

# Frontline

*Applications de recherche en foresterie*

Service canadien des forêts – Centre de foresterie des Grands Lacs

Note technique n° 114

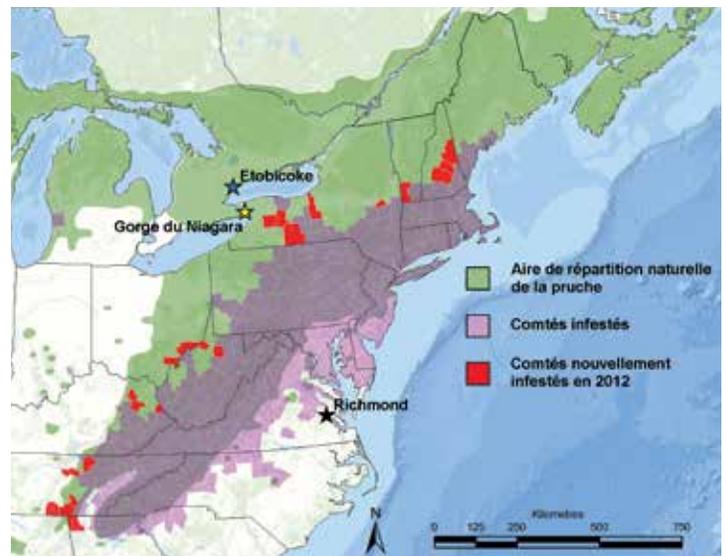
## Le puceron lanigère de la pruche, une espèce exotique envahissante trouvée en Ontario

### INTRODUCTION

Plusieurs pruches du Canada (*Tsuga canadensis* [L.] Carrière) infestées par le puceron lanigère de la pruche (*Adelges tsugae* Annand) (Hemiptera : Adelgidae) (PLP) ont été découvertes récemment à deux endroits en Ontario. La première population a été trouvée en 2012 à Etobicoke et la seconde a été trouvée en 2013 dans la gorge du Niagara, à environ 2 km au nord de Niagara Falls (Fig. 1). Ces découvertes sont importantes parce que le PLP est un insecte exotique envahissant originaire d'Asie (Japon, Chine et Taïwan) et de l'ouest de l'Amérique du Nord : la Colombie-Britannique est la seule province dotée de populations indigènes de PLP.

La première détection de PLP dans l'est de l'Amérique du Nord a eu lieu dans un arboretum privé de Richmond, en Virginie, en 1951. La source de cette première introduction de PLP était probablement une population provenant du sud du Japon. Depuis ce temps, le PLP s'est propagé partout dans l'est des États-Unis, tuant les pruches du Canada et de la Caroline (*T. caroliniana* Engelm). Le PLP occupe désormais environ 50 % de l'aire de répartition naturelle de la pruche du Canada aux États-Unis. (Fig. 1).

Les analyses moléculaires effectuées par des scientifiques d'Agriculture et Agro-alimentaire Canada sur des spécimens recueillis dans la gorge du Niagara indiquent que ces populations sont plus étroitement liées à celles qui ont été précédemment introduites dans l'est des États-Unis et aux populations japonaises qu'à celles provenant de l'ouest de l'Amérique du Nord. On ignore si les deux incursions signalées dans l'est du Canada résultent d'une dispersion naturelle ou d'une dispersion causée par des activités humaines. Des enquêtes de retraçage en amont suggèrent que l'infestation d'Etobicoke pourrait avoir commencé il y a plusieurs années quand on a planté des semis de pruche infestés provenant d'une pépinière commerciale. L'infestation à Niagara Falls pourrait être due à une dispersion naturelle provenant de comtés voisins infestés dans le nord de l'État de New York (Fig. 1). L'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA) a déjà élaboré et mis en place la directive D-07-05 (Exigences phytosanitaires visant à prévenir l'introduction et la propagation du puceron lanigère de la pruche [*Adelges tsugae* Annand]) à partir des États-Unis et au Canada). En fonction de cette directive, la réaction



**Figure 1.** Aire de répartition naturelle de la pruche du Canada en Amérique du Nord. Les étoiles indiquent les découvertes d'*A. tsugae* au Canada en 2012 (bleue : Etobicoke) et en 2013 (jaune : gorge du Niagara); étendue de l'infestation d'*A. tsugae* aux É.-U., où il a d'abord été introduit dans l'est de la Virginie au début des années 1950 ([na.fs.fed.us/fhp/hwa/maps/2012.pdf](http://na.fs.fed.us/fhp/hwa/maps/2012.pdf)).

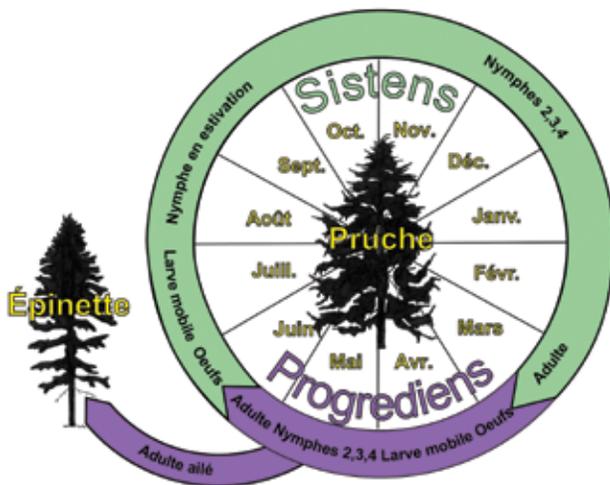
de l'ACIA à ces deux introductions fut de tenter une éradication. Pour atteindre ce but, l'agence a abattu et brûlé tous les arbres infestés connus. On ignore pendant combien de temps cette intervention sera réalisable dans la pratique : ces découvertes pourraient signaler la phase initiale d'une expansion de l'aire de répartition naturelle des populations observées dans l'État de New York et dans le nord de la Nouvelle-Angleterre.

Ces deux découvertes (Fig. 1) mettent également l'accent sur la nécessité de se préparer à l'éventuel établissement du PLP dans l'est du Canada. La première étape de cette préparation consiste à examiner ce que l'on connaît à propos de cet insecte. L'étape suivante sera d'adapter ou d'élaborer des activités de surveillance et des mesures d'atténuation, ainsi que de développer des stratégies et des outils pour combattre cette espèce exotique envahissante.

# BIOLOGIE DES INSECTES

## Cycle de vie

Le cycle de vie du PLP est complexe (Fig. 2). Il y a trois formes distinctes de PLP du point de vue morphologique : le sistens (le pluriel est également sistens), le progrediens (le pluriel est également progrediens) et les sujets sexués. Les sistens et les progrediens ne se développent que sur les pruches et sont parthénogénétiques : les œufs n'ont pas besoin d'être fécondés pour produire de jeunes femelles. Inversement, les sujets sexués infestent un hôte intermédiaire et se reproduisent sexuellement : les œufs doivent être fécondés pour produire de jeunes femelles. En Asie, les hôtes intermédiaires comprennent l'épinette de Hondo (*Picea jezoensis hondoensis* [Mayr] Rehd.) et l'épinette à queue de tigre (*P. polita* [S.&Z.] Carrière). Les recherches effectuées aux États-Unis ont permis de déterminer que les sujets sexués ne réussissent pas à se développer complètement sur le *P. polita* transplanté aux États-Unis, ni sur aucune des autres espèces d'épinettes originaires d'Amérique du Nord; pour cette raison, la présente note est axée sur les formes de sistens et progrediens du PLP.



**Figure 2.** Le cycle évolutif du puceron lanigère de la pruche basée sur Reardon et autres (2004). Le moment précis de l'apparition des sistens et des progrediens en Ontario est présentement inconnu.

Le puceron lanigère de la pruche traverse trois étapes de son cycle de vie sur la pruche : œuf, nymphe (quatre stades larvaires) et adulte. Les œufs et les nymphes du premier stade larvaire des sistens et des progrediens ne peuvent être différenciés du point de vue morphologique. Inversement, la taille et la forme du corps, du thorax et des antennes peuvent être utilisées pour différencier les stades larvaires ultérieurs et les adultes des deux formes. Les nymphes du premier stade larvaire sont appelées larves mobiles, car il s'agit du seul stade mobile de cet insecte.

Généralement, les œufs sistens sont pondus vers la fin mai, jusqu'au début juin. On trouve les nymphes sistens du début de l'été jusqu'au printemps suivant. Les larves sistens mobiles se posent sur la pousse, près de la base des aiguilles de l'année courante, insèrent leurs rostrés dans la pousse et commencent à se nourrir du contenu des cellules parenchymateuses du xylème. Après s'être posée, la nymphe devient immobile pour le restant de ses jours. Lorsque le puceron commence à se nourrir, ses glandes produisent de la laine cireuse en marge de son corps. Peu après s'être posées, les nymphes sistens entrent en diapause estivale pendant environ trois mois. Les sistens recommencent à se nourrir vers la fin septembre, jusqu'au début octobre. Les nymphes,

quant à elles, continuent de se nourrir tout au long de l'hiver quand il fait assez chaud et elles traversent trois autres stades larvaires avant de devenir adultes au printemps.

Les sistens adultes pondent environ 150 œufs progrediens à l'intérieur de leurs ovisacs laineux de la fin avril jusqu'au début mai (Fig. 3). En mai, les larves progrediens mobiles éclosent et se posent à la base d'une aiguille, sur les mêmes pousses que leurs mères sistens (c.-à-d., sur les nouvelles pousses de l'année précédente). Les nymphes progrediens prennent environ un mois à compléter leur développement. Les progrediens adultes pondent environ 25 œufs sistens à l'intérieur de leurs ovisacs (Fig. 3).



**Figure 3.** Nymphes sistens et œufs de PLP à l'intérieur d'une masse laineuse blanche le long du tronc principal de pousses infestées de la pruche du Canada près de Niagara Falls, en Ontario, en 2013 (photo : Julie Holmes).

Parce que les formes sistens et progrediens sont parthénogénétiques, un seul ovisac transporté par un animal vers un nouvel arbre hôte pourrait provoquer une nouvelle infestation. De plus, les recherches sur la résistance au froid du PLP suggèrent qu'il peut survivre à des conditions hivernales dans la majeure partie de l'aire de répartition de la pruche dans l'est du Canada. Bien que l'on ait noté un taux de mortalité élevé du PLP à une température inférieure à -18 °C, on a observé une rapide résurgence des populations. En outre, les pucerons qui se nourrissent de la régénération du sous-étage peuvent être protégés des températures hivernales extrêmement basses grâce à l'effet isolant du manteau neigeux.

## DOMMAGES ET INCIDENCES

### Signes et symptômes de blessures

La présence de masses blanches laineuses sur les pousses et sur le dessous des brindilles des pruches démontre clairement que les arbres sont infestés par le PLP (Fig. 3). Les symptômes de blessures comprennent l'avortement de bourgeons, la chlorose (jaunissement du



**Figure 4a.** Dépérissement et chlorose des pousses des plus vieilles aiguilles d'une pruche du Canada infestée par le puceron lanigère de la pruche (photo : Chris Evans).



**Figure 4b** Couleur gris-vert jaunâtre du feuillage d'arbres infestés (photo : James Johnson).



**Figure 4c** Groupes d'arbres infestés dont le feuillage est gris-vert jaunâtre (photo : William Cielsa).

feuillage), la perte d'aiguilles et le dépérissement des nouvelles pousses (Fig. 4a). À distance, les pruches gravement infestées auront une teinte vert grisâtre et un éclaircissement de la cime (Fig. 4b, 4c). Lorsqu'un dépérissement important des pousses et des aiguilles se produit sur l'arbre, la perte de vigueur de ce dernier exerce une influence négative sur les populations de PLP. Parce que la survie des nymphes sistentes est beaucoup plus élevée sur les nouvelles pousses que sur les plus anciennes, le nombre décroissant de nouvelles pousses à infester, en raison de l'avortement des bourgeons et du dépérissement, fait baisser rapidement la population de PLP.

À ce stade, les arbres gravement affectés pourraient succomber à des organismes secondaires, comme le bupreste de la pruche (*Melanophila fulvoguttata* [Harris]) (Fig. 5a, 5b) ou le pourridié (*Armillaria mellea* [Vahl:Fr.] Kummer). Si toutefois l'arbre commence à récupérer et à produire de nouvelles pousses, la population de PLP finira aussi par rebondir. Les populations de PLP qui rebondissent causent souvent trop de stress à l'arbre en train de récupérer, provoquant ainsi sa mort. Les observations aux États-Unis indiquent que le PLP a provoqué un taux de mortalité de plus de 90 % chez les pruches infestées.

## Incidences

Pour comprendre les incidences possibles du PLP sur la pruche, il est important de visualiser un écosystème sain dominé par les pruches. La pruche du Canada est un arbre de taille moyenne, longévif et tolérant à l'ombre qui préfère les sols frais et humides. Les cimes denses de cette espèce projettent une ombre profonde qui exclut la plupart des



**Figure 5a.** Signe de la présence du bupreste de la pruche, *Melanophila fulvoguttata* (Harris), qui peut souvent attaquer les pruches stressées par le puceron lanigère de la pruche comme l'ont révélé des pics en quête de nourriture (photo : Steven Katovich).

autres espèces d'arbre du couvert forestier et du sous-étage. Elle est considérée comme une espèce d'arbre fondamentale, surtout dans les habitats riverains, où elle crée une structure écosystémique unique (Fig. 6). Les écosystèmes dominés par la pruche ont de faibles taux de décomposition du sol et peu de cycles de nutriments, ce qui provoque une accumulation rapide de la couche d'humus. De telles conditions stabilisent également le coefficient d'écoulement et minimisent la variation de température des cours d'eau qui supportent un petit groupe d'animaux aquatiques et terrestres qui en dépendent. Dans les peuplements mixtes, la pruche se trouve associée au bouleau jaune, à l'érable à sucre, au hêtre à grandes feuilles, au pin blanc et aux épinettes rouges et blanches.

Les propriétés thermiques des cimes de pruches et des couverts forestiers sont telles que ces peuplements fournissent des microhabitats essentiels à plusieurs espèces d'oiseaux et de mammifères tout au long de l'année. L'invasion de peuplements de pruches par le PLP peut causer une cascade de changements qui finiront par affecter la structure et la fonction de cet écosystème caractéristique du Canada.

Au niveau de l'arbre, les dommages causés par le PLP ne se limitent pas à ceux occasionnés par le simple fait de sucer la sève; les nymphes injectent de la salive toxique qui cause la perte d'aiguilles et entrave la nouvelle croissance. Les cimes gravement infestées subissent un éclaircissement et un changement de couleur évidents (Fig. 4c). Les infestations commencent habituellement au milieu et dans la partie supérieure de la cime des arbres matures.

Cependant, on observe habituellement les premiers symptômes de mortalité de l'arbre dans les gaules et les semis de pruche, en raison du stress relié à une croissance dans les conditions de faible luminosité du sous-étage; pour cette raison, ils deviennent gravement infestés par le PLP beaucoup plus tôt que les arbres du couvert forestier. Toutefois, en quatre ans seulement, la morbidité et la mortalité des arbres de la strate supérieure du couvert peuvent créer des trouées qui permettent à la lumière du soleil d'atteindre le tapis forestier. Au fur et à mesure que ces trouées s'élargissent, les pruches sont graduellement remplacées par des espèces d'arbre feuillu et d'arbuste intolérantes à l'ombre.

Dans les peuplements mixtes, les espèces d'arbres associées à la pruche deviennent plus abondantes. Ces changements mènent à une augmentation de la richesse et de l'abondance des espèces, tandis que les pruches mourantes font place à une plus grande diversité de plantes, de champignons et d'animaux. Cependant, ces changements mènent également à une réduction importante de la flore et de la faune associées aux écosystèmes caractéristiques qui sont dominés par la pruche.

Au niveau du paysage, une baisse du nombre de pruches dans les peuplements purs mène à un taux de respiration du sol plus élevé, à un cycle des nutriments plus rapide, à une plus grande variation du débit des cours d'eau et à des températures d'eau plus élevées.



**Figure 5b.** Bupreste de la pruche adulte (photo : Pennsylvania Department of Conservation and Natural Resources).



**Figure 6.** Peuplement sain de pruches du Canada en Pennsylvanie (photo : [thischanginglife.wordpress.com/2012/09/02/tiny-insect-continues-to-take-down-hemlock-forests-across-eastern-us/](http://thischanginglife.wordpress.com/2012/09/02/tiny-insect-continues-to-take-down-hemlock-forests-across-eastern-us/)).

Photo : Mark Whitmore, Ph. D., Cornell University

## CONTRÔLE

### Le rôle des ennemis naturels

On a trouvé quelques ennemis naturels originaires de l'est des États-Unis se nourrissant de PLP, ce qui souligne la nécessité de comprendre le complexe d'ennemis naturels indigènes qui pourraient commencer à s'attaquer au PLP au Canada. Les programmes de lutte biologique contre le PLP qui utilisent des ennemis naturels issus de l'aire de répartition naturelle du PLP en Asie et dans l'ouest de l'Amérique du Nord ont été élaborés aux États-Unis.

Par exemple, l'un des prédateurs trouvés sur le PLP dans l'ouest de l'Amérique du Nord, le *Laricobius nigrinus* Fender (Coleoptera : Derodontidae), a été relâché et a réussi à s'établir en tant qu'agent de lutte biologique dans l'est des États-Unis. Une seconde espèce de *Laricobius* provenant du Japon, *L. osakensis* Montgomery & Shiyake, et deux coccinelles (Coleoptera : Coccinellidae), *Sasajiscymnus tsugae* Sasaji du Japon et *Scymnus sinuanodulus* Yu & Yao, ont également été relâchées aux États-Unis récemment. Les recherches se poursuivent pour évaluer leur potentiel et s'il est pertinent de procéder au relâchement d'autres agents potentiels de lutte biologique.

### Autres techniques de gestion

Plusieurs insecticides et méthodes d'application ont démontré leur efficacité contre le PLP. Par exemple, les insecticides contenant certains ingrédients actifs (l'imidaclopride, le benzoate d'émamectine et le dinetofuran) sont couramment utilisés pour lutter contre le PLP aux États-Unis. Parmi les diverses méthodes d'application, les injections dans le sol et dans le tronc et les pulvérisations corticales sont les plus populaires. Les injections dans le tronc limiteraient les effets sur les organismes non ciblés, surtout pour les pruches situées près des cours d'eau. L'application d'engrais accélère la récupération de l'arbre après un traitement aux insecticides. La coupe sélective et

la récupération semblent efficaces pour retirer les arbres gravement infestés et récupérer le volume de bois marchand, mais les recherches ont démontré que dans les peuplements ayant un pourcentage élevé de pruches, les incidences de telles pratiques sur la structure du peuplement et sur la fonction écosystémique peuvent être pires que la suppression graduelle des pruches par le PLP.

## DISPERSION

La répartition actuelle du PLP dans l'est de l'Amérique du Nord résulte d'une combinaison de modes de dispersion naturels comme la pluie, le vent, les oiseaux et les espèces animales sylvoles, et la dispersion involontaire par les humains. Les larves mobiles se disséminent pendant les périodes de grands vents et de pluies; ce mode de transport résulte habituellement en une dispersion locale allant de quelques centimètres à 8 km ou plus par année. Cependant, le transport des larves mobiles et des ovisacs par les humains, les oiseaux et d'autres animaux peut provoquer leur dispersion sur des distances beaucoup plus grandes. Les ovisacs sont collants et peuvent adhérer à des animaux ou à des humains qui se déplacent en forêt sans qu'ils s'en rendent compte. Le transport de semis ou d'arbres d'ornement infestés est l'un des plus importants moyens de propagation du PLP sur de longues distances.

## DÉTECTION DES INFESTATIONS

Parmi les besoins fondamentaux nécessaires à une gestion et une atténuation efficaces des organismes nuisibles se trouve l'utilisation d'outils d'échantillonnage pour détecter les populations, évaluer l'abondance ou la taille des infestations et évaluer la réussite des efforts mis en place pour combattre l'organisme. Présentement, il n'existe aucun dispositif attractif ou de piégeage pouvant être utilisé pour détecter le PLP.

En 2007, l'ACIA a mis en place un protocole de surveillance basé sur des indicateurs de présence ou d'absence pour le PLP. Ce protocole, résultant de la modification d'une méthode d'échantillonnage existante, consiste en l'examen de deux branches provenant de la portion inférieure du houppier de chaque arbre jusqu'à ce que l'on ait trouvé un arbre infesté ou que 100 arbres non infestés aient été examinés dans le peuplement, selon la première éventualité.

Ce protocole a mené à la détection du PLP sur un seul arbre dans la gorge du Niagara en 2013. Cet arbre poussait sous les cimes de plusieurs pruches beaucoup plus grandes. Des recherches menées aux États-Unis ont démontré que de petites infestations pouvaient débiter dans la portion supérieure du houppier de grands arbres dominants. Puisque les larves mobiles ont tendance à se propager rapidement sur les arbres inférieurs du peuplement, nous soupçonnons que l'arbre infesté qui a été détecté dans la gorge du Niagara a été probablement infesté par des larves mobiles de PLP ayant été délogées des cimes d'arbres avoisinants du sous-étage. Toutefois, ces arbres que l'on soupçonne d'être infestés à faible densité par le PLP, mesurent de 25 à 30 mètres de hauteur, ce qui rend l'échantillonnage des portions médianes et supérieures des houppiers très difficile. En effet, une inspection visuelle de suivi de la portion inférieure des houppiers de ces arbres n'a pas révélé la présence du PLP. À l'heure actuelle, il n'existe aucun outil pouvant être utilisé pour inspecter de manière fiable les portions médianes et supérieures des houppiers de grandes pruches.

## LES RECHERCHES AU CENTRE DE FORESTERIE DES GRANDS LACS

La découverte du PLP à deux endroits en Ontario démontre qu'il est nécessaire de se préparer à son éventuel établissement dans l'est du Canada. Lorsque l'inventaire des outils et des techniques actuellement à notre disposition pour lutter contre ce ravageur exotique envahissant sera terminé, il sera nécessaire de faire la distinction entre ceux qui peuvent être utilisés ou mis en œuvre immédiatement et ceux qui doivent être adaptés ou modifiés.

Ainsi, les travaux de recherche au sein du Service canadien des forêts commenceront probablement par une analyse des risques. Cette analyse pourrait aider à déterminer les points d'entrée probables, les sites qui requièrent une surveillance accrue et qui pourraient nous aider à déterminer les coûts et les avantages à long terme d'une détection précoce des nouvelles invasions et d'une intervention hâtive à l'égard de celles-ci.

Pour effectuer une telle analyse, on tirerait probablement profit d'études sur le terrain qui permettraient d'inventorier les biotes risquant d'être déplacés par une invasion de PLP. Les travaux de recherche supplémentaires seront axés sur le développement ou l'amélioration d'outils de détection précoce et de protocoles de délimitation pour cet organisme nuisible, afin que le taux de propagation et les incidences puissent être mesurés de manière plus précise.

Il serait également prudent d'entreprendre des études en laboratoire dès que possible, afin d'évaluer l'efficacité des diverses méthodes de lutte contre le PLP qui pourraient être utilisées au Canada, en incluant peut-être les pesticides, les ennemis naturels ou la résistance des arbres, puisque ces technologies différeront probablement de celles qui sont utilisées aux États-Unis. Finalement, il faudra développer des pratiques exemplaires pour l'aménagement des peuplements de pruches.

## CONCLUSION

Bien que l'aire de répartition de la pruche du Canada soit relativement petite au Canada par rapport à celle des États-Unis (Fig. 1), cette espèce n'en demeure pas moins une composante importante des forêts canadiennes. Vu les prévisions d'un réchauffement climatique, les forêts de pruches du Canada pourraient être plus susceptibles à l'arrivée, à l'établissement et à la propagation du PLP, ce qui pourrait provoquer leur mort à grande échelle comme on l'a observé aux États-Unis.

Nous présumons que l'on assistera plus fréquemment à de nouvelles découvertes de PLP puisque celui-ci continue de se propager depuis le nord-est des États-Unis vers le Canada. Le statut d'espèce fondamentale des terrains forestiers riverains et de la faune dont bénéficie la pruche nous motive à préserver et à protéger cette ressource au moyen de recherches scientifiques et d'un aménagement responsable des forêts.

## LECTURES SUPPLÉMENTAIRES

Adkins, J.K.; Rieske, L.K. 2013. Loss of a foundation forest species due to an exotic invader impacts terrestrial arthropod communities. *For. Ecol. and Manag.* 295:126-135.

Bannister, P.; Neuner, G. 2001. Frost resistance and the distribution of conifers. pp.3-22 in F.J. Bigras and S.J. Colombo (eds.), *Conifer cold hardiness*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.

Costa, S.D.; Trotter, R.T.; Montgomery, M.; Fortney, M. 2008. Low temperature in the hemlock woolly adelgid system. pp. 47-52 in B. Onken and R. Reardon, Compilers. Fourth symposium on hemlock woolly adelgid in the eastern United States. USDA Forest Service. Forest Health Technology Enterprise Team, Morgantown, West Virginia. FHTET-2008-01.

Evans, A.M.; Gregoire, T.G. 2007. A geographically variable model of hemlock woolly adelgid spread. *Biol. Invasions* 9:369-382.

Footitt, R.G.; Maw, E.L.; Havill, N.P.; Ahern, R.G.; Montgomery, W.E. 2009. DNA barcodes to identify species and explore diversity in the Adelgidae (Insecta: Hemiptera: Aphidoidea). *Mol. Eco. Resour.* 9 (Suppl. 1):188-195.

Havill, N.P.; Footitt, R.G. 2007. Biology and evolution of Adelgidae. *Annu. Rev. Entomol.* 52:325-49.

Krapfl, K.J.; Holzmueller, E.J.; Jenkins, M.A. 2011. Early impacts of hemlock woolly adelgid in *Tsuga canadensis* forest communities of the southern Appalachian Mountains. *J. Torr. Botan. Soc.* 138(1): 93-160.

McClure, M.S. 1990. Role of wind, birds, deer, and humans in the dispersal of hemlock woolly adelgid (Homoptera: Adelgidae). *Environ. Entomol.* 19:36-43.

McClure, M.S. 1991. Density-dependent feedback and population cycles in *Adelges tsugae* (Homoptera: Adelgidae) on *Tsuga canadensis*. *Environ. Entomol.* 20(1):258-264.

Orwig, D.A.; Barker, A.A.; Davidson, E.A.; Lux, H.; Savage, K.E.; Ellison, A.M. 2013. Foundation species loss affects vegetation structure more than ecosystem function in a northeastern USA forest. *PeerJ* 1: e41.

Reardon, R.; Onken, B.; Cheah, C.; Montgomery, M.E.; Salom, S.; Parker, B.L.; Costa, S.; Skinner, M. 2004. Biological Control of Hemlock Woolly Adelgid. USDA For. Serv. For. Health Tech. Ent. Team. Burlington, VT. FHTET-2004-04. 22 p.

Skinner, M.; Parker, B.L.; Goul, S.; Ashikaga, T. 2003. Regional responses of hemlock woolly adelgid (Homoptera: Adelgidae) to low temperatures. *Environ. Entomol.* 32(3):523-528.

Tobin, P.C.; Turcotte, R.M.; Snider, D.A. 2013. When one is not necessarily a lonely number: initial colonization dynamics of *Adelges tsugae* on eastern hemlock, *Tsuga canadensis*. *Biol. Invasions.* 15:1925-1932.

Vieira, L.C.; McAvoy, T.J.; Chantos, J.; Lamb, A.B.; Salom, S.M.; Kok, L.T. 2011. Host range of *Laricobius osakensis* (Coleoptera: Derodontidae), a new biological control agent of hemlock woolly adelgid (Hemiptera: Adelgidae). *Environ. Entomol.* 40(2):324-332.

Zilahi-Balogh, G.M.G.; Humble, L.M.; Lamb, A.B.; Salom, S.M.; Kok, L.T. 2003. Seasonal abundance and synchrony between *Laricobius nigrinus* (Coleoptera: Derodontidae) and its prey, the hemlock woolly adelgid (Homoptera: Adelgidae) in British Columbia. *Can. Entomol.* 135(1):103-115.

## RESSOURCES SUPPLÉMENTAIRES

[ACIA] Agence canadienne d'inspection des aliments. 2009. D-07-05 : Exigences phytosanitaires visant à prévenir l'introduction et la propagation du puceron lanigère de la pruche (*Adelges tsugae* Annand) à partir des États-Unis et au Canada. [En ligne.] Disponible à l'adresse : [inspection.gc.ca/vegetaux/protection-des-vegetaux/directives/forets/d-07-05/fra/1323754212918/1323754664992](http://inspection.gc.ca/vegetaux/protection-des-vegetaux/directives/forets/d-07-05/fra/1323754212918/1323754664992) [consulté le 10 décembre 2013].

[ACIA] Agence canadienne d'inspection des aliments. 2012. *Adelges tsugae* (Hemlock Woolly Adelgid) – fiche de renseignements. [En ligne.] Disponible à l'adresse : [inspection.gc.ca/vegetaux/protection-des-vegetaux/insectes/puceron-lanigere-de-la-pruche/fiche-de-renseignements/fra/1325616708296/1325618964954](http://inspection.gc.ca/vegetaux/protection-des-vegetaux/insectes/puceron-lanigere-de-la-pruche/fiche-de-renseignements/fra/1325616708296/1325618964954) [consulté le 10 décembre 2013].

[NAPPO] North American Plant Protection Organization's Phytosanitary Alert System 2012. Detection and eradication of Hemlock Woolly Adelgid (*Adelges tsugae* Annand) in Etobicoke, Ontario. [En ligne.] Disponible en anglais seulement à l'adresse : [pestalert.org/oprDetail.cfm?oprID=525&keyword=adelges](http://pestalert.org/oprDetail.cfm?oprID=525&keyword=adelges) [consulté le 10 décembre 2013].

[NAPPO] North American Plant Protection Organization's Phytosanitary Alert System 2013. Detection and eradication of Hemlock Woolly Adelgid (*Adelges tsugae* Annand) in Niagara Glen Park, Ontario. [En ligne.] Disponible en anglais seulement à l'adresse : [pestalert.org/oprDetail.cfm?oprID=554&keyword=adelges](http://pestalert.org/oprDetail.cfm?oprID=554&keyword=adelges) [consulté le 10 décembre 2013].

## COLLABORATEURS

- Agence canadienne d'inspection des aliments
- Ministère des Richesses naturelles de l'Ontario
- Commission des parcs du Niagara
- New York State Department of Environmental Conservation
- Cornell University
- Department of Entomology, University of Wyoming

## COORDONNÉES

Jeffrey G. Fidgen  
Jean J. Turgeon  
Jeremy D. Allison  
Centre de foresterie des Grands Lacs  
1219, rue Queen Est  
Sault Ste. Marie (Ontario) P6A 2E5  
Canada  
Téléphone : 705-949-9461  
Télécopieur : 705-541-5700  
[scf.rncan.gc.ca/regions/glfc?lang=fr\\_CA](http://scf.rncan.gc.ca/regions/glfc?lang=fr_CA)  
Courriel : [GLFCWeb@NRCan-RNCan.gc.ca](mailto:GLFCWeb@NRCan-RNCan.gc.ca)

Leland M. Humble  
Centre de foresterie du Pacifique  
506 West Burnside Road  
Victoria (Colombie-Britannique) V8Z 1M5  
Canada

Service canadien des forêts – Centre de foresterie des Grands Lacs  
1219, rue Queen Est  
Sault Ste. Marie (Ontario) P6A 2E5  
705-949-9461



Papier  
recyclé

Pour obtenir des renseignements sur les droits de reproduction, veuillez communiquer avec Ressources naturelles Canada par courriel à [droitdauteur.copyright@rncan-nrcan.gc.ca](mailto:droitdauteur.copyright@rncan-nrcan.gc.ca).

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, représentée par le ministre des Ressources naturelles, 2014

ISSN 2368-5921 (Imprimé)

ISSN 1717-7006 (En ligne)

N° de cat. Fo123-1/114F-PDF (Imprimé)

ISBN 978-0-660-22839-6

N° de cat. Fo123-1/114F-PDF1 (En ligne)

ISBN 978-0-660-22840-2