion d'arbres individuels dans un peuplement mûr de sapin, *Abies balsamea* (L.) et d'épinette blanche, *Picea glauca* (Moench.) Voss. près de Armagh, Québec, entre 1986 et 1988. Des recensements de populations d'oiseaux et des observations sur le comportement de recherche de nourriture et d'activité d'alimentation au nid ont aussi été menés à Armagh pour déterminer la réponse des espèces spécialistes de la TBE à la diminution de la disponibilité de nourriture causée par le déclin de l'épidémie. Les patrons saisonniers de recherche de nourriture et de succès de chasse dans les populations de proies en déclin ont été comparés à des informations similaires récoltées dans un autre peuplement soutenant une population de tordeuse en croissance (50 larves/kg) au lac Black Sturgeon en Ontario en 1983. Nous avons découvert que la prédation par les oiseaux est une source importante de mortalité de la TBE pendant le déclin d'une epidémie. Cette prédation survient entre le 4^{e} stade larvaire et l'émergence des papillons. La mortalité due à la prédation est passée de négligeable à plus de 98% pendant que la population de tordeuses chutait de 100 à 0.1 larves/kg sur trois ans. Des calculs fondés sur les activités au nid et les besoins métaboliques de base

confirment ces mesures. Les différences saisonnières et annuelles de taux de prédation entre trois essences forestières (sapin, épinette, feuillus) reflètent des changements équivalents dans le comportement de recherche de nourriture des oiseaux en réponse à la chute de la population de proies. En particulier, une préférence pour la chasse sur l'épinette est disparue, même si les oiseaux spécialistes de la tordeuse conservent un meilleur taux de réussite dans leur récolte de nourriture sur cette essence. La capacité de changement d'adaptation comportementale était différente entre espèces de parulines. Les implications de ces résultats dans le contexte de la dynamique des populations de la TBE sont discutées.

Genomics-based approaches for monitoring the spruce budworm and its natural enemies

Stewart D[1], Nisole A[1], Djoumad A[1], Kyei-Poku G[2], Kamenova S[3], Huron P[1], Trudeau S[1], Smith A[3], Eveleigh E[4], Johns R[4], Martel V[1], Cusson M[1].

[1]Laurentian Forestry Centre, Natural Resources Canada, Quebec City, QC, Canada;
[2]Great Lakes Forestry Centre, Natural Resources Canada, Sault Ste. Marie, ON, Canada;
[3]Department of Integrative Biology, University of Guelph, Guelph, ON, Canada;
[4]Atlantic Forestry Centre, Natural Resources Canada, Fredericton, NB, Canada.

Abstract

Spruce budworm (SBW) management decisions rest, in part, on forecasts of population densities in the next growing season. This assessment is based on fall surveys of diapausing second-instar larvae ("L2s"), a procedure that involves the collection of fir and spruce branches in monitored stands, followed by extraction of larvae that are then under a microscope. Because this counting method is tedious and labor-intensive, we explored the possibility of using an alternative approach based on the qPCR quantification of a SBW gene. Our results indicate that the correlation between copy number of the SBW *cytochrome c oxidase I* (COI) gene and larval counts is strong enough to justify the use of this approach as a suitable replacement for the manual counting method. Similarly, the annual monitoring of SBW natural enemies and the assessment of their impact on budworm mortality enable predictions of expected mortality in the following growing season. This type of monitoring, when conducted yearly throughout a population cycle, is also essential to identify the factors responsible for the rise and collapse of outbreaks. To date, assessing the causes of budworm mortality has involved the laboratory rearing of larvae sampled in the field, followed by morphology-based identification of emerging parasitoids and/or microscopic examination of dead larvae to detect fungal pathogens. Although this approach has so far provided very important data, it is both slow and labor-intensive, and it shows limits in terms of accuracy. To overcome these shortcomings, we developed a qPCR-based molecular sorting approach whereby budworm DNA extracts are processed through a first module designed to detect dipteran and hymenopteran parasitoids, and microsporidian infections; positive samples are then processed for species identification using three additional modules. This method has now been validated and is being used to identify parasitoids and microsporidia in SBW samples.

Résumé

Les décisions relatives à la gestion des épidémies de tordeuse des bourgeons de l'épinette (TBE) reposent, en partie, sur la prédiction des niveaux de population pour l'année qui vient. Cette évaluation est faite sur la base d'échantillons de branches de sapin et d'épinette récoltées à l'automne, desquelles on extrait les jeunes larves hivernantes pour les dénombrer par comptage sous microscope. Cette méthode de comptage est à la fois laborieuse et exigeante en termes de main d'œuvre, ce qui nous a amené à explorer le potentiel d'une approche alternative basée sur la quantification d'un gène de TBE. Nos résultats indiquent que la corrélation entre le nombre de copies du gène *cytochrome c oxidase I* (COI) de la TBE et le nombre de larves est suffisamment forte pour justifier l'utilisation de cette approche en remplacement de la méthode de dénombrement manuel. De la même façon, le suivi annuel des agents biologiques de mortalité de la TBE permet de faire des prédictions sur les niveaux de mortalité au cours de la saison estivale suivante. Ce type de suivi, lorsque réalisé tout au long d'un cycle des populations de l'insecte,

s’avère également essentiel à toute étude visant l’identification des facteurs qui gouvernent le développement et le déclin des pullulations. À ce jour, l’évaluation des causes de mortalité chez la TBE a nécessité l’élevage en laboratoire de larves échantillonnées en forêt, suivi de l’identification visuelle des parasites qui en émergent et/ou de l’analyse microscopique des pathogènes fongiques dans les carcasses de larves. Bien que cette approche ait jusqu’ici fourni des informations vitales, elle exige un investissement très significatif en temps et présente des limites quant à son exactitude. Afin de pallier à ces lacunes, nous avons développé une méthode de tri moléculaire qui fait usage de la PCR quantitative. Ainsi, des extraits d’ADN de tordeuse sont soumis à l’analyse d’un premier module mis au point pour détecter les parasitoïdes Diptères et Hyménoptères, ainsi que les infections à microsporidies; les échantillons positifs sont alors soumis à une deuxième ronde d’analyses dans trois modules additionnels pour l’identification des espèces. Cette méthode a maintenant été validées et est présentement utilisée pour évaluer le parasitisme et les infections microsporidiennes dans des échantillons de TBE.

Early Intervention Strategy for spruce budworm: Efficacy results to date.

Sara Edwards[*]*, Joe Bowden, Gerry Cormier, Rob Johns*[*]*, Véronique Martel, Eric Moise, Emily Owens, Deepa Pureswaran, Michael Stastny and Andrew Willett*

[*] Contact

Abstract

Early Intervention Strategy (EIS project 1.0) aims to control spruce budworm 'hot spots' along the leading edge of outbreak to slow its southward spread through Atlantic Canada. After five years of testing (final year results pending) we have had success suppressing populations in areas treated with relatively narrow-spectrum insecticides (i.e., Btk or tebufenozide) to slow or prevent further population expansion. This year's results indicate that populations are up slightly from the previous year, which experienced substantial mortality in New Brunswick from 2018 to 2019. Overall the EIS approach appears to be working, efficacy results (treatment mortality and population growth rates) from the project to date as well as efficacy among products (EIS project 4.0) will be discussed.

Résumé

La stratégie d'intervention précoce (SIP, projet 1.0) vise à maîtriser les « points chauds » de la tordeuse des bourgeons de l'épinette le long du front de l'épidémie afin de ralentir la progression de l'insecte en direction sud vers le Canada atlantique. Après cinq ans d'essais (les résultats de la dernière année seront bientôt connus), nous constaté que nous avons réussi à réprimer les populations dans les zones traitées à l'aide d'insecticides aux spectres relativement étroits (c.-à-d. Btk ou tébufénozide) pour ralentir ou empêcher l'expansion des populations. Les résultats de cette année montrent que les populations ont légèrement augmenté par rapport à l'année dernière, quand le Nouveau-Brunswick a connu une mortalité considérable de 2018 à 2019. Dans l'ensemble, la démarche de la SIP semble fonctionner. Les résultats sur l'efficacité de la stratégie (mortalité attribuable aux traitements et taux de croissance des populations) jusqu'à présent ainsi que sur l'efficacité des différents produits (SIP, projet 4.0) seront abordés.

Chemical Ecology Studies: Spruce budworm *Choristoneura fumiferana*

Peter Silk, Lucas Roscoe, Wayne McKinnon, Peter Mayo, Martin Williams, Gaetan LeClair, Glen Forbes

Natural Resources Canada, Canadian Forest Service - Atlantic Forestry Centre, 1350 Regent Street, Fredericton, NB Canada E3B 5P7;

Abstract

First, we present lab and field evidence that maltol, a secondary metabolite found in balsam fir, affects spruce budworm (SBW) fitness and survival. Secondly, we demonstrate that sublethal effects of topical application of Mimic to SBW pupae at % AI (active ingredient) quantities lower than amounts applied in existing protocols; causes decreases in the likelihood of adult emergence, increases in the likelihood of pupal death or deformity at eclosion, and significant decreases in mean adult longevity. Finally, a relationship between diet and male pheromone composition has been identified. We continued to evaluate different aspects of mating disruption as a control strategy against SBW including formulation effects and results of caged mating studies using both Hercon flake macroreleasers and a Confound SBW microencapsulated product.

Resumé

Premièrement, nous présentons des preuves en laboratoire et sur le terrain que le maltol, un métabolite secondaire trouvé chez le sapin baumier, affecte la forme physique et la survie de la tordeuse des bourgeons de l’épinette (SBW). Deuxièmement, nous démontrons que des effets sublétaux de l'application topique de Mimic sur les larves de SBW à un % IA (ingrédient actif) en quantités inférieures aux quantités appliquées dans les protocoles existants; entraîne une diminution de la probabilité d'émergence des adultes, une augmentation de la probabilité de mort ou de déformation des chenilles à l'éclosion et une diminution significative de la longévité moyenne des adultes. Enfin, une relation entre l'alimentation et la composition des phéromones mâles a été identifiée. Nous avons continué l’évaluation de différents aspects de la perturbation de l'accouplement comme stratégie de contrôle contre SBW, y compris les effets de formulation et les résultats des études d'accouplement en cage utilisant à la fois des macroreleasers Hercon en flocons et un produit micro-encapsulé Confound SBW.

Evidence of a direct chemical plant defense role of maltol against spruce budworm.

Martin Williams, Glen Forbes, Wayne Mackinnon, Eldon Eveleigh, Rosanna Lamb, Lucas Roscoe, Peter Silk

Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Atlantic Forestry Centre, PO Box 4000, Fredericton, NB, E3B 5P7, Canada

Abstract

Due to their sedentary lifestyles, plants use different physical and chemical strategies to defend against insect herbivory. While many plant secondary metabolites such as terpenoids, alkaloids and phenolics are well known in plants, their specific functions within the plant are largely unknown. This is the case for maltol. Although used extensively in the food industry as a flavor enhancer and produced in significant quantities in a few plant species (Tiefel and Berger 1993, Williams et al. 2019), information related to its function in plants is scarce. A few studies have shown that maltol has antifungal properties (Cunningham and Pickard, 1985) and can be glucosylated to maltol glucoside in both angiosperms (Tiefel and Berger 1993) and conifers (Williams et al. 2019). Past work (LeClair et al 2015) has shown that maltol is emitted during spruce budworm herbivory and that the metabolite is constitutively produced in both new and 1 year-old balsam fir foliage, while sub-lethal effects (i.e. decreased pupal mass, slower rate of development) are observed in SBW consuming maltol at foliage-level concentrations and lethal effects at slightly higher concentration are also known (Williams et al 2019). To evaluate the seasonal variation and whether it can reach lethal levels in mature balsam fir trees in the field, we assessed the concentrations at three different time points during the growing season. Since glucosylation of this metabolite is possible and can potentially contribute to increased levels of maltol through deglucosylation, maltol glucoside was also measured. Results on the variation of these metabolites in balsam fir and maltol's role as a potential component of a direct defense against SBW in balsam fir will be discussed.

Résumé

En raison de leur mode de vie sédentaire, les plantes se servent de plusieurs stratégies physiques et chimiques différentes afin de se défendre contre la défoliation par les insectes. Bien que plusieurs métabolites secondaires comme les terpénoides, les alkaloides et les phénoliques sont bien connus chez les plantes, leurs fonctions spécifiques chez les plantes sont largement inconnue. C'est le cas pour le maltol. Malgré son utilisation commune dans l'industrie alimentaire comme additif et sa présence naturelle en quantité significative chez certaines plantes (Tiefel and Berger 1993, Williams et al. 2019), l'information reliée à sa fonction chez les plantes est limitée. Certaines études ont démontré que le maltol a des propriétés anti-fongique (Cunningham and Pickard, 1985) et qu'il existe sous forme glycosylée en glucoside de maltol chez certains angiospermes (Tiefel and Berger 1993) et conifères (Williams et al. 2019). Des travaux antérieurs (LeClair et al 2015) ont aussi démontrés que le maltol est émis durant la défoliation par la tordeuse des bourgeons de l'épinette, que le métabolite est produit constitutivement dans le foliage nouveau et âgé d'un an du sapin baumier, tandis que des effets sublétaux (i.e. diminution de la masse nymphale, rythme de développement plus lent) sont observés à des concentrations présentes dans le foliage alors que des effets léthaux sont aussi connus à des concentrations de maltol légèrement supérieurs (Williams et al 2019). Afin d'évaluer la variation saisonnière et de vérifier si les concentrations

peuvent atteindre des niveaux léthaux chez le sapin baumier sur le terrain, nous avons mesurer la concentration à trois temps différents durant la saison de croissance. Puisque la glucosylation de ce métabolite est possible et peut potentiellement contribuer à une augmentation des niveaux de maltol par déglucosylation, le glucoside de maltol fût aussi mesuré. Des résultats sur la variabilité de ces métabolites chez le sapin baumier et le rôle du maltol comme une composante potentielle reliée à la défense du sapin baumier contre la tordeuse sera discutée.

How do chemotypic variations of white spruce affect performance of spruce budworm: revisiting the role of monoterpenes and phenolics compound in tree resistance?

Aziz Ullah, Jennifer G Klutsch, Nadir Erbilgin

University of Alberta

Abstract

We investigated the chemotypic variations of white spruce trees and their impacts on the performance of eastern spruce budworm larvae. We quantified major defense chemicals (monoterpenes and phenolics compounds) of 1,602 white spruce foliage collected from four progeny trials and 160 families in Alberta. From each tree, half of foliage was used for chemical analysis and the other half were stored in -40°C and then dried in the freeze dryer for 72 hours, after which we ground the dried needles. We identified 12 monoterpenes and 18 phenolic aglycon/flavonoid compounds and 9 glycosides. Using the monoterpene concentrations, we clustered trees sampled in two chemotypes and for each chemotype, we selected five families based on 5^{th}, 25^{th}, 50^{th}, 75^{th}, and 95^{th} percentile of total monoterpenes. Furthermore, from each family we averaged monoterpene concentrations from three selected individual trees based on 5^{th}, 50^{th} and 95^{th} percentile of total monoterpenes to define the family mean profiles. 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. Agar, 25% McMorran diet, and ground needles were mixed together as a growth medium for the following bioassays. The mixture was separated into two treatment groups. The first group contained a specific blend of monoterpenes and the second did not have any monoterpene amendments. We presented these two types of diets to one 4^{th} instar budworm larva. We quantified larval mortality, initial and final larval weight, ingested food, feces excreted, total larval development time (4^{th} to 6^{th} instar) and pupal mass of each larva at the end of experiment. We also measure relative growth rate and relative consumption rate of larvae after each assay. We compared these values among genotypes and linked to tree chemistry. We found four spruce families caused mortality to budworm larvae. These four families had higher concentrations of monoterpenes, including camphor, limonene, bornylacetate, camphene, and α-pinene, and higher concentration of phenolic compounds including catechin and gallocatchin. Furthermore, two spruce families with higher concentration of catechin and gallocatchin also reduced the larval food intake, decreased the larval weight and the pupal weight, prolonged the larval development, and decreased the adult emergence. Overall, our results suggest that foliar monoterpenes can be important component of white spruce against eastern spruce budworm. We are currently investigating the role of individual monoterpenes and phenolics on budworm performance.

Résumé

Nous avons étudié les variations chimiotypiques chez l’épinette blanche et leurs effets sur la performance des larves de tordeuse des bourgeons de l’épinette. Nous avons quantifié les principales substances chimiques défensives (monoterpènes et composés phénoliques) de 1602 échantillons de feuillage d’épinette blanche prélevés dans nos parcelles d’essais sur la descendance et de 160 familles de l’Alberta. Pour chaque arbre, nous avons fait l’analyse chimique de la moitié du feuillage et entreposé l’autre moitié à une température de -40 °C puis séché dans un lyophilisateur pendant 72 heures, après quoi nous avons broyé les aiguilles

séchées. Nous avons identifié 12 monoterpènes et composés d'aglycones phénoliques/de flavonoïdes et 9 glycosides. Sur la base des concentrations de monoterpènes, nous avons regroupé les arbres échantillonnés sous deux chimiotypes et, pour chaque chimiotype, sélectionné cinq familles en fonction du 5^{e}, du 25^{e}, du 50^{e}, du 75^{e} et du 95^{e} percentile du total des monoterpènes. Dans chaque famille, nous avons obtenu les concentrations moyennes de monoterpènes de trois arbres choisis en fonction du 5^{e}, du 50^{e} du 95^{e} percentile du total des monoterpènes pour définir les profils moyens de chaque famille. Nous avons sélectionné en tout 10 familles des deux grappes et élaboré un mélange de composés représentant chacune des 10 familles en fonction des concentrations de monoterpènes constitutifs. Nous avons mélangé 25 % de diète McMorran et des aiguilles broyées dans un l'agar pour en faire un milieu de croissance pour les bioessais suivants. Le mélange a été séparé en deux groupes de traitement. Le premier groupe contenait un mélange précis de monoterpènes et le second n'a reçu aucune modification au niveau des monoterpènes. Nous avons présenté les deux types à des larves de 4^{e} stade. Nous avons quantifié la mortalité larvaire, le poids initial et le poids final des larves, la nourriture ingérée, les excréments, la durée totale du développement larvaire (4^{e} au 6^{e} stade) et la masse nymphale de chaque larve à la fin de l'expérience. Nous avons aussi mesuré le taux de croissance relatif et le taux de consommation relatif des larves après chaque essai. Nous avons comparé ces valeurs aux génotypes et les avons liées à la chimie des arbres. Nous avons trouvé que quatre familles d'épinettes entraînaient la mortalité des larves de tordeuse des bourgeons. Ces quatre familles présentaient des concentrations plus élevées de monoterpènes, dont le camphre, le limonène, l'acétate de bornyle, le camphène et α-pinène, et une concentration plus élevée de composés phénoliques, dont la catéchine et la gallocatchine. Par ailleurs, deux familles d'épinette présentant une concentration plus élevée de catéchine et de gallocatchine ont également réduit la quantité de nourriture ingérée par les larves, réduit le poids des larves et le poids des nymphes, prolongé le développement larvaire et diminué l'émergence des adultes. Dans l'ensemble, nos résultats laissent croire que les monoterpènes foliaires seraient un élément important de la lutte de l'épinette blanche contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette. Nous étudions actuellement le rôle de monoterpènes et de composés phénoliques individuels sur la performance de la tordeuse des bourgeons.

Pheromone and host plant odor detection and processing in spruce budworm

N. Kirk Hillier[1], Thanusha Suresh[1], Lucas Roscoe[2], Peter Silk[2]

[1] Acadia University, 33 Westwood Ave., Wolfville, NS, B4P 2R6, Tel. 902-585-1314; kirk.hillier@acadiau.ca

[2] Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, 1350 Regent Street, Fredericton, NB. E3B 5P7, Tel./Fax.; (506) 452-3073; 506-452-3525; lucas.roscoe@canada.ca ; peter.silk@canada.ca

Abstract

Eastern Spruce budworm, *Choristoneura fumiferana*, is presently outbreaking and has spread from the Gaspe and Baie Comeau region of Quebec and now threatens much of the Atlantic region. During the last spruce budworm outbreak (1970's) an estimated 50 million hectares were defoliated – this pest can produce truly apocalyptic damage and mortality in our forests. This study is investigating detection and processing of critical odorants which modulate spruce budworm behavior, with a goal to characterize new compounds and optimize blends which may be used to enhance monitoring and control strategies. Using single sensillum recording we are screening male and female *C. fumiferana* for response to a series of individual pheromones, host, and non-host odors. Future work will further investigate mixture interactions at the antennal level and potential for odorant interactions as blends at the antennal lobe (higher brain processing). By understanding how *Choristoneura* processes pheromones in the context of plant volatiles, we may determine critical clues to improving future monitoring and mating disruption strategies.

Résumé

Une épidémie de tordeuse des bourgeons de l'épinette, *Choristoneura fumiferana*, s'est répandue à partir de la région de la Gaspésie et de Baie-Comeau au Québec et menace maintenant une grande partie de la région de l'Atlantique. Durant la dernière infestation de tordeuse des bourgeons de l'épinette (dans les années 1970), on estime que 50 millions d'hectares ont été défoliés – ce ravageur peut produire des dommages et une mortalité catastrophiques dans nos forêts. La présente étude se penche sur la détection et le traitement d'odorisants cruciaux qui modulent le comportement de la tordeuse des bourgeons de l'épinette, le but étant de caractériser de nouveaux composés et d'optimiser les mélanges qui pourraient être utilisés pour améliorer les stratégies de surveillance et de lutte. À l'aide de l'enregistrement de sensilles uniques, nous examinons les réactions d'individus mâles et femelles de *C. fumiferana* à une série de phéromones individuelles et d'odeurs d'hôtes et de non-hôtes. Des travaux futurs se pencheront sur les interactions des mélanges au niveau des antennes et les interactions odorisantes possibles en tant que mélanges au niveau du lobe antennal (traitement cérébral plus élevé). En comprenant comment *Choristoneura* traite les phéromones dans le contexte de volatiles de plantes, nous pourrons peut-être cerner des indices critiques pour améliorer les futures stratégies de surveillance et de perturbation du comportement reproducteur.

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

Alain Dupont[1], Éric Bauce[2], Alvaro Fuentealba Morales[2], Christian Hébert[3] and Catherine Henry[1]

[1] Société de protection des forêts contre les insectes et maladies, 1780 Semple, Quebec City (QC) G1N 4B8
[2] Consortium iFOR, Université Laval, Pavillon Abitibi-Price, 2405 de la Terrasse, Quebec City (QC) G1V 0A6
[3] 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 currently achieved when ≥ 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 2019 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 twelve years of defoliation, and ten years of intervention with *Btk*, our results show a clear effect of protection scenarios on host tree species mortality caused by the spruce budworm. As the protection intensity decreases, the volume of dead balsam fir increases (0% to 67%). Moreover, balsam fir mortality remains higher then 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. 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 ≥ 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 permettent d'obtenir des résultats similaires à moindre coût. Entre 2010 et 2019, 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 douze années de défoliation et dix 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 67%). 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. 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, tout en optimisant les retombées des programmes de pulvérisations de *Btk* en fonction des objectifs de production.

New methods in quantifying stage-specific natural enemy attack on forest pest defoliators

*Joe Bowden, Eric Moise**

Atlantic Forestry Centre – Corner Brook 26 University Drive, Corner Brook, Newfoundland and Labrador, A2H 6J3

* (contact person)

Collaborators:
Dr. Rob Johns, NRCan-CFS (AFC) rob.johns@canada.ca
Dr. Véronique Martel, NRCan-CFS (LFC) veronique.martel@canada.ca

Partners and Contribution:
NRCan-Canadian Forest Service: spruce budworm larvae, parasitoid ID, data analysis; some funding will be requested from CFS operating funds.

Abstract: Natural enemies have significant influence over pest insect population dynamics, and are a key component to effective insect pest management strategies. Success of the Early Intervention Strategy, for example, is contingent on the ability of natural enemies to re-establish suppression of spruce budworm populations following aerial insecticide application. Accordingly, knowledge of the structure and function of spruce budworm natural enemy communities is essential to this program, and while these interactions are well documented for mainland Atlantic Canada, comparatively little is known for Newfoundland. The objectives of this research project were to 1) obtain better understanding of natural enemy assemblage in a rising population of spruce budworm (insular NL), 2) develop a comprehensive approach to quantifying parasitoid and predator activity, and 3) determine how these relationships vary in response to pest development stage.

We sampled naturally occurring budworm from rising populations in and around Gros Morne National Park and allowed them to mature until imago/mortality or until a parasitoid emerged, to obtain species-level information about the parasitoid community. We also established, in a paired-branch design with sentinel budworm larvae, treatments (exposed to predation/parasitism) and controls (not exposed) to test for defoliation, survival, percent parasitism, and bird predator (insectivorous passerines) visits. Parasitism rates from our field collections in Gros Morne ranged from 0-67%. In our experiments, we detected some marginal differences in overall treatment effects and some within stage. However, overall parasitism and bird visits in the experimental plots were relatively low. In both, the experimental approach and the collection of naturally occurring spruce budworm, the parasitoid community was largely represented by Hymenoptera, but included some Diptera. Our results demonstrate that parasitoids recovered in both our observational and manipulative studies are consistent with the most common taxa observed from mainland collections in Atlantic Canada, thus offering an initial indication that EIS may be successfully implemented to suppress rising budworm populations on the Island of Newfoundland.

Résumé
Les ennemis naturels des insectes nuisibles ont un effet considérable sur la dynamique des populations de ces insectes et ils constituent une composante clé d'une stratégie de lutte antiparasitaire efficace. La réussite de la stratégie d'intervention précoce, par exemple, dépend de la capacité des ennemis naturels de reprendre la suppression des populations de la tordeuse des bourgeons de l'épinette après les pulvérisations aériennes d'insecticides. Il est donc essentiel dans le cadre d'un tel programme de connaître la structure et le fonctionnement des communautés d'ennemis naturels de la tordeuse des bourgeons de l'épinette; ces interactions ont été bien étudiées dans la portion continentale du Canada atlantique, mais on dispose de relativement peu de données sur la question pour Terre-Neuve. Le présent projet de recherche visait à 1) mieux connaître l'assemblage d'ennemis naturels dans le contexte de la croissance de la population de tordeuse des bourgeons de l'épinette (île de Terre-Neuve), 2) élaborer une approche exhaustive pour quantifier l'activité des parasitoïdes et des prédateurs et 3) déterminer l'incidence du stade de développement de l'organisme nuisible sur ces relations.

Nous avons prélevé des échantillons de tordeuses des bourgeons de l'épinette dans les populations croissantes naturellement présentes à l'intérieur et dans les environs du parc national du Gros Morne. Nous les avons élevées jusqu'à maturité, jusqu'au stade d'imago ou de la mort ou jusqu'à l'émergence d'un parasitoïde, pour obtenir des renseignements sur les espèces composant la communauté de parasitoïdes. De plus, au moyen d'une méthode de comparaison par paires faisant appel à des larves « sentinelles » de tordeuse des bourgeons de l'épinette, nous avons établi des traitements d'exposition (à la prédation et au parasitisme) et des traitements témoins (aucune exposition) pour évaluer les taux de défoliation, de survie, de parasitisme et de visite par des oiseaux prédateurs (passereaux insectivores). Les taux de parasitisme chez les spécimens récoltés sur le terrain à Gros Morne allaient de 0 à 67 %. Dans le cadre de notre expérience, nous avons détecté des différences minimes en ce qui a trait aux effets globaux du traitement et certaines différences en fonction du stade. Cependant, les taux globaux de parasitisme et de visite par des oiseaux dans les parcelles expérimentales étaient relativement faibles. Dans le cadre de l'expérience et chez les spécimens récoltés en milieu naturel, la communauté de parasitoïdes était largement représentée par les hyménoptères, mais comprenait certains diptères. Nos résultats montrent que les parasitoïdes recensés dans le cadre de nos études par observation et par manipulation correspondent aux taxons les plus couramment observés dans la portion continentale du Canada atlantique, ce qui nous laisse croire qu'une stratégie d'intervention précoce pourrait être mise en œuvre pour la suppression des populations croissantes de tordeuse des bourgeons de l'épinette dans l'île de Terre Neuve.

Tracking spruce budworm immigrations to the western coast of Newfoundland: refinement of monitoring tools to improve early detection

Marc Rhainds

Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Atlantic Forestry Centre, PO Box 4000, Fredericton, New Brunswick, E3C 2G6, Canada

Abstract

Spruce budworm adults were sampled in 2019 with light traps along a 100 km long latitudinal transect between Rocky Harbour and Daniel's Harbor. Population density increased > 5 fold between 2018 and 2019, both in terms of L2 per branch and adults per trap. An apparent immigration event swamped the west coast of NL during the night of July 31 – August 1, as indicated by high numbers of adult budworms that represented > 80% of the total bycatch (as estimated on a fresh biomass basis). Unless post-migration survival rate of adults exceeds seven days, three immigrations may have taken place between late July and the first half of August.

Résumé

Les adultes de tordeuses des bourgeons de l'épinette ont été échantillonnés à l'aide de pièges lumineux le long de sept sites sur la côte ouest de Terre-Neuve. Les densités de population ont augmenté par un facteur de 5 entre 2018 et 2019, à la fois pour les larves sur les branches et les adultes dans les pièges lumineux. Une immigration massive a eu apparemment eu lieu sur toute la côte entre Rocky Harbour et Daniel's Harbour durant la nuit du 31 Juillet au premier Août 2019, comme semblent l'indiquer les captures élevées dans les pièges (> 10 000 adultes par nuit) ainsi que la haute proportion de tordeuse relativement au 'bycatch' (> 80%, estimée sur la base du poids frais). À moins que les adultes survivent plus de 7 jours après avoir migrés, il semble qu'il y ait eu trois épisodes de migration entre la fin Juillet et la première moitié d'Août.

Understanding overwintering survival as a component of pest management strategies for spruce budworm

Joe Bowden[1], Eric Moise[1*], Michael Stastny[2]

[1] Atlantic Forestry Centre – Corner Brook, 26 University Drive, Corner Brook, Newfoundland and Labrador, A2H 6J3
[2] Atlantic Forestry Centre – Fredericton
[*] (contact person)

Collaborators:
Lauren Stead, UNB/NRCan-CFS (AFC)
Dr. Rob Johns, NRCan-CFS (AFC)
Dr. Véronique Martel, NRCan-CFS (LFC)

Abstract: The Early Intervention Strategy aims to mitigate the current spruce budworm outbreak by treating rising population "hotspots" to limit spread via moth migration. Identifying these hotspots relies on fall sampling of second instar larvae (L2) to forecast the following year's spruce budworm densities, and assumes overwintering mortality is equal across all sampled sites. However, this assumption ignores the potential for biotic and abiotic influences on survivorship. This project aims to quantify how overwintering mortality varies with tree-level differences in the quality of overwintering sites (e.g. host species, crown position), as well as stand (composition, age) and landscape-level factors (temperature variation due to elevation or latitude). To explore these effects, spruce budworm larvae were deployed in a series of field experiments established across a range of spatial scales.

Results for tree-level effects indicate that overwintering mortality was greater in balsam fir than in black spruce, as well as in the upper vs. lower tree bole and at branch ends vs. tips. At the stand-level, mortality was similar in balsam fir-dominated and black spruce-dominated stands, as well as in older and younger stands. Temperature effects on mortality observed in the elevation experiment suggest that survival may have been higher at colder sites, although this trend was absent at the highest elevation tested. Moreover, over the much broader range of winter temperatures tested in the latitude experiment, no such relationship was observed. Lastly, in contrast to the tree-level response, mortality did not differ between fir and spruce as the overwintering substrate in either the latitude or elevation experiments.

Beyond mortality, sublethal effects were also observed, with a positive relationship between overwintering temperature and subsequent larval development time. This phenological response could have downstream consequences for host-insect interactions, as well as the timing of spray treatments. Temperature also had a marginally significant effect on pupal mass, with the heaviest individuals from the warmest and coldest sites. Overall, our results indicate that 1) due to variation in overwintering mortality at both the host species and within-tree level, branch selection during fall L2 monitoring likely influences the accuracy of spruce budworm density predictions at spring emergence, 2) spruce budworm overwintering mortality was largely insensitive to temperature, highlighting a high degree of plasticity, and 3) temperature had a significant, sublethal effect on spruce budworm post-diapause performance, which was

maximized under the coldest overwinter conditions, with implications for both insect fitness and pest management operations.

Résumé : La stratégie d'intervention précoce vise à atténuer l'infestation en cours de la tordeuse des bourgeons de l'épinette en traitant les « points chauds », où les populations sont en croissance, dans le but de limiter la propagation via la migration des papillons. Le repérage de ces points chauds repose sur l'échantillonnage à l'automne de larves de deuxième stade (L2) pour établir les prévisions de densités de la tordeuse pour l'année suivante et suppose une mortalité hivernale égale dans tous les sites d'échantillonnage. Or, cette supposition ne tient pas compte d'éventuelles influences biotiques et abiotiques sur la survie. Ce projet examine la mesure dans laquelle la mortalité hivernale varie en fonction des différences au niveau des arbres dans la qualité des sites d'hivernage (p. ex. : espèces hôtes, position des couronnes) et des peuplements (composition, âge), ainsi que des facteurs au niveau du paysage (écarts de température attribuables à l'altitude ou à la latitude). Pour étudier ces effets, nous avons déployé des larves de tordeuse des bourgeons de l'épinette dans une série d'expériences sur le terrain menées à différentes échelles spatiales.

Les résultats pour les effets au niveau des arbres montrent une mortalité hivernale plus grande chez le sapin baumier que chez l'épinette noire, ainsi qu'au fût supérieur plutôt qu'au fût inférieur et à l'extrémité des branches plutôt que des rameaux. Au niveau des peuplements, la mortalité était similaire dans les peuplements dominés par le sapin baumier et les peuplements dominés par l'épinette noire, ainsi que dans les peuplements plus vieux et plus jeunes. Les effets de la température sur la mortalité observés dans l'expérience liée à l'altitude semblent indiquer que la survie a peut-être été plus élevée dans les sites plus froids, bien que cette tendance soit absente à l'altitude la plus élevée. De plus, pour l'éventail beaucoup plus large de températures hivernales testées dans l'expérience liée à la latitude, aucune relation n'a été observée. Enfin, contrairement à la réponse au niveau des arbres, la mortalité n'a pas différé selon que le substrat hivernal soit le sapin ou l'épinette dans les expériences liées à la latitude ou à l'altitude.

Au-delà de la mortalité, nous avons aussi observé des effets sublétaux, avec un rapport positif entre la température durant l'hiver et la période du développement larvaire subséquent. Cette réaction phénologique pourrait avoir des conséquences en aval pour les interactions hôte-insecte, ainsi que sur le moment de l'application des traitements. Les températures ont également eu un effet légèrement significatif sur la masse nymphale, les individus les plus lourds venant des sites plus chauds et plus froids. Dans l'ensemble, nos résultats indiquent que 1) étant donné la variation dans la mortalité hivernale aussi bien au niveau des espèces hôtes que des arbres, la sélection des branches durant la surveillance des L2 à l'automne influence probablement l'exactitude des prévisions sur la densité de la tordeuse des bourgeons de l'épinette au moment de l'émergence au printemps, 2) la mortalité hivernale de la tordeuse des bourgeons de l'épinette était largement insensible à la température, ce qui démontre un haut degré de plasticité et 3) les températures ont eu un effet sublétal important sur la performance post-diapause de la tordeuse des bourgeons de l'épinette, les conditions hivernales les plus froides maximisant cet effet, ce qui annonce des implications aussi bien pour l'aptitude de l'insecte que pour les activités de lutte antiparasitaire.

Development, calibration and validation of a new process-based phenological model to improve forest protection in several conifer species

Annie Deslauriers

Université du Québec à Chicoutimi

Résumé

Les modèles phénologiques traditionnels utilisent les concepts de refroidissement (chilling) et de forçage thermique (somme de température ou degrés-jours) pour prédire l'ouverture des bourgeons. Cependant, la calibration de telles relations empiriques reste fortement spécifique au site et à l'espèce, ce qui la rend moins fiable pour prédire le débourrement d'une vaste zone géographique, sous défoliation ou dans des conditions climatiques futures. Nous avons donc développé et calibré un nouveau modèle mécanistique qui est basé sur les processus physiologiques se déroulant avant et lors de l'ouverture des bourgeons chez l'épinette et le sapin. Ce modèle a permis de mieux comprendre les effets de la température hivernale et printanière sur le débourrement, ouvrant la porte à des simulations sous réchauffement climatique. Le modèle reproduit correctement des séries chronologiques de phénologie chez des conifères non-défoliés et défoliés. Des simulations montrent comment la défoliation précédente et courante retarde ou anticipe l'ouverture des bourgeons démontrant ainsi que ces facteurs doivent être pris en considération lors des opérations d'arrosage au *Btk*.

Abstract

Traditional phenological models use the concepts of chilling and thermal forcing (temperature sum or degree-days) to predict buds break. However, the calibration of such empirical relationships remains highly site- and species-specific, making it less reliable for predicting budbreak in large geographic areas under defoliation or in future climatic conditions. We have developed and calibrated a new mechanistic model that is based on the physiological processes taking place before and during budbreak in spruce and fir. This model allowed the effects of winter and spring temperature on bud burst to be better understood, offering new simulation perspectives under global warming. The model correctly reproduces time series of phenology in non-defoliated and defoliated conifers. Simulations show how previous and current defoliation delays or anticipates bud opening thus demonstrating that these factors must be taken into account during *Btk* aerial spraying.

Long term monitoring of northward range expansion, population dynamics and adaptation of spruce budworm populations

Deepa Pureswaran[1], Louis De Grandpré[1], Stéphane Bourassa[1], Eric Moise[2]

[1] CFS-LFC. 1055, rue du PEPS, Québec. QC G1V 4C7. 418-648-7532.
[2] CFS-AFC.

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 2018, moth captures averaged over 4500 at our northern-most site (km 568), however, there were no L2s nor L4s observed on sampled branches. Defoliation was estimated to be below 10% on both spruce and fir. The southern most sites (e.g. km 237) had medium defoliation on black spruce and high defoliation on balsam fir with an average of 20 L4 per branch and 3300 moths captured in pheromone traps. In 2019, moth captures again averaged over 4500 at the northern-most sites with an average of one L4 per branch. The southern most sites had between 18 and 30 L4 per branch. Defoliation is estimated to be about 15% on balsam fir in the northern-most sites. Moths are dispersing significantly north and are now starting to contribute to population growth and defoliation.

Résumé
Nous échantionnons l'épidémie de la tordeuse des bourgeons d'épinette et les impacts sur l'écosystème a 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 2018, nous avons récolté 4500 papillons à km 568, mais pas de L2 ni de L4. Au sud, à km 237, la défoliation était moyenne sur l'épinette noire et haute sur le sapin. Nous avons une moyenne de 20 L4 par branche et 3300 papillons capture. En 2019, il y avait encore 4500 papillons au sites plus au nord avec un moyen d'une L4 par branche. Au sites plus au sud, il y avait entre 18 et 40 L4 par branche. La défoliation est estimée autour de 15% au nord. Les papillons dispersent au nord, et commencent contribuer à la croissance de la population et à la défoliation.

Validation of a spruce budworm phenology model across environmental and genetic gradients: applications for budworm control and climate change predictions

Jean-Noël Candau[1], John Dedes[1], Ashley Lovelace[1], Chris MacQuarrie[1], Kerry Perrault[1], Amanda Roe[1], Kala Studens[1], and Ashlyn Wardlaw[1]

[1] Canadian Forest Service, Great Lakes Forestry Centre, Sault Ste Marie, P6A 2E5, Ontario.

Abstract

We present the results of a series of experiments that consisted in measuring survival and development rates of 5 geographically distinct populations of spruce budworm reared at 7 constant temperatures. The response of post-diapause development to temperature was significantly different among wild populations and between wild populations and the laboratory colony maintained at the Great Lakes Forestry Centre. Régnière's budworm phenology model was fitted to each wild population. The resulting "regional" models are all significantly different from each other and from the model using the published parameters. All the regional models predict a slower development than the published model whether applied to constant or observed fluctuating temperatures. A range of development polymorphism was observed during the experiment, including extra molts, skipped instars and second diapause. Temperature treatments and geographic locations had significant effects on the prevalence of developmental polymorphism.

Résumé

Nous présentons les résultats d'une série d'expériences qui consistaient à mesurer la survie et le taux de développement de 5 populations de tordeuse géographiquement distinctes élevées à 7 températures constantes. La réponse du développement post-diapause à la température apparaît significativement différente entre populations d'origine géographique différentes et entre les populations sauvages et la colonie de laboratoire conservée au Centre des Grands Lacs. The modèle phénologique de Régnière a été paramétré pour chaque population sauvage. Les modèles régionaux ainsi obtenus sont tous significativement différents entre eux et avec le modèle publié. Une variété de polymorphismes développementaux a été observé durant l'expérience, en particulier l'apparition de stades larvaires sous- ou sur-numéraires et une seconde diapause. La température de traitement et l'origine géographique des populations semblent avoir un effet sur le taux de polymorphisme.