

# SURVOL

## SCIENCE DES VÉGÉTAUX

Édition 16, juillet 2016

Contexte: La Direction des sciences de la protection des végétaux de l'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA) effectue régulièrement un balayage des sources externes afin d'identifier toute information pouvant avoir de l'importance ou de l'intérêt, sur le plan réglementaire, pour le programme canadien de protection des végétaux. L'ACIA a rédigé le présent Survol - science des végétaux comme outil de sensibilisation, pour mettre en relief certaines questions d'intérêt et partager de nouvelles informations ayant de l'importance pour la protection des végétaux.

### Index des articles



#### Pathologie

- Mise à jour** : Mécanismes de résistance de l'orme d'Amérique à la maladie hollandaise
- Mise à jour** : Premier signalement de *Botryosphaeria corticola* (chancre bot du chêne) dans le Maine
- Nouvel hôte** : Découverte en Chine d'un nouvel hôte de *Pseudomonas syringae* pv. *Actinidiae*, qui n'est pas un kiwi
- Nouvel agent pathogène** : La tache foliaire zonée (*Hinomyces pruni*) sur *Prunus mandshurica*
- Nouvel agent pathogène** : Nouvel agent causal de la rouille du saule (*Melampsora salicis-bakko*) au Japon

- Surveillance** : Détection de scolytidés par la combinaison de leurres à base de substances volatiles d'hôtes et de phéromones de cérambycidés
- Nouveau ravageur** : Des vers de terre envahissants peuvent nuire à la croissance d'arbres en Amérique du Nord
- Lutte biologique** : Lâcher de guêpes parasitiques *Spathius galinae* spécifiques à un hôte a été autorisé aux États-Unis pour contrôler l'agrile du frêne



#### Botanique

- Oiseaux de proie** : agents de dispersion secondaire de graines de mauvaises herbes
- Rapport** : État du monde végétal



#### Biotechnologie

- Rapport** : National Academy of Sciences publie un rapport sur les cultures génétiquement modifiées



#### Entomologie

- Publication** : Un guide d'identification illustré sur l'agrile du frêne *Agrilus planipennis* (Fairmaire) et d'autres espèces apparentées (Coléoptères, Buprestidés)



Publication : **6**

Rapport : **11** **12**

Les carrés ci-dessus correspondent aux numéros des articles





## Pathologie

### 1 Mise à jour : Mécanismes de résistance de l'orme d'Amérique à la maladie hollandaise

Depuis son introduction en Amérique du Nord à partir de l'Europe dans les années 1930, la maladie hollandaise de l'orme (MHO) s'attaque aux ormes d'Amérique (*Ulmus americana*). Au moins deux espèces de champignons sont impliquées, soit *Ophiostoma ulmi* et *Ophiostoma novo-ulmi*. La dernière espèce, plus virulente, s'est établie dans les populations d'ormes américains indigènes, et se retrouve de la Nouvelle-Écosse à la Saskatchewan. Même si on a identifié et planté des cultivars tolérants, on comprend mal les mécanismes qui sous-tendent la tolérance à la maladie et on n'a pas réussi à obtenir une véritable résistance jusqu'à maintenant. La caractérisation des mécanismes précis de résistance est l'une des premières étapes du processus d'amélioration végétale par culture tissulaire qui mènera à l'obtention de cultivars résistants.

Dans une récente étude, des chercheurs de l'Université de Guelph ont trouvé de nouveaux indices moléculaires reliés aux mécanismes de résistance à la MHO. Ils ont étudié la régulation différentielle des gènes de réponse à la maladie sur des génotypes d'ormes d'Amérique tolérants et sensibles. Au moyen d'une méthode CTAB modifiée pour l'extraction de l'ARN de tissus ligneux de tiges d'orme, les chercheurs ont observé que les arbres résistants et sensibles avaient des processus différents de réactions moléculaires dans les quatre premiers jours qui suivent une infection. La tolérance à la MHO la mieux caractérisée correspond à une induction

simultanée de gènes de défense et de l'acide jasmonique (AJ) 96 heures après l'inoculation. D'après les résultats des analyses des gènes qui codent les protéines associées à la pathogenèse (*PR4*, *PR5b*), les inhibiteurs de protéase, la pseudo-héveïne et les enzymes de classe E P450, le cultivar tolérant « Valley Forge » a une expression génétique au moins deux fois supérieure à celle du clone sensible. Mais les chercheurs ont aussi observé à un certain moment après l'inoculation une activité de la plupart des gènes du génotype sensible, ce qui donne à penser que les différences entre la tolérance et la sensibilité à la MHO ne reposent pas nécessairement sur la présence ou l'absence de certains gènes de réponse à la maladie, mais plutôt sur la synchronisation et le degré d'expression génétique. D'après les résultats d'analyses des concentrations de molécules de défense endogènes de la plante, y compris d'AJ et d'acide salicylique (AS) dans des arbrisseaux tolérants et sensibles, les chercheurs ont pensé qu'il serait possible d'appliquer de l'AS et du méthyle-jasmonate exogènes sur les plants pour induire l'expression des gènes de réponse à la maladie, et ils ont pu le confirmer ultérieurement par des observations de terrain.

Dans une recherche précédente sur la MHO, des chercheurs s'étaient penchés sur le rôle de la cérato ulmine (CU), une protéine phytotoxique. Dans la présente étude, les recherches moléculaires ont aussi porté sur l'expression de la CU pour illustrer la manière dont les phytohormones de défense endogènes peuvent modifier l'expression de gènes fongiques. D'après les résultats obtenus, l'expression de la CU était modérée par l'AS et l'AJ endogènes et cette réponse était unique parmi les souches fongiques agressives et non agressives. De plus, la souche non agressive a été plus touchée par l'AS, ce qui

porte à croire que la pression de sélection pourrait être motivée par la tolérance à l'AS.

Globalement, les constats de la présente étude fournissent, non seulement des données sur les différences moléculaires entre les génotypes d'ormes d'Amérique tolérants et sensibles à la MHO, mais aussi un modèle éprouvé pour surveiller les modifications transcriptomiques lors d'interactions *Ulmus-Ophiostoma* et de nouvelles perspectives sur les réponses fongiques aux phytohormones de défense.

**SOURCE : Sherif, S.M. Shukla, M.R., Murch, S.J., Bernier, L. and Saxena, P.K. (2016)** Simultaneous induction of jasmonic acid and disease-responsive genes signifies tolerance of American elm to Dutch elm disease. *Scientific Reports* 6 : 21934 DOI : 10.1038/srep21934

## 2 Mise à jour : Premier signalement de *Botryosphaeria corticola* (chancre bot du chêne) dans le Maine

Le champignon *Botryosphaeria corticola* a été détecté dans le Maine (États-Unis) en août 2014 (Aćimović et al. 2015). Des chênes rouges morts et partiellement flétris (*Quercus rubra*) ont été observés le long de la rivière Saco près de Biddeford. L'agent pathogène a déjà été signalé dans plusieurs pays européens (France, Grèce, Hongrie, Italie, Portugal et Espagne), Afrique (Maroc et Tunisie) et plus récemment aux États-Unis (Californie, Floride et Texas) (Dreaden et al. 2011; Luque et al. 2008; Lynch et al. 2010; Úrbez-Torres et al. 2009). Le nouveau signalement de l'agent pathogène représente une importante avancée de la distribution de la maladie, à notre connaissance, un premier rapport de la présence du pathogène sur le chêne rouge.

Le champignon provoque une dégradation des tissus vasculaires qui entraîne la mort des apex et

induit le développement de chancres sur les branches de plusieurs espèces de chênes (*Quercus* spp.), ainsi que le développement de chancres et l'apparition de symptômes de dépérissement de la vigne (*Vitis vinifera*) (Aćimović et al. 2015; Dreaden et al. 2011). En Europe, le champignon est surtout connu comme étant un ravageur du chêne-liège (*Quercus suber*). Les champignons *Botryosphaeria* sont généralement des pathogènes opportunistes vivant comme des organismes endophytes dans les plantes, mais qui peuvent devenir pathogéniques lorsqu'une plante est stressée. Les facteurs de stress environnementaux, comme la sécheresse, la chaleur et le gel, augmenteraient la susceptibilité des chênes à la maladie (Dreistadt 2013).

Le champignon *Botryosphaeria corticola* n'est actuellement pas un organisme de quarantaine au Canada.

**SOURCES : Aćimović, S. G., Harmon, C. L., Bec, S., Wyka, S., Broders, K. and Doccola, J. J. (2015)** First report of *Diplodia corticola* causing decline of red oak (*Quercus rubra*) trees in Maine. *Plant Disease* 100(3) : 649.

**Dreaden, T. J., Shin, K. and Smith, J. A. (2011)** First report of *Diplodia corticola* causing branch cankers on live oak (*Quercus virginiana*) in Florida. *Plant Disease* 95(8) : 1027-1027.

**Dreistadt, S. H. (2013)** Forest and right of way pest control, 2nd Edition. UCANR Publications.

**Luque, J., Pera, J. and Parladé, J. (2008)** Evaluation of fungicides for the control of *Botryosphaeria corticola* on cork oak in Catalonia (NE Spain). *Forest Pathology* 38(3) : 147-155.

**Lynch, S. C., Eskalen, A., Zambino, P. and Scott, T. (2010)** First report of bot canker caused by *Diplodia corticola* on coast live oak (*Quercus agrifolia*) in California. *Plant Disease* 94(12) : 1510.

**Úrbez-Torres, J. R., Adams, P., Kamas, J. and Gubler, W. D. (2009)** Identification, incidence, and pathogenicity of fungal species associated with grapevine dieback in Texas. *American Journal of Enology and Viticulture* 60(4) : 497-507.

### 3 Nouvel hôte : Découverte en Chine d'un nouvel hôte de *Pseudomonas syringae* pv. *Actinidiae*, qui n'est pas un kiwi

La bactérie *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* (Psa), agent causal du chancre bactérien du kiwi (CBK), est un phytopathogène destructif pouvant causer d'importants dégâts dans les vergers de kiwis (*Actinidia* sp.). Elle s'attaque notamment aux deux espèces de kiwis *A. deliciosa* et *A. chinensis*, lesquelles peuplent la majorité des vergers de kiwis commerciaux dans le monde. La bactérie a été décrite pour la première fois au Japon au début des années 1980. Depuis 2008, une souche très agressive de Psa, caractérisée de souche biovar 3, s'est propagée dans les principaux pays producteurs d'Europe (France, Allemagne, Italie, Portugal, Slovénie, Espagne, Suisse et Turquie), d'Asie de l'Est (Chine, Japon et Corée du Sud), d'Océanie (Australie et Nouvelle-Zélande) ainsi qu'au Chili. Comme on croyait depuis sa découverte, que Psa ne s'attaquait qu'aux espèces du genre *Actinidia*, on en sait très peu sur son potentiel d'infection d'autres plantes hôtes. Or, aux cours des étés de 2012, 2013 et 2014, des enquêteurs de terrain dans la province d'Anhui (Chine) ont observé des taches foliaires douteuses sur trois espèces de plantes autres que des kiwis qui poussaient à proximité ou sous des plants de kiwis infectés par Psa. Dans une récente étude, Liu et al. (2016) ont voulu savoir si les symptômes pouvaient être associés à Psa. Ils ont trouvé que tous les 11 isolats bactériens étudiés étaient une souche de Psa biovar 3. Leurs constats sont fondés sur les résultats de deux essais par PCR en point final, de l'analyse séquentielle de deux gènes effecteurs et du typage génomique multilocus (MLST) de cinq gènes constitutifs. Les trois espèces de plantes sauvages sur lesquelles l'agent pathogène a été isolé sont : *Alternanthera*

*philoxeroides*, *Paulownia tomentosa* et *Setaria viridis*.

Les données probantes selon lesquelles Psa peut migrer sur des plantes autres que des kiwis suscitent de nouvelles préoccupations, notamment en ce qui a trait à ses modes de propagation à l'échelle locale et internationale. La découverte pourrait avoir des impacts sur les mesures de prévention visant à empêcher la propagation de la maladie. Une infection se manifeste par la présence de chancres et d'exsudat roussâtre ou blanc sur les tiges et les branches, de taches foliaires brunes encadrées d'un halo chlorotique, de brûlure sur les nouvelles tiges, de fleurs aux sépales flétris et aux pétales éclatés. La maladie n'a pas encore été signalée au Canada, mais la bactérie est un organisme de quarantaine en raison des préoccupations suscitées, car elle a le potentiel de s'établir et de causer des dommages directs en entraînant des pertes de rendement et des pertes de matériel de propagation.

**SOURCE :** Liu, P., Xue, S., He, R. Hu, J., Wang, X., Jia, B., Gallipoli, L. Mazzaglia, A., Balestra, M. and Zhu, L. (2016) *Pseudomonas syringae* pv. *Actinidiae* isolated from non-kiwifruit plant species in China. *European Journal of Plant Pathology* : 1-12.  
DOI 10.1007/s10658-016-0863-4

### 4 Nouvel agent pathogène : La tache foliaire zonée (*Hinomyces pruni*) sur *Prunus mandshurica*

Une nouvelle maladie a été signalée pour la première fois en Corée sur un abricotier de Mandchourie (*Prunus mandshurica*) qui affichait des taches foliaires zonées. L'agent causal de la tache foliaire zonée a été identifié comme étant *Hinomyces pruni*. Les symptômes de la maladie sont notamment le développement de taches foliaires vert-grisâtre à gris brunâtre sans

délimitation qui finissent par se rompre et provoquent des brûlures foliaires et une défoliation (Cho et al. 2015). La maladie a été rapportée sur plusieurs espèces de *Prunus* au Japon, dont *P. mume* (prunier chinois), *P. armeniaca* (abricotier), *P. persica* var. *vulgaris* (pêcher) et *P. salicina* (prunier) (Cho et al. 2015).

L'abricotier (*Prunus mandchourica*) est indigène du nord-est de la Chine et de la Corée et il est adapté au froid. Cette espèce est utilisée dans des projets de multiplication et d'amélioration des abricotiers afin d'accroître leur tolérance au gel (Cho et al. 2015).

**SOURCE :** Cho, S.E., Park, J.H., Lee, S.H., Lee, C.K., and Shin, H.D. (2015) Zonate leaf spot of *Prunus mandshurica* caused by *Hinomyces pruni* in Korea. *Journal of Phytopathology* 163 : 1019-1022.

## 5 Nouvel agent pathogène : Nouvel agent causal de la rouille du saule (*Melampsora salicis-bakko*) au Japon

Plusieurs rouilles s'attaquent au saule en Europe et en Asie, mais bon nombre d'entre elles n'ont pas encore été signalées en Amérique du Nord. Les champignons de la rouille causent des dommages dans des milieux naturels et dans des plantations de saules destinées à la production de biocarburant. Le champignon *Melampsora caprearum* a été souvent rapporté en Europe et dans certaines parties de l'Asie (Farr et Rossman 2016), mais pas en Amérique du Nord. Zhao et al. ont décrit en 2016 une nouvelle espèce (*Melampsora salicis-bakko*) dont la morphologie et les symptômes sont semblables à ceux de *M. caprearum*. Il est donc possible que des erreurs de diagnostic aient été commises au Japon, et que ce champignon de la rouille ait été pris pour l'agent pathogène plus commun *M. caprearum*. Le nouveau pathogène a été trouvé sur *Salix bakko*,

*S. hultenii* et *S. leucopithecia*, trois espèces de saules indigènes du Japon et de l'Asie de l'Est qui sont intéressantes pour la production de biocarburant. On ignore s'il peut s'attaquer à d'autres espèces de saules.

L'importation de saules étrangers, sauf des États-Unis, est interdite au Canada.

**SOURCES :** Farr, D.F. and Rossman, A.Y. (2016) Fungal Databases, Systematic Mycology and Microbiology Laboratory, ARS, USDA. Consulté le 2 juin 2016 à l'adresse : <http://nt.ars-grin.gov/fungaldatabases/>

Zhao, P., Wang, Q.H., Tian, C.M., Wang, Q. and Kakishima, M. (2016) *Melampsora salicis-bakko*, a new species on willows in Japan evidenced by morphological and molecular phylogenetic analyses. *Mycological Progress* 15 (32) : 10.1007/s11557-016-1175-y



## Entomologie

## 6 Publication : Un guide d'identification illustré sur l'agrile du frêne *Agrilus planipennis* (Fairmaire) et d'autres espèces apparentées (Coléoptères, Buprestidés)

Un nouveau guide d'identification à libre accès a été publié. Il aide à identifier l'agrile du frêne *Agrilus planipennis* (Fairmaire), un bupreste envahissant, ainsi que d'autres espèces apparentées. De nombreux insectes forestiers nuisibles envahissants qui ont été introduits récemment en Amérique du Nord proviennent d'Asie, tout comme l'agrile du frêne. Le guide, en plus de présenter des insectes apparentés à l'agrile du frêne, distingue l'insecte d'un autre agrile asiatique potentiellement envahissant, et permet ainsi de détecter rapidement et de manière précise des menaces potentielles pour les ressources forestières nord-américaines.

## Guide à libre accès :

[http://www.fs.fed.us/nrs/pubs/jrnl/2015/nrs\\_2015\\_chamorro\\_001.pdf](http://www.fs.fed.us/nrs/pubs/jrnl/2015/nrs_2015_chamorro_001.pdf)

SOURCE : Chamorro, M. L., Jendek, E., Haack, R. A., Petrice, T.R., Woodley, N.E., Konstantinov, A.S., Volkovitch, M. G., Yang, X.-K., Grebennikov, V.V. and Lingafelter, S. W. (2015) Illustrated Guide to the Emerald Ash Borer *Agrilus planipennis* Fairmaire and Related Species (Coleoptera, Buprestidae). Pensoft Publishers, Sofia-Moscow, Bulgaria, 197 pp.

## 7 Surveillance : Détection de scolytidés par la combinaison de leurres à base de substances volatiles d'hôtes et de phéromones de cérambycidés

Pendant plus de dix ans, on a utilisé des pièges appâtés avec des substances volatiles d'hôtes et/ou de phéromones de scolytes pour la surveillance des coléoptères exotiques qui s'attaquent à l'écorce et au bois des arbres en Amérique du Nord. Ces pièges détectent raisonnablement bien les scolytes (coléoptères : curculionidés : scolytidés), mais sont moins bons pour la détection des longicornes (coléoptères : cérambycidés). De récentes découvertes sur les phéromones de cérambycidés agissant à longues distances sur les comportements sexuels et l'agrégation des insectes ont débouché sur l'emploi dans les pièges de mélanges racémiques et d'énantiomères purs, substances qui accroissent considérablement le taux de détection de plusieurs espèces de cérambycidés. Même si la combinaison de substances volatiles d'hôtes et de phéromones d'insectes dans un piège a un effet synergétique sur le taux d'attraction des scolytidés et des cérambycidés par rapport à leurs effets individuels respectifs, on en connaît peu sur les effets de la combinaison de phéromones de longicornes et de substances volatiles d'hôtes sur le taux de détection des scolytes.

Récemment en Extrême-Orient russe,

Sweeney et al. (2016) se sont penchés sur la question et ont effectué des essais pour évaluer l'efficacité relative de diverses combinaisons de substances volatiles d'hôtes et de phéromones de longicornes comme leurres pour la surveillance et la détection des scolytes. Au moyen de cinq combinaisons de leurres dans deux bioessais de piégeage au champ ils ont collecté plus de 12 000 spécimens de 36 espèces de scolytes. Les combinaisons de leurres qui utilisaient un mélange d'extraits d'épinette (alpha-pinène racémique, (-)  $\beta$ -pinène, (+)-3-carène, (+)-limonène et alpha-terpinolène) et d'éthanol ont capturé des nombres significativement plus élevés de quatre espèces de scolytes qui s'attaquent aux conifères, soit *Hylastes brunneus*, *H. obscurus*, *Ips typographus* et *Dryocoetes stratus* que des pièges non appâtés. Cependant, l'ajout de phéromones de longicornes (acétate *E*-fusicumol ou *E*-fusicumol) à des pièges appâtés avec un mélange d'extraits d'épinette et d'éthanol a réduit légèrement les captures moyennes de *D. striatus*, mais n'a eu sinon aucune incidence sur les captures des autres espèces de scolytes. Lorsqu'employées seules, les phéromones de longicornes, l'hydroxyhexan-2-one racémique et l'hydroxyoctane-2-one racémique, n'ont attiré aucune espèce de scolytidés, mais lorsqu'elles ont été ajoutées à des pièges appâtés à l'éthanol, les leurres à base d'hydroxyhexan-2-one ont augmenté significativement les captures moyennes de *S. tycon*, tandis que les leurres à base d'hydroxyoctane-2-one ont réduit significativement les captures moyennes de *A. maiche* et de *X. attenuatus*, et les leurres à base de l'une des deux hydroxycétones ont réduit significativement les captures moyennes de *T. lineatum*. Les traitements ayant détecté le plus grand nombre d'espèces sont le mélange d'extraits d'épinette + d'éthanol et le mélange d'hydroxyhexan-2-one + d'éthanol.

Malgré l'efficacité démontrée des pièges qui sont appâtés avec un mélange d'éthanol + d'extraits d'épinette pour la capture de certaines espèces de scolytidés, ils n'ont pu détecter près de la moitié des espèces que l'on sait être présentes sur le site. Dans l'ensemble, les résultats obtenus portent à croire que la combinaison d'hydroxyhexan-2-one + de fuscumol dans un même piège pourrait accroître le nombre d'espèces de scolytidés et de cérambycidés capturées, permettant ainsi de réduire les coûts de surveillance sans diminuer notablement l'efficacité de détection, cependant certaines combinaisons de leurres multiples diminuent l'attraction de certaines espèces. Il faut donc prendre en compte comment diverses espèces ciblées répondent à différentes combinaisons de leurres lors de la conception de contrôles opérationnels.

**SOURCE : Sweeney, J.D., Silk, P., Grebennikov, V. and Mandelstam, M. (2016)** Efficacy of semiochemical-baited traps for detection of Scolytinae species (Coleoptera: Curculionidae) in the Russian Far East. *European Journal of Entomology* 113: 84-97 DOI : 10.14411/eje.2016.010

## **8 Nouveau ravageur : Des vers de terre envahissants peuvent nuire à la croissance d'arbres en Amérique du Nord**

Nombreux sont les jardiniers, les horticulteurs, les spécialistes des sols qui considèrent les lombrics (vers de terre) comme des organismes utiles pour le sol, le jardin et l'environnement, car ils favorisent la circulation d'air et d'eau dans le sol et décomposent la matière organique (comme les feuilles et le gazon) en éléments utilisables pour les plantes. En outre, leurs déjections ont une valeur fertilisante appréciée. En général, on ne prête donc pas d'effets négatifs aux lombrics. Mais en dépit de ces attributs positifs et de l'encouragement de pratiques de jardinage qui leur sont favorables, de nouvelles préoccupations à leur égard surgissent dans le domaine de la foresterie.

Il est maintenant établi que les lombrics peuvent être d'importants agents de mortalité des graines de certaines espèces d'arbres forestiers. Même si la question avait déjà été abordée par Charles Darwin en 1881, l'aspect d'envahissement écologique des lombrics a été largement négligé. Dans une récente étude, des chercheurs démontrent la vulnérabilité des graines de la banque de semences du sol dans les forêts tempérées aux vers de terre envahissants granivores. Globalement, ils ont observé que 73 % des graines de six espèces forestières d'importance écologique avaient été enlevées de la surface du sol en deux semaines par *Lumbricus terrestris* dans une étude du microcosme; 30 % des graines avaient disparu complètement et vraisemblablement été détruites. Les espèces forestières touchées sont *Betula alleghaniensis*, *Larix laricina*, *Lonicera canadensis*, *Maianthemum racemosum*, *Pinus banksiana* et *Tsuga canadensis*.

Selon les auteurs, bien que les effets négatifs des lombrics sur certaines graines d'arbres puissent être masqués par ceux plus évidents des petits rongeurs comme les écureuils gris et les tamis rayés, les lombrics peuvent tout de même éliminer de manière sélective les graines d'arbres qui possèdent certaines caractéristiques, comme les graines de petit calibre généralement moins prisées des rongeurs.

Il est bien connu que les lombrics indigènes du nord des États-Unis et du Canada ont été éradiqués lors de la dernière glaciation, et que cette région du globe est demeurée sans lombrics probablement pendant des dizaines de milliers d'années. Les lombrics que l'on y retrouve actuellement sont en fait des envahisseurs, probablement d'origine européenne.

Des millions de lombrics sont produits ou importés chaque année au Canada pour le compostage des matières organiques ou pour l'appâtage de poissons. Les lombrics sont généralement perçus comme des organismes bénéfiques. La présente étude s'ajoute à l'ensemble de preuves croissantes selon lesquelles les lombrics peuvent aussi avoir des effets négatifs.

**SOURCES :** Cassin, M. C. and Kotanen, P. M. (2016) Invasive earthworms as seed predators of temperate forest plants. *Biological Invasions*. DOI 10.1007/s10530-016-1101-x. Article publié le 29 mars 2016.

## 9 Lutte biologique : Lâcher de guêpes parasitiques *Spathius galinae* spécifiques à un hôte a été autorisé aux États-Unis pour contrôler l'agrile du frêne

Depuis son premier signalement dans le sud-est du Michigan en 2002, l'agrile du frêne (*Agrilus planipennis*) s'est propagé rapidement dans tout le Midwest et l'Est des États-Unis ainsi que dans le sud-est du Canada. La présence du bupreste a été rapportée en Ontario et dans le sud-ouest du Québec. Même s'il existe en Amérique du Nord plusieurs parasitoïdes indigènes qui s'attaquent à l'agrile du frêne, leur prévalence est relativement faible comparativement à celle des parasitoïdes du nord-est de l'Asie, lieu d'origine de l'agrile du frêne. En 2007, les États-Unis ont instauré un programme de lutte biologique qui consistait à introduire trois parasitoïdes naturels des populations indigènes d'agriles du frêne en Chine, soit *Tetrastichus planipennis*, *Oobius agrili* et *Spathius agrili*. Ces trois parasitoïdes ont été retrouvés après leur lâcher; toutefois, plus d'un an après les lâchers, seules les espèces *T. planipennis* et *O. agrili* étaient récupérées de manière constante (USDA, 2015). Même si ces espèces indigènes sont capables de s'établir et de se

propager, elles ont des capacités limitées pour lutter efficacement contre les populations d'agriles du frêne. L'espèce *O. agrili* est un insecte solitaire de très petite taille qui se disperse beaucoup plus lentement que *T. planipennis*, car un seul adulte émerge par œuf d'agrile. Quant à *T. planipennis*, c'est un insecte grégaire de taille relativement petite produisant 57 adultes par larve d'agrile, mais muni d'un court ovipositeur, il est incapable de parasiter les larves d'agriles du frêne qui se trouvent sous l'écorce épaisse des gros arbres (USDA, 2015).

En complément de ces efforts de lutte biologique, dans certaines régions infestées des États-Unis (USDA 2015), on procède actuellement à un premier lâcher de *Spathius galinae* (Hyménoptères : Braconidés), un parasitoïde qui s'attaque spécifiquement aux larves d'agrile du frêne et qui fut décrit en 2009 en Extrême-Orient russe (Belokobylskij et al., 2012). C'est un insecte grégaire qui produit en général de 2 à 15 larves par hôte (USDA, 2015). Muni d'un ovipositeur presque deux fois plus long que celui de *T. planipennis*, *S. galinae* peut s'attaquer à des hôtes qui se trouvent sur de gros arbres âgés (Abell et al., 2012). D'après l'analyse des correspondances climatiques, cette espèce conviendrait mieux à une introduction en régions nordiques que l'espèce chinoise *S. agrili* qui s'y établit difficilement (Hooie et al., 2015).

L'autorisation de lâchers de *S. galinae* a été rendue possible en partie grâce aux efforts de recherche de l'Université du Delaware et de l'Agricultural Research Service (ARS) de l'USDA qui ont fourni aux organismes de réglementation les données nécessaires à l'évaluation des risques (USDA 2015). Dans l'une des études, Duan et al. (2015) ont étudié la spécificité du parasitoïde *S. galinae* et ont

constaté qu'il ne s'attaque pas aux scolytes (*Hylesinus* spp.) ni aux longicornes (Cerambycides) qui coexistent avec l'agrile du frêne sur les frênes infestés en Extrême-Orient russe, et qu'il n'attaque pas non à 14 des 15 insectes rongeurs de bois non ciblés qui ont fait l'objet d'essais sur des frênes et d'autres espèces d'arbres lors d'études en laboratoire de quarantaine. Globalement, les résultats indiquent que la spécificité de *S. galinae* est restreinte et se limite aux hôtes du genre *Agrilus*. Dans un article publié plus récemment, Watt et al. (2016) ont étudié la température propice au développement des larves et ont trouvé que la température optimale d'élevage de masse était de 25 °C, alors qu'une température de 35 °C inhibait l'éclosion après dissection des œufs. Ils ont déterminé que des lâchers de *S. galinae* pouvaient être efficaces pour lutter contre les larves d'agrile du frêne tôt au printemps ou tard à l'automne lorsque la température ambiante se situe autour de 15 °C. À la lumière de ces résultats, on a lancé un programme d'élevage efficace et transféré la colonie de parasitoïdes aux installations d'élevage de l'APHIS de l'USDA à Brighton (Michigan), où des dizaines de milliers de ces parasitoïdes seront élevés puis expédiés dans les régions du nord-est pour y être lâchés (Thomas, 2016).

**SOURCES : Abell, K.J., Duan, J.J., Bauer, L. Lelito, J.P. and van Dreisch R.G. (2012)** The effect of bark thickness on host partitioning between *Terastichus plannipennisi* (Hymen: Uolohphida) and *Atanycolus* spp. (Hymen : Braconidae), two parasitoids of emerald ash borer (Coleop : Buprestidae). *Biological Control* 63 : 320-325.

**Belokobylskij, S.A., Yurchenko, G.I. Strazanac, J.S., Zaldivar-Riveró, N.A. and Mastro, V. (2012)** A new emerald ash borer (Coleoptera: Buprestidae) parasitoid species of *Spathius* Nees (Hymenoptera: Braconidae: Doryctinae) from the Russian Far East and South Korea. *Annals of the Entomological Society of America* 105 : 166-178.

**Hooie, N.A., Wiggins G.J., Lambdin, P.L., Grant, J.F., Powell, S.D. and Lelito, J.P. (2015)** Native parasitoids and recovery of *Spathius agrili* from the areas of release against emerald ash borer in eastern Tennessee, USA. *Biocontrol Science and Technology* 25(3) : 345-351.

**Thomas, A. (2016)** UD, USDA researchers study natural enemies of tree-killing emerald ash borer. University of Delaware College of

Agriculture and Natural Resources. Consultable en ligne : <http://canr.udel.edu/blog/ud-usda-researchers-study-natural-enemies-of-tree-killing-emerald-ash-borer/> [Accessed June 2016].

**USDA (2015)** Field Release of the Parasitoid *Spathius galinae* for the Biological Control of the Emerald Ash Borer (*Agrilus planipennis*) in the Contiguous United States. *Environmental Assessment*, pp. 1-33.

**Watt, T.J., Duan, J.J., Tallamy, D.W., Hough-Goldstein, J., Ilvento, T.W., Yue, X. and Ren, H. (2016)** Reproductive and developmental biology of the emerald ash borer parasitoid *Spathius galinae* (Hymenoptera: Braconidae) as affected by temperature. *Biological Control* 96 : 1-7.



## Botanique

### 10 Oiseaux de proie : agents de dispersion secondaire de graines de mauvaises herbes

Il est bien connu que les oiseaux sont des agents de dispersion primaire de graines, mais on comprend moins bien leur rôle comme agents de dispersion secondaire. S'entend de la dispersion secondaire de graines, en particulier la diplochorie, la dispersion de graines en une séquence d'au moins deux événements distincts, où intervient, dans chacun d'eux, un agent de dispersion différent. La dispersion secondaire de graines se produit souvent sur de longues distances, car les domaines vitaux des agents de dispersion secondaire peuvent être plus grands que ceux des agents de dispersion primaire, et les processus écologiques complexes impliqués peuvent être essentiels pour la colonisation, l'expansion des peuplements et la distribution de la variation génétique au sein des populations végétales.

Dans une récente étude, on mentionne que deux oiseaux de proie indigènes des îles Canaries, la buse variable (*Buteo buteo*) et le faucon crécerelle (*Falco tinnunculus*), sont d'importants agents de dispersion secondaire de graines lorsqu'ils se nourrissent de deux espèces de mammifères

exotiques envahissants, soient le lapin commun (*Oryctolagus cuniculus*) et l'écureuil terrestre de Barbarie (*Atlantoxerus getulus*), car leurs tubes digestifs renferment des graines. Les chercheurs ont examiné 300 et 319 échantillons de restes de proie des deux espèces d'oiseaux, et y ont recensé des graines de 39 et de 62 différentes espèces de plantes mélangées, pour un total de plus de 11 000 graines, toutes considérées comme des mauvaises herbes, sauf trois plantes fruitières, bien qu'ils ne fournissent aucune définition explicite des mauvaises herbes. Dans les déjections des deux espèces d'oiseaux de proie, ils ont dénombré respectivement quatre et sept espèces de mauvaises herbes qui avaient une fréquence supérieure à 10 %. Ils ont ensuite effectué des essais de germination avec ces graines de mauvaises herbes, et malgré le temps écoulé entre la collecte des déjections et les essais de germination, presque 10 % des graines ont germé en dépit du fait qu'elles aient passé auparavant à travers deux systèmes digestifs, en premier lieu de mammifère, puis en second lieu d'oiseau de proie.

L'étude donne à penser que les oiseaux de proie seraient de plus grands agents de dispersion secondaire de graines qu'on ne le croyait auparavant, surtout s'ils se nourrissent principalement de petits mammifères herbivores. Elle illustre aussi les interactions complexes possibles entre des espèces indigènes et des espèces envahissantes dont les populations s'entrecroisent, élargissant la portée des conséquences écologiques potentielles des oiseaux de proie pour l'étendre à la dispersion des graines. Compte tenu de leur grande taille et de leur mobilité, les oiseaux de proie, comme la buse commune, pourraient disperser des graines sur de longues distances à plus grande échelle géographique. Il serait important de comprendre

de tels processus pour l'étude de l'établissement et de la propagation de populations de plantes envahissantes dans de nouvelles régions.

**SOURCE :** López-Darias, M. and Nogales, M. (2016) Raptors as legitimate secondary dispersers of weed seeds. *Ibis* 158(2) : 428-432.

## 11 Rapport : État du monde végétal

Des chercheurs des Jardins botaniques royaux de KEW (Angleterre) et de nombreux partenaires ont publié un rapport inédit sur l'état du monde végétal et les connaissances actuelles à ce sujet. Le projet de grande envergure comporte trois volets : l'état des connaissances sur les plantes; les plantes menacées dans le monde; les politiques et les accords internationaux en vigueur en matière de protection des plantes. Ce premier numéro d'une publication annuelle enrichit la base de connaissances sur le monde végétal et vise à augmenter la visibilité des plantes dans le monde, à cibler d'autres priorités de recherche et à élaborer les politiques qui s'imposent.

Les auteurs présentent plusieurs faits utiles sur les plantes et les menaces qui pèsent sur elles. Les scientifiques auraient déjà recensé une liste de 391 000 espèces de plantes vasculaires, à laquelle s'ajoutent plus de 2 000 nouvelles espèces chaque année depuis un certain temps. Le monde végétal est exposé à d'importantes menaces issues notamment des changements climatiques, de la modification de la couverture terrestre, des espèces envahissantes et des maladies de plantes, si bien que 21 % des espèces végétales seraient désormais menacées d'extinction. Les changements climatiques peuvent avoir trois impacts différents sur les espèces végétales : l'extinction, la migration (c.-à-d., des modifications permanentes des peuplements) ou l'adaptation *in situ*. On considère que plus de 10 % des zones

végétalisées mondiales sont hautement sensibles à la variabilité climatique et sont particulièrement à risque. Deuxièmement, la modification de la couverture terrestre progresse. Douze des 14 biomes mondiaux ont subi une modification de plus de 10 % de leur couverture terrestre au cours de la dernière décennie seulement, et la majorité accuse une baisse de productivité. Troisièmement, certaines espèces envahissantes sont grandement responsables du déclin de la biodiversité, et leurs incidences économiques sont estimées à environ 5 % de l'économie mondiale. Jusqu'à ce jour, 4 979 espèces de plantes (1,3 % de toutes les plantes) sont considérées comme envahissantes hors de leur habitat naturel, et elles ont des impacts négatifs sur les peuplements indigènes. Les maladies de plantes représentent aussi une menace importante, et de grandes régions du globe sont vulnérables, mais il manque de recherche à ce sujet. Les auteurs du rapport des Jardins de Kew ont mentionné que deux ententes internationales en vigueur, soit la *Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction* (CITES) et le *Protocole de Nagoya sur l'accès aux ressources génétiques et le partage juste et équitable des avantages découlant de leur utilisation* (ABS) à la Convention sur la diversité biologique, traitent de certaines des menaces qui pèsent sur le monde végétal.

On peut établir certains parallèles intéressants entre le rapport des Jardins de Kew et le rapport de l'ACIA sur les plantes exotiques envahissantes au Canada publié en 2008. Le rapport de l'ACIA comportait trois volets semblables, soit le portrait des plantes exotiques envahissantes au Canada, les répercussions des plantes envahissantes et les mesures prises par le Canada pour contrer les plantes exotiques envahissantes. Les deux rapports

sont des références fort utiles sur l'état du monde végétal et des plantes envahissantes au pays et ailleurs. Au cours des prochaines années, de telles références seront essentielles pour évaluer l'efficacité des politiques et des programmes instaurés actuellement pour la gestion des menaces qui pèsent sur les plantes.

**SOURCES :** Agence canadienne d'inspection des aliments. *Plantes exotiques envahissantes au Canada*. ACIA, Ottawa (Ontario), 2008.

**Royal Botanic Gardens, Kew (2016)** The State of the World's Plants Report – 2016. RBG Kew, London, England.



## Biotechnologie

### 12 Rapport : National Academy of Sciences publie un rapport sur les cultures génétiquement modifiées

La National Academy of Sciences (NAS) aux États-Unis a publié le rapport intitulé *Genetically Engineered [GE] Crops : Experiences and Prospects* en mai. Ce rapport est une étude objective et indépendante des effets économiques, agronomiques, sanitaires et autres des cultures et des aliments génétiquement modifiés (GM) ainsi que de leur innocuité. Il traite de nouvelles technologies (modification du génome, biologie de synthèse) et formule des recommandations pour la réalisation de recherches et l'élaboration de règlements sur les cultures GM et l'évaluation des risques qui y sont associés. Le système de réglementation canadienne sert d'exemple.

Les auteurs n'ont pas trouvé de preuves substantielles que les cultures GM modifieraient les risques pour la santé humaine comparativement aux cultures conventionnelles, et n'ont pas non plus trouvé de relations causales

concluantes entre les cultures GM et les problèmes environnementaux. En général, les cultures GM ont été rentables pour les producteurs dès les premières années de leur adoption. Quant à savoir si les cultures GM se traduiront par des bénéfices généralisés dans le futur, cela dépendra de l'appui institutionnel et de l'accès à des marchés locaux et mondiaux rentables, en particulier pour les producteurs des pays en développement.

### **Nouvelles technologies**

Avec le développement des nouvelles technologies, il devient de plus en plus difficile de différencier des cultures GM des cultures issues de techniques d'amélioration classiques. Ainsi, au moyen de la nouvelle technique de génie génétique CRISPR/Cas9, on peut modifier précisément le génome d'une plante sans y introduire d'ADN exogène. Cette technique peut servir à améliorer la tolérance des cultures à la sécheresse et à la température, à accroître l'efficacité de la photosynthèse et de l'utilisation de l'azote ainsi qu'à améliorer la teneur en éléments nutritifs. Il sera sans doute possible d'introduire des traits de résistance aux insectes et aux maladies dans un plus grand nombre de plantes cultivées et de cibler un plus grand nombre d'organismes nuisibles. L'implantation de ces traits permettrait donc d'accroître les rendements et de diminuer les pertes de récoltes attribuables à l'éclosion d'insectes ou de maladies majeures. Reste à voir si l'on réussira à développer et à commercialiser des modifications génétiques complexes en vue d'améliorer la photosynthèse et l'efficacité d'utilisation des éléments nutritifs et de maximiser les rendements.

Dans le futur, le développement des techniques omiques, par exemple le traitement de données sur l'ADN (« génomique »), les protéines (« protéomiques ») et les métabolites

(« métabolomiques »), permettra de comparer la séquence d'ADN, l'expression de l'ARN et la composition moléculaire d'une nouvelle variété au moyen d'un comparateur d'usage général et d'analyser de nouvelles caractéristiques. Il faut faire de la recherche sur la corrélation de traits particuliers au moyen de modèles omiques, puis sur les risques potentiels. Il faut aussi faire des études plus approfondies pour comprendre l'éventail des variations au niveau des systèmes (ADN, ARN, protéines et métabolites) dans les cultures GM et les cultures issues de méthodes d'amélioration classiques.

### **Conséquences au chapitre de la réglementation**

Les cultures GM et les cultures issues de méthodes d'amélioration classiques peuvent altérer les cultures et les aliments et entraîner des problèmes d'innocuité. C'est la raison pour laquelle le rapport recommande de réglementer le produit lui-même plutôt que le processus au moyen duquel il a été obtenu (techniques d'amélioration classiques et génie génétique). Il faut évaluer l'innocuité des nouvelles variétés de plantes obtenues pour vérifier si elles portent les nouvelles caractéristiques désirées et des caractéristiques non désirées et si elles comportent des dangers potentiels.

Aux États-Unis, ce sont l'APHIS (Service d'inspection en santé animale et en phytoprotection) et l'EPA (Agence de protection de l'environnement) qui déterminent si les obtentions végétales doivent être réglementées, du moins partiellement, et se fondent sur le procédé d'obtention utilisé. L'approche de réglementation fondée sur les procédés d'obtention devient moins défendable à mesure du développement des nouvelles technologies, car celles-ci n'offrent plus de distinctions claires entre les obtentions issues

du génie génétique et celles issues des méthodes d'amélioration classiques. Le rapport recommande la réalisation d'essais d'innocuité sur les nouvelles obtentions végétales afin de s'assurer qu'elles portent les nouveaux traits désirés, qu'elles ne portent pas de traits indésirables et ne posent pas de risques potentiels, qu'importe qu'elles soient issues du génie génétique ou de techniques d'amélioration classiques. Cela est cohérent avec le système actuel de la réglementation canadienne qui vise toutes les plantes porteuses de traits nouveaux. L'APHIS a proposé un nouveau critère pour l'activation de ses pouvoirs de réglementation et a modifié des définitions afin de pouvoir encadrer un plus large éventail de produits, notamment ceux issus de nouvelles techniques d'amélioration des plantes. Les modifications proposées seraient plus cohérentes avec le système de réglementation canadienne et les recommandations du présent rapport.

Parce que les nouvelles technologies peuvent se traduire par des changements cumulatifs sans risque substantiel et par des changements majeurs et des risques accrus, le rapport recommande l'élaboration d'une approche par étapes pour la réalisation d'essais d'innocuité au moyen des critères suivants : l'aspect nouveau (désiré et non désiré), les dangers potentiels et l'exposition. La technologie omique pourrait servir à documenter une approche par étapes où un plus grand nombre d'essais d'innocuité extensifs seraient effectués pour les plantes affichant des différences d'effets potentiels sur la santé ou l'environnement ou pour les plantes dont les différences ne pouvaient pas être interprétées. Les plantes n'affichant pas de différences ou les plantes ayant des différences comprises et ne comportant aucun effet anticipé sur la santé ou l'environnement n'auraient pas à être soumises à des essais plus poussés.

### **Gestion des risques**

Le rapport analyse le succès des mesures de gestion des risques souvent commandées par diverses autorités de réglementation. Les plans de gestion du développement de résistance chez les insectes, comme la stratégie d'utilisation de doses élevées et refuges, semblent retarder le développement de la résistance au Bt chez les insectes ciblés. Les produits qui n'expriment pas une dose élevée contre les ravageurs ciblés et une faible conformité refuge peuvent nuire au succès de cette stratégie. Le rapport recommande de faire plus de recherche afin d'améliorer les approches qui visent à retarder le développement de résistance aux herbicides chez les populations de mauvaises herbes, car les preuves empiriques actuelles sont lacunaires et ne permettent pas de déterminer quelle stratégie est la plus efficace dans un système cultural donné. Afin de retarder le développement de résistance aux herbicides des populations de mauvaises herbes dans les régions où l'on cultive des plantes GM porteuses de traits de résistance multiples aux herbicides, il faut élaborer des approches de lutte intégrée contre les mauvaises herbes qui vont au-delà de la combinaison d'herbicides. Pour la gestion du développement de résistance aux insectes et de tolérance aux herbicides, le rapport recommande d'offrir des mesures incitatives aux producteurs pour qu'ils adoptent des pratiques de gestion exemplaires. Les autorités de réglementation en matière de sécurité environnementale doivent disposer des pouvoirs nécessaires pour imposer des exigences permanentes (c.-à-d. des plans de gestion visant à atténuer les risques de développement de résistance chez les insectes et les mauvaises herbes) et la surveillance environnementale d'effets inattendus après l'introduction sur le marché d'une culture GM. Le rapport insiste sur l'importance de

communiquer de manière proactive au grand public comment les nouvelles technologies de génie génétique ou les produits qui en sont issus peuvent être réglementés, et comment les nouvelles méthodologies génomiques peuvent être utilisées par les autorités de réglementation. En plus des activités de communication, il faudrait des investissements publics pour aider à maximiser les bénéfices qui peuvent être tirés des cultures GM. Durant la préparation du rapport, plus de 22 webinaires ont été présentés et qui traitaient de

sujets allant de la technologie d'inférence ARN à des enjeux socioéconomiques. Les webinaires et autres documents interactifs peuvent être consultés au lien suivant : <http://nas-sites.org/ge-crops/category/pastevents/webinars/>.

**SOURCE : National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2016)** Genetically Engineered Crops: Experiences and Prospects. Washington, DC : The National Academies Press. Consultable en ligne à : <http://nas-sites.org/ge-crops/2016/05/17/report/>

**Mise à jour** : édition 15 (avril, 2016) l'article no 3<sup>e</sup>

L'article no 3 intitulé *Mise à jour : Frênes résistants à l'agrile du frêne* qui décrit la distribution de l'agrile du frêne au Canada mentionne que l'insecte est présent dans certaines parties de l'Ontario et dans l'est du Québec. Le présent avis est pour rectifier l'aire de distribution du ravageur; l'agrile est présent dans certaines parties de l'Ontario et dans l'ouest du Québec.

### **Remerciements**

*Merci aux employés suivants de l'ACIA qui ont contribué à cette édition de Survol - science des végétaux : N. Alghazawi, A. Ameen, M.-E. Auclair, K. Castro, B. Day, F. Deng, C. Dollard, J.-F. Dubuc, C. Girard, V. Grebennikov, A. Hitchon, T. Kimoto, W. Laviolette, A. Sissons, L. Vyvey & C. Wilson.*

## **Le bulletin Survol Science des végétaux est maintenant en ligne!**

Vous pouvez maintenant consulter en ligne tous les numéros du bulletin Survol Science des végétaux qui ont déjà été publiés en allant sur la page Web des publications du gouvernement du Canada.

Cliquez sur les liens suivants pour accéder aux publications du catalogue.

English :

<http://publications.gc.ca/site/eng/9.802674/publication.html>

Français :

<http://publications.gc.ca/site/eng/9.802675/publication.html>

**N'oubliez pas de suivre l'ACIA sur Twitter!**  
**@ACIA\_Canada**

**AVERTISSEMENT :** Le *Survол - science des végétaux* est un service d'information préparé par le personnel de l'ACIA à des fins personnelles et publiques non commerciales. Les points de vue et les opinions exprimés dans la présente ou dans les articles auxquels on fait référence sont ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'ACIA. Ni l'ACIA ni ses employés ne présument et n'offrent de garantie, expresse ou implicite, de quelque sorte que ce soit, et ne sont responsables de l'exactitude, de la fiabilité, de l'exhaustivité ou de l'utilité des informations, produits, processus ou matériels fournis par des sources externes et divulgués par ou dans le présent *Survол - science des végétaux*.

L'utilisateur qui s'appuie sur les renseignements, produits, procédés ou matériels fournis par des sources externes et divulgués par et dans le présent *Survол - science des végétaux*, le fait à ses propres risques. Le lecteur doit en tout temps vérifier les renseignements, produits, procédés ou matériels et consulter directement la source des renseignements, produits, procédés ou matériels, notamment avant d'agir ou de prendre une décision en s'appuyant sur ceux-ci.

Toute mention dans le *Survол - science des végétaux* d'un produit, processus ou service particulier par son nom commercial, sa marque de commerce, le nom du fabricant ou par toute autre façon ne constitue pas nécessairement ou implicitement son acceptation ou sa recommandation par l'ACIA.

**DROITS D'AUTEUR ET DE REPRODUCTION :** Le présent *Survол - science des végétaux* et tout renseignement, produit, processus ou matériel fournis par des sources externes et divulgués par ou dans le présent *Survол - science des végétaux*, sont protégés par la Loi sur le droit d'auteur, par les lois, les politiques et les règlements du Canada et des accords internationaux. Ces dispositions permettent d'identifier la source de l'information et, dans certains cas, d'interdire la reproduction du matériel sans permission écrite. Ceci est particulièrement vrai pour la reproduction du matériel fourni par des sources externes et divulgué par ou dans le présent *Survол - science des végétaux*, puisque certaines restrictions peuvent s'appliquer; il peut être nécessaire que les utilisateurs obtiennent la permission du détenteur des droits avant de reproduire le matériel.

**Reproduction non commerciale :** Le présent *Survол - science des végétaux* a été distribué de manière à ce qu'il soit rapidement et facilement utilisable à des fins personnelles et publiques non commerciales et qu'il puisse être reproduit, en tout ou en partie, de quelque façon que ce soit, sans frais et sans qu'il soit nécessaire d'obtenir la permission de l'Agence canadienne d'inspection des aliments. Nous demandons seulement que :

- Les utilisateurs fassent preuve d'une diligence raisonnable en s'assurant de l'exactitude des documents reproduits;
- L'Agence canadienne d'inspection des aliments soit identifiée comme étant la source;
- La reproduction ne soit pas présentée comme la version officielle du matériel reproduit ni comme ayant été faite en association avec l'Agence canadienne d'inspection des aliments ou avec l'appui de l'Agence.

**Reproduction commerciale :** La reproduction en plusieurs copies du présent *Survол - science des végétaux*, en tout ou en partie, à des fins de redistribution commerciale est interdite sauf avec la permission écrite de l'Agence canadienne d'inspection des aliments. Pour obtenir la permission de reproduire le présent *Survол - science des végétaux* à des fins commerciales, veuillez communiquer avec :

Agence canadienne d'inspection des aliments  
*Survол - science des végétaux*  
Tour 1, étage 1, 1400, chemin Merivale  
Ottawa ON  
Canada K1A 0Y9