

**Quels enjeux représentent
les changements climatiques en lien avec
les espèces exotiques envahissantes
pour la culture du soya au Québec ?**



RÉDACTION

Joffrey Moiroux, Ph.D., biologiste, Université de Montréal.
Gaétan Bourgeois, Ph.D., bioclimatologiste, AAC.
Jacques Brodeur, Ph.D., biologiste, Université de Montréal.
Annie-Eve Gagnon, Ph.D., biologiste, CEROM.
Anne-Frédérique Gendron St-Marseille, biologiste, AAC.
Benjamin Mimee, Ph.D., biologiste, AAC.

COLLABORATION ET RÉVISION

Anne Blondlot, Agronome, Ouranos.
Guy Boivin, Ph.D., biologiste, AAC.

COMMENT CITER CE DOCUMENT

Moiroux J., G. Bourgeois, J. Brodeur, A.-E. Gagnon, A.-F. Gendron St-Marseille et B. Mimee.
2014. *Quels enjeux représentent les changements climatiques en lien avec les espèces exotiques envahissantes pour la culture du soya au Québec?* Feuille technique Ouranos Projet 550012-103, Québec, Canada. 37 p.

Photographie

Page couverture : Jason Trommter, Flickr.

Page 3 : *Aphis glycines* : Claudio Gratton, Wikimedia / *Halyomorpha halys* : Tim Haye / *Nezara viridula* : Juan Emilio, Wikimedia.

Page 4 : *Megacopta cribraria* : Charles Lam, Wikimedia / *Heterodera glycines* : USDA, Wikimedia / *Phakopsora pachyrhizi* : USDA, Wikimedia.

Page 5 : *Helicoverpa zea* : Cyndy Sims Parr, Flickr / *Chrysodeixis includens* : Russ Ottens, Wikimedia / *Heliothis virescens* : USDA, Wikimedia / *Anticarsia gemmatilis* : Mike Boone, Wikimedia.

Page 6 : *Bemisia tabaci* : Stephen Ausmus, Flickr / *Riptortus clavatus* : Urasimaru, Flickr / *Etiella zinckenella* : Gyorgy Csoka, Wikimedia.



Les coûts relatifs aux travaux ont été assumés par Ouranos grâce au Fonds vert dans le cadre de la mise en œuvre du Plan d'action 2006-2012 sur les changements climatiques du gouvernement du Québec.

TABLE DES MATIÈRES

MÉTHODOLOGIE	1
ANALYSE GLOBALE	2
ESPÈCES À RISQUES	3
CONCLUSION	7
RÉFÉRENCES	7
FICHES PAR ESPÈCE EXOTIQUE ENVAHISSANTE	A1
Fiche 1 : Punaise marbrée	A2
Fiche 2 : Punaise verte ou ponctuée	A6
Fiche 3 : Punaise du kudzu	A7
Fiche 4 : Nématode à kyste du soya	A8
Fiche 5 : Nématode réniforme	A12
Fiche 6 : Bean pod mottle virus	A13
Fiche 7 : Cercosporose du soya	A14
Fiche 8 : Rouille asiatique du soya	A15
Fiche 9 : Ver de l'épi du maïs	A16
Fiche 10 : Arpenteuse du soya	A20
Fiche 11 : Noctuelle verdoyante	A21
Fiche 12 : Chenille du haricot velu	A22
Fiche 13 : Aleurode du tabac ou du cotonnier	A23
Fiche 14 : Tordeuse du soya	A24
Fiche 15 : Riptortus clavatus	A25
Fiche 16 : Pyrale du haricot	A26

Les espèces exotiques envahissantes, c'est-à-dire des espèces étrangères à l'écosystème où elles se trouvent mais capables d'y vivre et de s'y reproduire, représentent l'une des principales causes de pertes économiques en agriculture et en foresterie. On estime à plus de 120 milliards de dollars les dommages causés chaque année aux forêts, aux pêches, à l'agriculture et aux cours d'eau par ces espèces, et ce, uniquement sur le territoire américain (Pimentel *et al.* 2005). Au Canada, les pertes économiques associées à 16 espèces invasives particulièrement problématiques s'étaleraient de 13,3 à 34,5 milliards par an pour les secteurs agricole, forestier et la pêche, d'après le modèle de Colautti *et al.* (2006). De plus, les espèces exotiques envahissantes menacent souvent l'intégrité et la stabilité des écosystèmes envahis. Plusieurs causes expliquent que certaines espèces s'établissent sur de nouveaux territoires, dont les changements climatiques. Actuellement, de nombreuses espèces végétales et animales voient leur aire de répartition s'étendre vers le Nord grâce aux changements climatiques (Parmesan 2006). Des espèces absentes du Québec il y a seulement quelques années sont aujourd'hui présentes en raison de conditions thermiques plus favorables. De même, on devrait constater l'arrivée et l'établissement de nouveaux ennemis des cultures dans les décennies à venir en provenance du nord des États-Unis et le sud du Canada (Olfert et Weiss 2006, Olfert *et al.* 2006).

La culture du soya est en pleine expansion au Canada, représentant plus de 1,8 millions d'hectares cultivés. L'augmentation des températures devrait permettre d'accroître encore ces surfaces, mais ceci sera vraisemblablement accompagné de l'arrivée de nouvelles espèces exotiques envahissantes. L'objectif de ce travail est justement d'identifier les espèces susceptibles d'affecter la culture du soya au Québec à la faveur des changements climatiques, lesquelles devraient faire l'objet de surveillance pour les années à venir. Pour ce faire, une revue de littérature a été réalisée, afin de déterminer dans un premier temps quels sont les ravageurs du soya connus à travers le monde puis d'identifier les espèces potentiellement les plus problématiques pour la culture du soya au Québec.

MÉTHODOLOGIE

Les revues de littérature scientifique déjà existantes pour certains groupes taxonomiques ou certaines zones géographiques ont été dans un premier temps utilisées, ainsi que les guides d'information mis à disposition des producteurs et agronomes par les universités et les laboratoires gouvernementaux. Par la suite, différents experts ont été consultés afin de mieux orienter la recherche bibliographique, et des articles scientifiques ciblant l'espèce ou certaines régions géographiques ont été recherchés afin d'établir une liste aussi exhaustive que possible. Pour chacune des espèces, nous avons récolté les informations suivantes : le nom ; le groupe taxonomique (virus, bactéries, champignons, nématodes, arthropodes, gastéropodes) ; le nom de la maladie associée dans le cas des virus, bactéries et champignons ; l'aire de distribution ; le caractère invasif ; l'intensité des dommages causés au soya. Les aires de distribution et le caractère invasif ont été majoritairement établis grâce aux informations disponibles sur le site Plantwise (<http://www.plantwise.org/KnowledgeBank/home.aspx>), qui regroupe les données relatives aux plantes et à leurs ravageurs. Une espèce était considérée comme invasive si son aire de répartition s'est accrue lors des dernières années. L'intensité des dommages causés au soya a été évaluée selon un indice allant de 1 à 4. Un indice de 1 correspond à une espèce pouvant affecter grandement la culture du soya, avec des pertes de rendement atteignant fréquemment plus de 20 % et pouvant atteindre plus de 50 % dans certains cas. Un indice de 2 indique une espèce néfaste à la culture du soya, qui pourra induire une baisse du rendement souvent inférieure à 20 %, et pour laquelle des traitements phytosanitaires sont souvent requis. Un indice de 3 indique une espèce bien présente dans les champs de soya mais qui ne cause pas de dégâts économiques importants pour le producteur. Un indice de 4 correspond à une espèce observée de façon ponctuelle et qui ne présente pas de problème pour la culture du soya.

ANALYSE GLOBALE

À l'heure actuelle, 333 espèces s'attaquant au soya ont été référencées à travers le monde. Toutes les données recueillies dans le cadre de la revue de littérature sont présentées dans une liste de format Excel mise en ligne sur Agri-Réseau. Parmi ces espèces, on retrouve une vaste majorité d'arthropodes (206 espèces), suivie par les mycètes (champignons, 51 espèces), les nématodes (51 espèces ou genres), les virus (14 espèces), les bactéries (8 espèces) et les gastéropodes (3 espèces) (Figure 1).

Parmi ces espèces, une grande majorité n'ont été enregistrées que de manière sporadique et ne semblent pas engendrer de dommages substantiels dans les cultures de soya (75 %, soit 250 espèces). On retrouve néanmoins des espèces qui peuvent causer des pertes importantes aux cultures (11 %, soit 36 espèces) alors que les autres espèces (14 %, soit 47 espèces) sont susceptibles d'engendrer des dommages partiels, souvent associés à des pertes économiques mineures.

Parmi toutes ces espèces, nous pouvons distinguer différentes classes associées au risque d'établissement sur le territoire du Québec. Tout d'abord, les espèces déjà établies au Québec, que ce soit en champ ou en serre, sur le soya ou d'autres plantes, depuis de nombreuses années ou plus récemment. Ces dernières représentent environ 46 % du total des espèces recensées, dont le puceron du soya *Aphis glycines* (Hemiptera : Aphididae), responsable des plus grosses pertes économiques en Amérique du Nord (Tilmon *et al.* 2011). Plus spécifiquement, la très grande majorité des virus, bactéries et champignons présents sur la liste exhaustive des espèces associées au soya est déjà implantée au Québec.

Ensuite, les espèces présentes uniquement sous des climats tropicaux et qui n'ont pas le potentiel de s'établir au Québec au cours des prochaines décennies, essentiellement parce qu'elles ne pourront rencontrer les conditions climatiques favorables à leur développement, entre autre durant la période hivernale. Il s'agit très majoritairement d'arthropodes (96 %) qui représentent environ 45 % du total des espèces (150 espèces).

Puis, les espèces dont l'aire de répartition s'accroît vers le nord en Amérique du Nord et qui sont actuellement implantées dans des régions proches et qui pourraient naturellement s'implanter au Québec à la

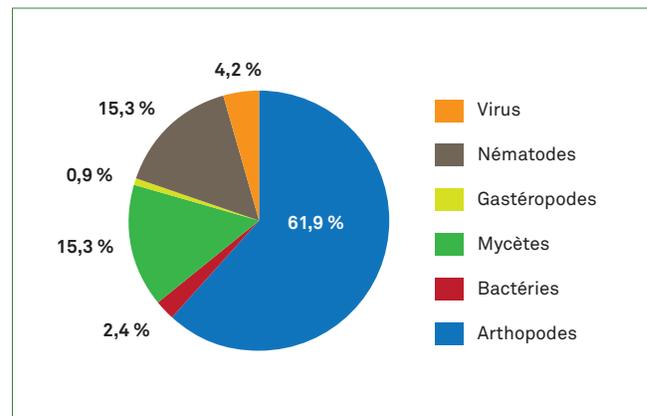


Fig. 1 : Répartition des ravageurs du soya en fonction de leur groupe taxonomique.

faveur d'un réchauffement climatique. On peut notamment identifier la punaise marbrée *Halyomorpha halys* (Hemiptera : Pentatomidae), introduite en 1996 en Pennsylvanie et que l'on retrouve aujourd'hui de la Floride à l'Ontario (Zhu *et al.* 2012).

On trouve également les espèces présentes sous des climats proches de ceux du Québec mais qui ne devraient s'implanter qu'en cas d'introductions accidentelles liées aux activités humaines (notamment les échanges commerciaux depuis l'Asie). Par exemple, le lépidoptère *Leguminivora glycinivorella* (Lepidoptera : Tortricidae) constitue l'un des principaux ravageurs du soya en Asie, certaines populations vivant sous un climat similaire à celui du sud du Québec (Sakagami *et al.* 1985).

Finalement, il y a les espèces qui parviennent sous nos latitudes seulement au cours de l'été, via une migration estivale, et qui arriveront de plus en plus tôt au Québec grâce aux changements climatiques, occasionnant des dégâts plus importants au soya à la suite d'infestations plus hâtives en saison. C'est le cas de diverses espèces d'insectes, notamment des lépidoptères, et de champignons.



Aphis glycines



Halyomorpha halys



Nezara viridula

ESPÈCES À RISQUES

De cette revue de littérature, nous avons dressé une liste de treize espèces susceptibles de s'établir dans la culture de soya au Québec dans un avenir proche, que ce soit dans le contexte de changement climatique ou d'introduction accidentelle sur le territoire, et de causer des pertes économiques notables, estimées selon les dommages enregistrés dans d'autres parties du monde.

Parmi ces treize espèces, huit étendent actuellement leur aire de répartition vers le nord et sont présentes dans des régions proches du Québec, voire sont déjà arrivées au Québec très récemment. Les mécanismes de dispersion spécifiques à chacune de ces espèces, ainsi que la rapidité du phénomène, demeurent peu connus. La progression sur le territoire peut-être plus ou moins lente et continue lorsque les organismes se propagent par contamination de contact (champignons) et se déplacent au sol ou par de courts vols (nématodes et arthropodes). Les processus sont accélérés et saltatoires lorsque les organismes peuvent se disperser par l'entremise de courants aériens. Finalement, les activités humaines, dont les échanges commerciaux, contribuent à l'augmentation de l'aire de répartition des espèces qui progressent vers et à l'intérieur du Québec. On identifie ainsi :

- La punaise marbrée, *Halyomorpha halys* (Hemiptera : Pentatomidae) (voir « Fiche 1 » en annexe).

Originaires d'Asie, elle est aujourd'hui largement répandue aux États-Unis et a été détectée pour la première fois en Ontario en 2011 (Zhu *et al.* 2012). Au Québec, bien que deux individus aient été détectés dans du matériel importé, aucune population n'a été répertoriée en milieu naturel (Légaré *et al.* 2013). En Pennsylvanie, des pertes de rendement de soya supérieures à 50 % lui ont été attribuées (Leskey *et al.* 2012). Elle s'attaque également aux fruits en vergers.

- La punaise verte ou ponctuée, *Nezara viridula* (Hemiptera : Pentatomidae) (voir « Fiche 2 » en annexe). Commune dans les régions tropicales et subtropicales, elle progresse rapidement vers les zones tempérées grâce à l'augmentation des températures. Présente aujourd'hui jusqu'en Ohio, des individus ont été observés plus au nord. En Australie, des pertes de production de 183 à 492 kg/ha de soya ont été notées (Brier et Rogers 1991), soit des pertes pouvant atteindre 20 % du rendement moyen (environ 2,5 t/ha).
- La punaise du kudzu, *Megacopta cribraria* (Hemiptera : Plataspididae) (voir « Fiche 3 » en annexe). Commune dans le sud-est des États-Unis, elle est dorénavant établie en Virginie et son expansion vers le nord est étroitement surveillée. En laboratoire, des chutes de rendement de près de 60 % ont été



Megacopta cribraria



Heterodera glycines



Phakopsora pachyrhizi

mesurées sur des plants de soya infestés par ce ravageur (Seiter *et al.* 2012).

- Le nématode à kyste du soya, *Heterodera glycines* (Tylenchida : Heteroderidae) (voir « Fiche 4 » en annexe). Commun aux États-Unis, il a été retrouvé au Québec en 2013 dans plusieurs échantillons (Mimee *et al.* 2014) et devrait voir son aire de répartition s'étendre avec une augmentation des températures. Principal responsable de pertes économiques dans la culture du soya dans de nombreuses régions du monde, il cause à lui seul plus de 50 % des pertes enregistrées aux États-Unis (Wrather *et al.* 2001), les pertes de rendement associées pouvant atteindre 80 %.
- Le nématode réniforme, *Rotylenchulus reniformis* (Tylenchida : Hoplolaimidae) (voir « Fiche 5 » en annexe). Commun dans le sud des États-Unis, il est aujourd'hui bien implanté en Virginie et sa présence a été notée plus au nord, notamment en Ohio. Bien que les dégâts imputables soient difficiles à quantifier en raison d'une coexistence avec *H. glycines*, on considère qu'il s'agit d'un ravageur majeur (Rebois et Johnson 1973).
- Le « Bean pod mottle virus » (*Comoviridae*) (voir « Fiche 6 » en annexe). Commun dans le sud des États-Unis, il est aujourd'hui établi en Ohio, au Wisconsin et a été noté en Ontario. Responsable de pertes de rendement de plus de 50 %, il est véhiculé par un insecte, le coléoptère *Cerotoma trifurcata*, présent au Québec (Giesler *et al.* 2002).
- Le champignon *Cercospora sojina* (Capnodiales : Mycosphaerellaceae), responsable de la cercosporose du soya, ou « Frogeye leaf spot » (voir « Fiche 7 » en annexe). Commun dans le sud des États-Unis, il est aujourd'hui établi en Ohio, Illinois et retrouvé en Ontario où il ne cause pas encore de dégâts importants. Cependant les pertes causées par ce champignon dans le nord-est des États-Unis augmentent avec l'augmentation des températures. Des pertes de récolte de plus de 35 % ont ainsi été enregistrées en Ohio (Cruz et Dorrance 2009).
- Le champignon *Phakopsora pachyrhizi* (Uredinales: Phakopsoraceae), responsable de la rouille asiatique du soya (voir « Fiche 8 » en annexe). Arrivée d'Asie en 2004, cette espèce ne peut survivre l'hiver que sous des climats subtropicaux et tropicaux (Floride, Louisiane...) mais se retrouve l'été jusqu'en Ontario. Selon la date d'arrivée du champignon, les pertes de rendement varient et peuvent atteindre jusqu'à 80 % dans le cas d'une infection précoce (Twizeyimana *et al.* 2009).



Helicoverpa zea



Chrysodeixis includens

Parmi les treize espèces ciblées, quatre sont déjà référencées au Québec puisqu'elles y migrent au cours de l'été. Actuellement, elles arrivent tard dans la saison et en trop faible quantité pour engendrer des pertes substantielles dans la culture du soya. Toutefois, une arrivée plus précoce pourrait éventuellement conduire à des pertes importantes. Voici ces espèces :

- Le ver de l'épi du maïs, *Helicoverpa zea* (Lepidoptera : Noctuidae) (voir « Fiche 9 » en annexe). Migrateur tardif au Québec, il ne semble pas survivre à l'hiver au-delà de l'Ohio. Il s'agit du plus important ravageur du soya en Virginie où sa présence en début de saison engendre des traitements chimiques onéreux (Herbert *et al.* 1992). Ce ravageur est bien connu au Québec puisqu'il peut causer des dommages importants dans la culture du maïs sucré. Aucun dommage lié à cet insecte n'a toutefois été répertorié à l'heure actuelle dans la culture du soya au Québec.

- L'arpenteuse du soya, *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera : Noctuidae) (voir « Fiche 10 » en annexe). On la retrouve à l'extrême sud du Québec et en Ontario. Plus important défoliateur de la culture du soya dans le sud des États-Unis, les dégâts qu'elle génère dans ce pays augmentent depuis quelques années (Plantwise 2014).
- La noctuelle verdoyante, *Heliiothis virescens* (Lepidoptera : Noctuidae) (voir « Fiche 11 » en annexe). Commune dans les régions subtropicales et tropicales, elle connaît une expansion rapide, se retrouvant dorénavant établie au nord de la Virginie. Il s'agit d'un défoliateur majeur du soya (Boldt *et al.* 1975). L'espèce est fréquemment observée au Québec durant la saison estivale.



Heliiothis virescens



Anticarsia gemmatalis



Bemisia tabaci



Riptortus clavatus



Etiella zinckenella

- La chenille du haricot velu, *Anticarsia gemmatilis* (Lepidoptera : Noctuidae) (voir « Fiche 12 » en annexe). Commune au sud des États-Unis, elle est aujourd'hui établie dans le Wisconsin. Les dommages qu'elle engendre peuvent atteindre 30 % sur certaines variétés de soya, et les traitements chimiques requis en début de saison limitent la régulation naturelle des populations du ravageur via une forte mortalité des prédateurs et parasitoïdes (Lourençao *et al.* 1999).

Enfin, une espèce est déjà présente en serres au Québec et ne peut survivre à l'extérieur durant l'hiver. Il s'agit de l'aleurode du tabac ou du cotonnier, *Bemisia tabaci* (Hemiptera : Aleyrodidae) (voir « Fiche 13 » en annexe). Si les dégâts causés au soya sont généralement faibles, des pullulations au Mexique dues à des conditions climatiques favorables ont conduit à l'abandon de 100 000 ha cultivés en cinq ans (Oliveira *et al.* 2001). L'aleurode du tabac est également porteur de virus néfastes à la culture du soya (Oliveira *et al.* 2001). Les modifications du climat pourraient lui permettre de compléter son cycle hors serre au Québec.

À cette liste, nous pouvons ajouter quatre espèces qui auraient les capacités de s'implanter au Québec dans les années à venir en cas d'introductions par les humains. L'espèce la plus à risque est probablement le lépidoptère *Leguminivora glycinivorella* (Lepidoptera : Tortricidae), un des principaux ravageurs en Asie (Sakagami *et al.* 1985) (voir Fiche 14 en annexe). Deux autres espèces asiatiques,

Riptortus clavatus (Heteroptera : Alydidae) (Kadozawa & Santa 1981) (voir « Fiche 15 » en annexe) et *Matsumuraeses phaseoli* (Lepidoptera : Tortricidae) (Qu & Kogan 1984) sont également des ravageurs importants en Asie qui pourraient s'implanter au Québec. *Etiella zinckenella* (Lepidoptera : Pyralidae) représente la dernière espèce à surveiller (voir « Fiche 16 » en annexe). Ce lépidoptère d'origine asiatique est aujourd'hui présent au sud des États-Unis, quelques individus ayant également été échantillonnés au Manitoba et en Saskatchewan. Pour une raison inconnue, ce ravageur majeur du soya en Asie ne s'attaque pas à cette plante en Amérique du Nord (Plantwise 2014). Dans l'éventualité où la souche de lépidoptères établis en Amérique du Nord retrouverait les mêmes préférences alimentaires que celles présentes en Asie, des problèmes phytosanitaires seraient à considérer.

CONCLUSION

Les changements climatiques permettront une augmentation des surfaces cultivées de soya au Québec mais s'accompagneront également de l'arrivée de nouvelles espèces exotiques envahissantes en provenance de régions plus au sud. Parmi les 333 espèces recensées à travers le monde, nous en avons dégagé treize non établies au Québec et qui pourraient poser problème dans les années à venir. Si ce chiffre peut paraître faible, il faut souligner que parmi celles-ci se trouvent des espèces extrêmement néfastes, dont le nématode à kyste du soya

ou le champignon *P. pachyrhizi* responsable de la rouille asiatique. Récemment confrontés au puceron du soya, les producteurs devraient donc avoir à composer avec de nouveaux ravageurs. La diffusion de connaissances au sujet de ces espèces, par exemple par l'entremise des fiches d'information créées dans le cadre de ce projet, permettra aux producteurs de surveiller l'arrivée potentielle de ces envahisseurs et de prendre des mesures pour limiter leur impact.

RÉFÉRENCES

- Boldt, P.E., Biever, D., & Ignoffo, C.M. 1975. Lepidopteran pests of soybeans: consumption of soybean foliage and pods and development time. *Journal of Economic Entomology* 68 : 480-482.
- Brier, H. B., & Rogers, D. J. 1991. Susceptibility of soybeans to damage by *Nezara viridula* (L.) (Hemiptera: Pentatomidae) and *Riptortus serripes* (F.) (Hemiptera: Alydidae) during three stages of pod development. *Australian Journal of Entomology* 30 : 123-128.
- Colautti, R.I., Bailey, S.A., van Overdijk, C.D., Amundsen, K., & MacIsaac, H.J. 2006. Characterised and projected costs of nonindigenous species in Canada. *Biological Invasions* 8 : 45-59.
- Cruz, C.D., & Dorrance, A.E. 2009. Characterization and survival of *Cercospora sojina* in Ohio. Online. *Plant Health Progress* doi : 10.1094/PHP-2009-0512-03-RS.
- Giesler, L.J., Ghabrial, S.A., Hunt, T.E., & Hill, J.H. 2002. Bean pod mottle virus: A threat to US soybean production. *Plant Disease* 86 : 1280-1289.
- Herbert, A., Hull, C., & Day, E. 1992. Corn Earworm Biology and Management in Soybeans. *Virginia Cooperative Extension Service Publication* 444-770.
- Kadozawa, T., & Santa, H. 1981. Growth and reproduction of soybean pod bugs (Heteroptera) on seeds of legumes. *Bulletin of the Chugoku National Agricultural Experiment Station Series E* 19 : 75-97.
- Légaré, J.-P., Moisan-De Serres, J., & Fréchette, M. 2013. La punaise marbrée (*Halyomorpha halys*). Fiche d'identification. Laboratoire de diagnostic en phytoprotection, MAPAQ, 6 p.
- Leskey, T.C., Hamilton, G.C, Nielsen, A.L., Polk, D.F., Rodriguez-Saona, C., Bergh, C. *et al.* 2012. Pest status of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* in the USA. *Outlooks on Pest Management* 23 : 218-226.

RÉFÉRENCES

- Lourençao, A.L., Pereira, J.C.V.N., De Miranda, M.A.C., & Ambrosano, G.M.B. 1999. Evaluation of damage to early maturity soybean cultivars and lines caused by stink bugs and caterpillars. *Pesquisa Agropecuaria Brasilia* 35 : 879-886.
- Mimee, B., Peng, H., Popovic, V., Yu, Q., Duceppe, M.-O., Tétreault, M.-P., & Belair, G. 2014. First report of soybean cyst nematode (*Heterodera glycines* Ichinohe) on soybean in the Province of Quebec, Canada. *Plant Disease* 98 : 429.
- Olfert, O. & Weiss, R.M. 2006. Impact of climate change on potential distributions and relative abundances of *Oulema melanopus*, *Meligethes viridescens* and *Ceutorhynchus obstrictus* in Canada. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 113, 295-301.
- Olfert, O., Hallett, R., Weiss, R.M., Soroka, J. & Goodfellow, S. 2006. Potential distribution and relative abundance of swede midge, *Contarinia nasturtii*, an invasive pest in Canada. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 120 : 221-228.
- Oliveira, M.R.V., T.J. Henneberry, T.J., & Anderson, P. 2001 History, current status, and collaborative research projects for *Bemisia tabaci*. *Crop protection* 20 : 709-723.
- Parmesan, C. 2006. Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 37 : 637-669.
- Pimentel, D., Zuniga, R., & Morrison, D. 2005. Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. *Ecological Economics* 52 : 273-288.
- Plantwise. *Plantwise knowledge bank*, [En ligne]. <http://www.plantwise.org/knowledgebank/datasheet.aspx> (Page consultée le 14 février 2014).
- Qu, Y. & Kgan, J. 1984. A bibliography of three lepidopterous pod borers, *Etiella zinckenella*, *Leguminivora glycinivorella* and *Matsumuraeses phaseoli* : associated with soybean and other legumes. Soybean Insect Research Information Center, 81 pages.
- Rebois, R.V., & Johnson, W.C. 1973. Effect of *Rotylenchulus reniformis* on yield and nitrogen, potassium, phosphorus and amino acid content of seed of *Glycine max*. *Journal of Nematology* 5 :1-6.
- Sakagami, S. F., Tanno, K., Tsutsui, H., & Honma, K. 1985. The role of cocoons in overwintering of the soybean pod borer *Leguminivora glycinivorella* (Lepidoptera: Tortricidae). *Journal of the Kansas Entomological Society* 1 : 240-247.
- Seiter, N.J., Greene, J.K., & Reay-Jones, F.P. 2012. Reduction of soybean yield components by *Megacopta cribraria* (Hemiptera: Plataspidae). *Journal of Economic Entomology* 106 : 1676-1683.
- Tilmon, K.J., Hodgson, E.W, O'Neal, M.E. & Ragsdale, D.W. 2011. Biology of the soybean aphid, *Aphis glycines* (Hemiptera: Aphididae) in the United States. *Journal of Integrated Pest Management* 2 : 1-7.
- Twizeyimana, M., Ojiambo, P.S., Sonder, K., Ikotun, T., Hartman, G.L., & Bandyopadhyay, R. 2009. Pathogenic variation of *Phakopsora pachyrhizi* infecting soybean in Nigeria. *Phytopathology* 99 : 353-361.
- Wrather, J.A., Stienstra, W.C., & Koenning, S.R. 2001. Soybean disease loss estimates for the United States from 1996 to 1998. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 23 : 122-131.
- Zhu, G., Bu, W., Gao, Y., & Liu, G. 2012. Potential geographic distribution of brown marmorated stink bug invasion (*Halyomorpha halys*). *PloS one* 7 : e31246.

FICHES PAR ESPÈCE EXOTIQUE ENVAHISSANTE

PUNAISE MARBRÉE

Halyomorpha halys

« Brown marmorated stink bug »

CARACTÉRISTIQUES ET DÉTECTION

La punaise marbrée (Hemiptera : Pentatomidae) est un phytophage généraliste qui s'attaque à de nombreuses espèces végétales dont le soya, le maïs, l'érable à sucre et une grande variété de fruits (pommes, pêches, petits fruits, citruses, tomates...).

Les œufs, de forme elliptique (1,6 x 1,3 mm, photo 1), sont blancs à jaune-rouge avec de minuscules épines disposées en lignes. Lors de la ponte, la femelle attache les œufs côte-à-côte sur la surface inférieure des feuilles en amas de 20 à 30 œufs. Il y a cinq stades nymphaux, mesurant de 2,4 à 12 mm et caractérisés par des yeux rouges. L'abdomen est rouge-jaunâtre au premier stade (photo 2) puis devient blanchâtre avec des points rouges au cinquième stade. Les adultes (photo 3) mesurent environ 17 mm de long et ont l'ensemble du corps brun. Ils ont la forme typique en bouclier des punaises Pentatomidae et se différencient des autres espèces par des bandes claires sur les antennes.

Le dépistage de cette espèce peut se faire grâce à l'utilisation de pièges à phéromone, l'observation directe, la détection de gousses vides, de graines endommagées ou d'un retard de maturité de la plante hôte.

CYCLE DE VIE

En Pennsylvanie, les adultes émergent au printemps (fin avril à mi-mai), s'accouplent, puis les femelles pondent de mai à fin août. Plus au nord, les adultes apparaissent en juillet. En général, une seule génération est produite annuellement mais les étés plus chauds peuvent engendrer une deuxième voire une troisième génération. Au cours de la saison, les adultes gagnent les champs de soya à partir du stade R4. De septembre à la mi-octobre, les punaises recherchent des sites hivernaux.

DOMMAGES CAUSÉS AU SOYA

La punaise marbrée dispose de pièces buccales de type piqueur-suceur et peut se nourrir de la sève prélevée sur les feuilles de soya, mais elle attaque préférentiellement les graines, que les nymphes de dernier stade et les adultes



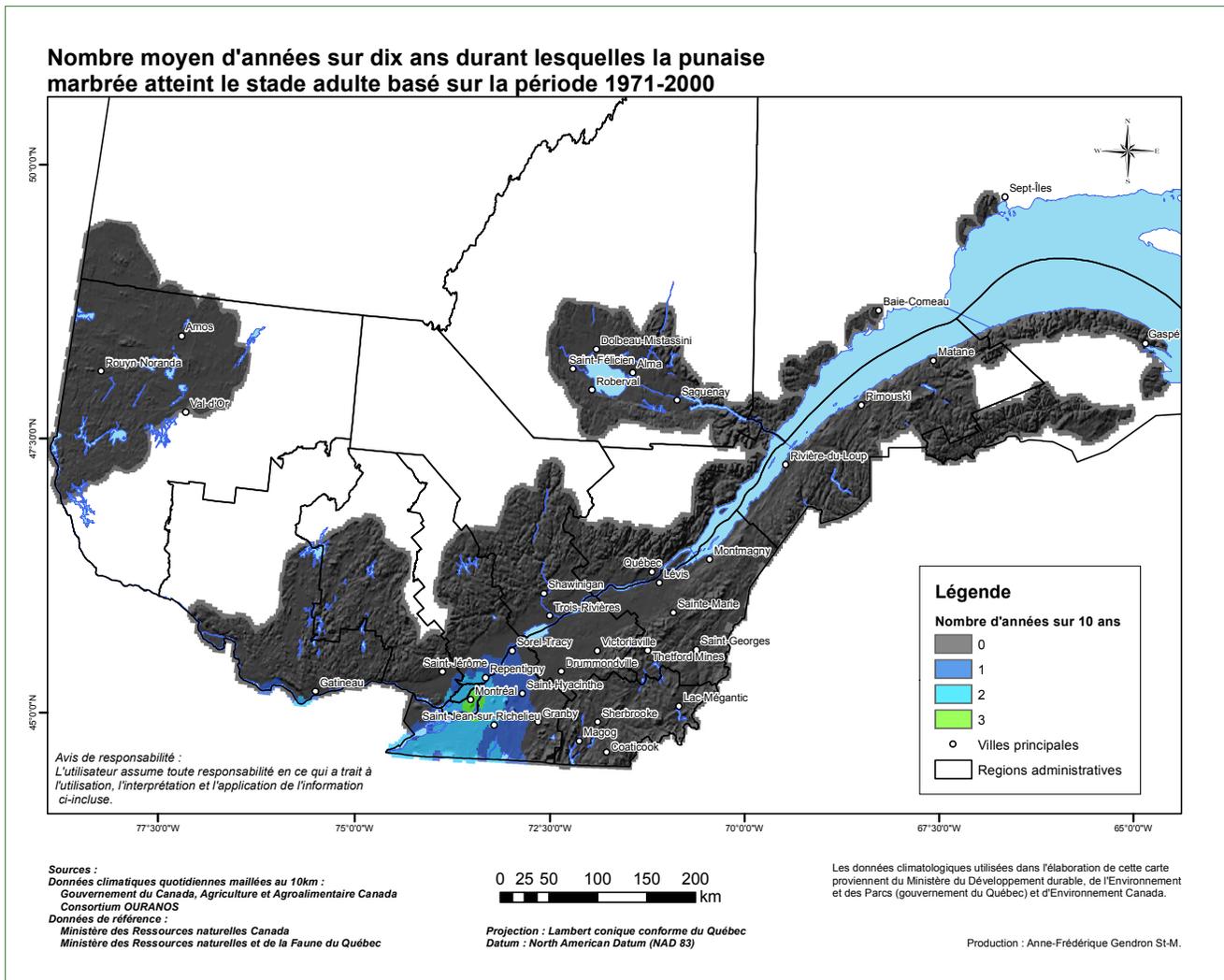
atteignent en perçant les gousses avec leur rostre. Les graines sont alors endommagées et les gousses peuvent être laissées entièrement vides. Elle est considérée comme un ravageur majeur en Asie. Des pertes de rendement supérieures à 50 % ont été enregistrées en Pennsylvanie suite aux infestations de la punaise marbrée. Elle retarde significativement le cycle de développement du soya.

AIRE DE RÉPARTITION ACTUELLE

Originaire d'Asie (Corée, Japon, Chine, Taiwan), la punaise marbrée a été introduite accidentellement en Europe (Suisse, 2008), Océanie (Nouvelle-Zélande, 2010) et États-Unis (Pennsylvanie, 1996) et connaît depuis une expansion rapide. En Amérique du Nord, son aire de répartition s'étend aujourd'hui sur 40 états des États-Unis et en Ontario.

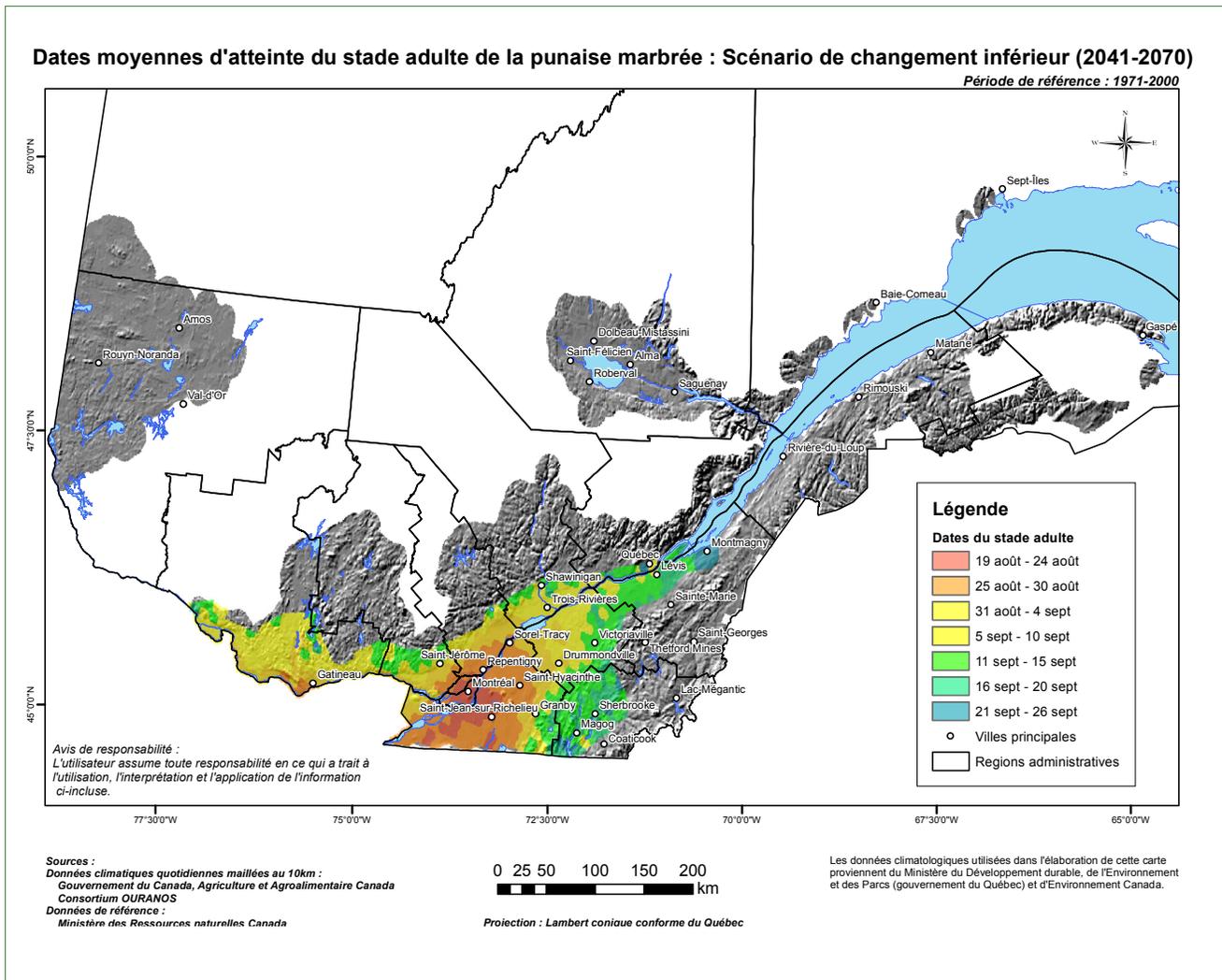
CARACTÉRISTIQUES THERMIQUES

La punaise marbrée requiert une température minimum de 14,2 °C, une température maximum de 35,8 °C et un cumul de 537,7 degrés-jours pour compléter son développement. Cette espèce survit à l'hiver sous forme adulte en se réfugiant dans la litière présente dans les champs et vergers ou bien dans les bâtiments.



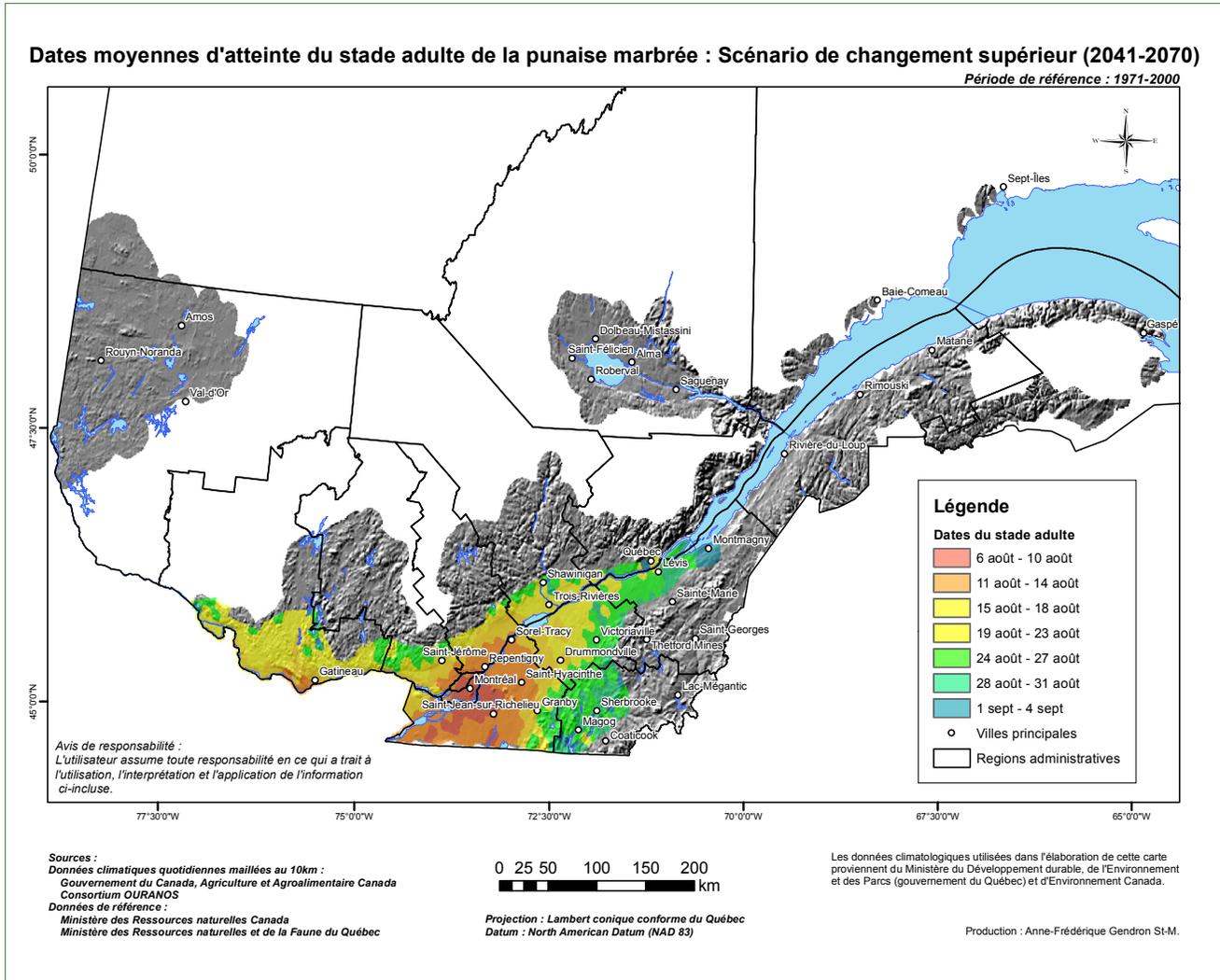
PASSÉ RÉCENT

En considérant les besoins thermiques de la punaise marbrée, il apparaît que cette espèce ne rencontrait pas les conditions nécessaires lors des dernières décennies pour compléter son cycle au Québec. En effet, le stade adulte qui survit à l'hiver n'est atteint qu'une à trois années sur dix, l'espèce ne pouvait donc pas s'établir dans la province.



PRÉDICTIONS DES DATES MOYENNES D'ATTEINTE DU STADE ADULTE DE LA PUNAISE MARBRÉE

À l'horizon 2041-2070, la punaise marbrée sera capable d'atteindre le stade adulte avant l'arrivée des premiers gels du sud de la province jusqu'aux environs de Québec, quel que soit le scénario de changements climatiques utilisé. L'espèce devrait donc être capable de s'établir définitivement dans ces secteurs mais ne devrait pas pouvoir s'établir plus au nord.



PUNAISE VERTE OU PONCTUÉE

Nezara viridula

« Southern green stink bug »

CARACTÉRISTIQUES ET DÉTECTION

La punaise verte (Hemiptera: Pentatomidae) est une espèce généraliste qui s'attaque à plus de 30 familles de plantes dont le soya, le maïs, le riz et plusieurs espèces de haricots (*Vigna sp.*) et de fruits (framboises, tomates, pêches...). Les œufs sont pondus côte-à-côte sur la surface inférieure des feuilles en amas de 30 à 120 œufs. On compte cinq stades nymphaux (photo 1). Rouges ou jaunes au premier stade (photo a), les nymphes s'assombrissent au stade 2 (photo b) puis leur corps se couvrent de taches claires ou rouges au stade 3 (photos c et d) avant de prendre une teinte verte jaunâtre au stade 4 et 5 (photos e et f). Les adultes (photo 2) ont la forme typique en bouclier des punaises *Pentatomidae*, mesurent de 12 à 16 mm de long, ont l'ensemble du corps vert et se caractérisent par trois à cinq points blancs sur le thorax.

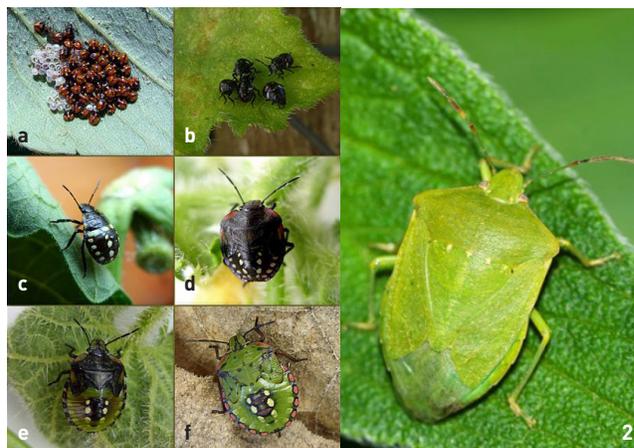
La méthode de détection recommandée consiste à placer un tissu sous des plants de soya pris aléatoirement dans les champs et à secouer ceux-ci vigoureusement pour en faire tomber les punaises et les compter.

CYCLE DE VIE

Dans les régions chaudes, la punaise verte reste active et se reproduit presque toute l'année, complétant jusqu'à quatre générations par an. Sous les latitudes tempérées, la punaise verte passe l'hiver sous forme adulte. À l'arrivée du printemps, les adultes émergent puis commencent à pondre très rapidement. Une à deux générations pourront être produites. En octobre, les punaises recherchent des sites hivernaux dans la litière ou sous l'écorce des arbres.

DOMMAGES CAUSÉS AU SOYA

La punaise verte attaque les gousses de soya de stades R5 et R6. Grâce à son rostre, elle ponctionne les éléments nutritifs contenus dans les graines, laissant parfois les gousses entièrement vides. Très problématique dans les régions tropicales et subtropicales, des pertes de rendement élevées lui ont été attribuées en Floride, Géorgie et Caroline du Nord. Les pertes économiques annuelles



associées à cette espèce étaient estimées à 13 millions de dollars en 1995 dans l'état de la Géorgie.

AIRE DE RÉPARTITION ACTUELLE

Vraisemblablement originaire d'Afrique, la punaise verte est aujourd'hui présente sur tous les continents. Autrefois limitée aux régions subtropicales et tropicales, l'augmentation des températures lui a permis d'étendre son aire de répartition vers les latitudes tempérées. En Amérique du Nord, l'Ohio constitue actuellement sa limite nord, des individus migrateurs ayant été retrouvés en Ontario en été.

CARACTÉRISTIQUES THERMIQUES

La punaise verte requiert une température minimum de 12,9 °C, et un cumul de 609 degrés-jours pour compléter son développement, la température optimale de développement étant estimée à 25 °C.

PUNAISE DU KUDZU

Megacopta cribraria

« Kudzu bug »

CARACTÉRISTIQUES ET DÉTECTION

La punaise du kudzu (Hemiptera: Plataspidae) est un phytophage généraliste qui s'attaque à de nombreuses espèces de plantes dont le soya, le coton, le riz, les agrumes, et plusieurs espèces de haricots (*Vigna sp.* et *Phaseolus sp.*).

Les œufs sont allongés, rosés et présentent des épines à une extrémité. Ils sont pondus en masse de 30 à 270 œufs. On compte cinq stades nymphaux, les nymphes ayant un aspect velu et une coloration variable. Les adultes (photo 1) ont une forme arrondie et mesurent de 3,5 à 6 mm de long. La coloration du corps varie de brun à vert olive avec de nombreuses punctuations sombres.

Le dépistage de cette espèce peut se faire à l'aide de pièges d'interception ou directement à vue, les individus se regroupant en forte densité sur les plants pour s'accoupler (photo 2).

CYCLE DE VIE

Sous les latitudes tempérées, les punaises du kudzu passent l'hiver sous forme adulte et sortent de diapause fin avril. Elles se regroupent alors en grand nombre sur les plantes pour s'accoupler et commencer à pondre. Deux à trois générations peuvent être complétées par an. En octobre, les nouveaux adultes recherchent des sites hivernaux dans les bâtiments, sous la litière ou l'écorce des arbres.

DOMMAGES CAUSÉS AU SOYA

La punaise du kudzu prélève la sève des plants de soya en perforant la tige et les feuilles. En Asie, des pertes majeures de rendement lui sont attribuées. Bien que présentes en grand nombre dans les champs de soya, elles ne semblent cependant pas responsables de pertes économiques importantes aux États-Unis. Une étude américaine en conditions contrôlées a néanmoins mis en évidence des pertes de rendement proches de 60 % à des densités rencontrées dans les champs de soya géorgiens,



avec une diminution du nombre de graines par gousse et de leur masse. L'espèce est ainsi étroitement surveillée, les risques associées étant élevés.

AIRE DE RÉPARTITION ACTUELLE

Originnaire d'Asie et d'Océanie, la punaise du kudzu serait arrivée aux États-Unis en 2009 dans l'état de Géorgie. En 2012, elle s'était étendue à la Floride, l'Alabama, la Caroline du Sud et du Nord, et la Virginie, qui constitue actuellement sa limite nord.

NÉMATODE À KYSTE DU SOYA

Heterodera glycines

« Soybean cyst nematode »

CARACTÉRISTIQUES ET DÉTECTION

Le nématode à kyste du soya est un endoparasite sédentaire des racines qui cause des dommages importants au soya et aux haricots. Il peut également se développer sur plusieurs autres plantes dont des mauvaises herbes comme les lamiers (*Lamium spp.*), la céraïste vulgaire (*Cerastium fontanum*) ou le tabouret des champs (*Thlaspi arvense*). Les symptômes causés par ce nématode comprennent le rabougrissement, le jaunissement et la perte de vigueur des plants. Les zones affectées d'un champ sont assez délimitées et allongées dans le sens du travail du sol. On peut également noter une diminution de la nodulation et un brunissement des racines. Le seul facteur concluant est cependant l'observation directe de femelles adultes (photo 1) sur les racines. Celles-ci sont d'abord blanches avant de jaunir et de prendre la forme d'un citron de 340 à 900 µm de long. Elles durcissent pour former un kyste brun rempli d'œufs (photo 2) qui se détachera de la racine et qui peut être retrouvé dans le sol. Les mâles et juvéniles de 2^e stade (J2) ont une apparence vermiforme et peuvent également se retrouver dans le sol.

CYCLE DE VIE

Après fécondation, les jeunes nématodes se développent dans l'œuf jusqu'au second stade juvénile (J2). Lorsque les conditions environnementales sont propices les juvéniles (J2) éclosent; autrement ils restent en dormance dans les kystes jusqu'à l'arrivée de conditions favorables. Après l'éclosion, les juvéniles pénètrent les racines, où ils forment des sites d'alimentation spécifiques et atteignent le troisième stade (J3) caractérisé par le début de la différenciation sexuelle. Durant ce stade, la femelle en gonflant, cause la rupture des tissus de la plante, occasionnant des lésions aux racines. Au quatrième stade juvénile (J4), la différenciation sexuelle est complétée et la femelle est alors fécondée par un ou plusieurs mâles et produit le sac gélatineux qui comporte les œufs qui éclore quelques jours plus tard.



DOMMAGES CAUSÉS AU SOYA

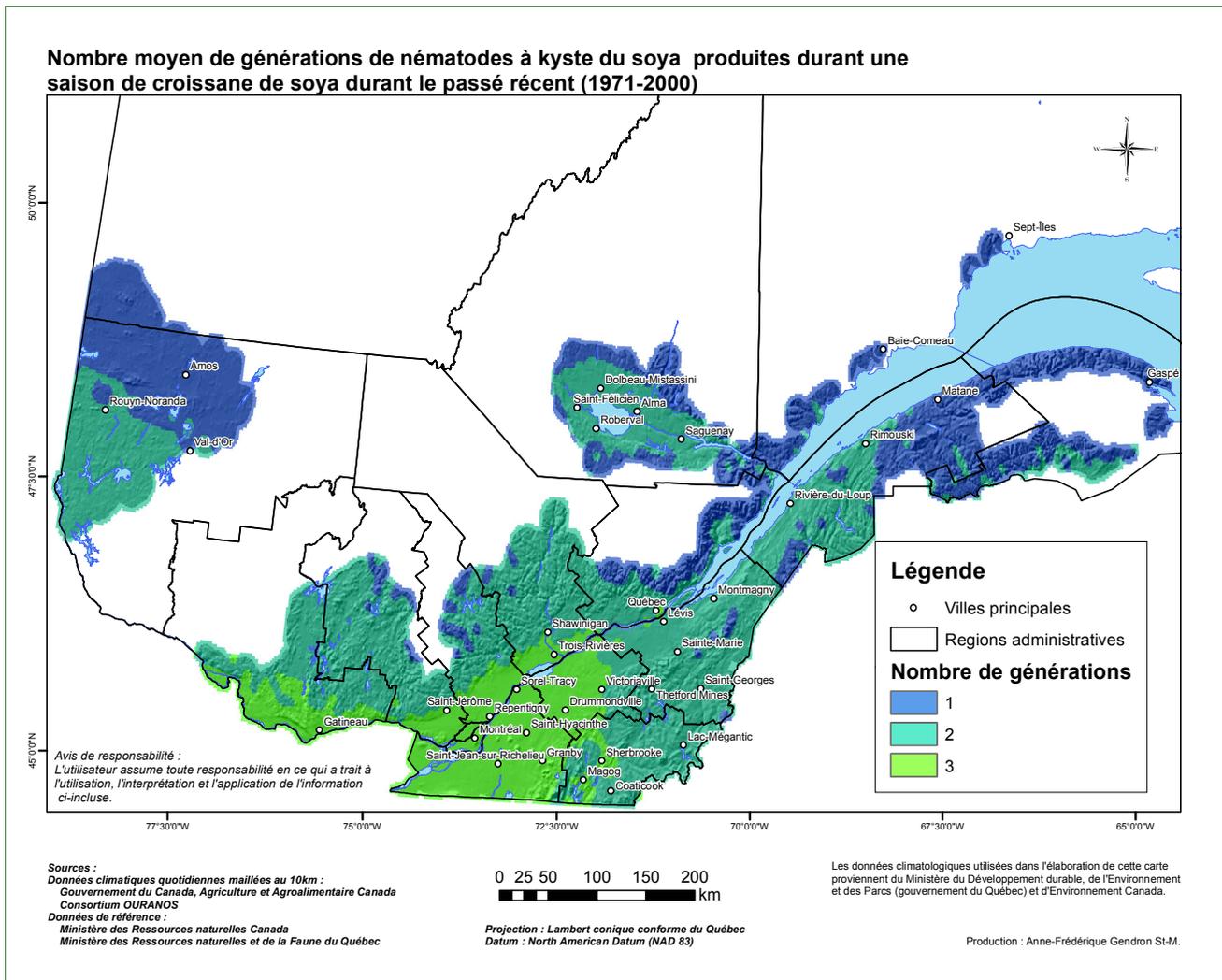
Les sites d'alimentation créés par les nématodes dans les racines favorisent le détournement de l'eau et des nutriments à leur faveur, réduisant ainsi leur acheminement dans les parties supérieures de la plante et la production de gousses. De plus, les femelles provoquent la rupture des tissus racinaires, causant des lésions préjudiciables qui favorisent l'infection des racines par d'autres agents pathogènes. Cette espèce constitue de loin le plus grand ravageur de soya dans la majorité des pays producteurs. À lui seul, le nématode à kyste du soya cause plus de 50 % des dommages observés; les pertes de rendement pouvant atteindre 80 % dans les cas extrêmes. Les pertes économiques estimées aux États-Unis seraient supérieures à 1 milliard de dollars annuellement.

AIRE DE RÉPARTITION ACTUELLE

Le nématode à kyste du soya est originaire d'Asie. Retrouvé pour la première fois en Amérique du Nord en 1954 dans des champs de Caroline du Nord, il s'est depuis étendu à la majorité des états cultivant le soya aux États-Unis. Détecté pour la première fois en Ontario en 1987, des échantillons de 2013 ont révélé sa présence en faible quantité au Québec (Estrie, Lanaudière, Montérégie). L'espèce se retrouve également en Europe, en Afrique et en Amérique du sud.

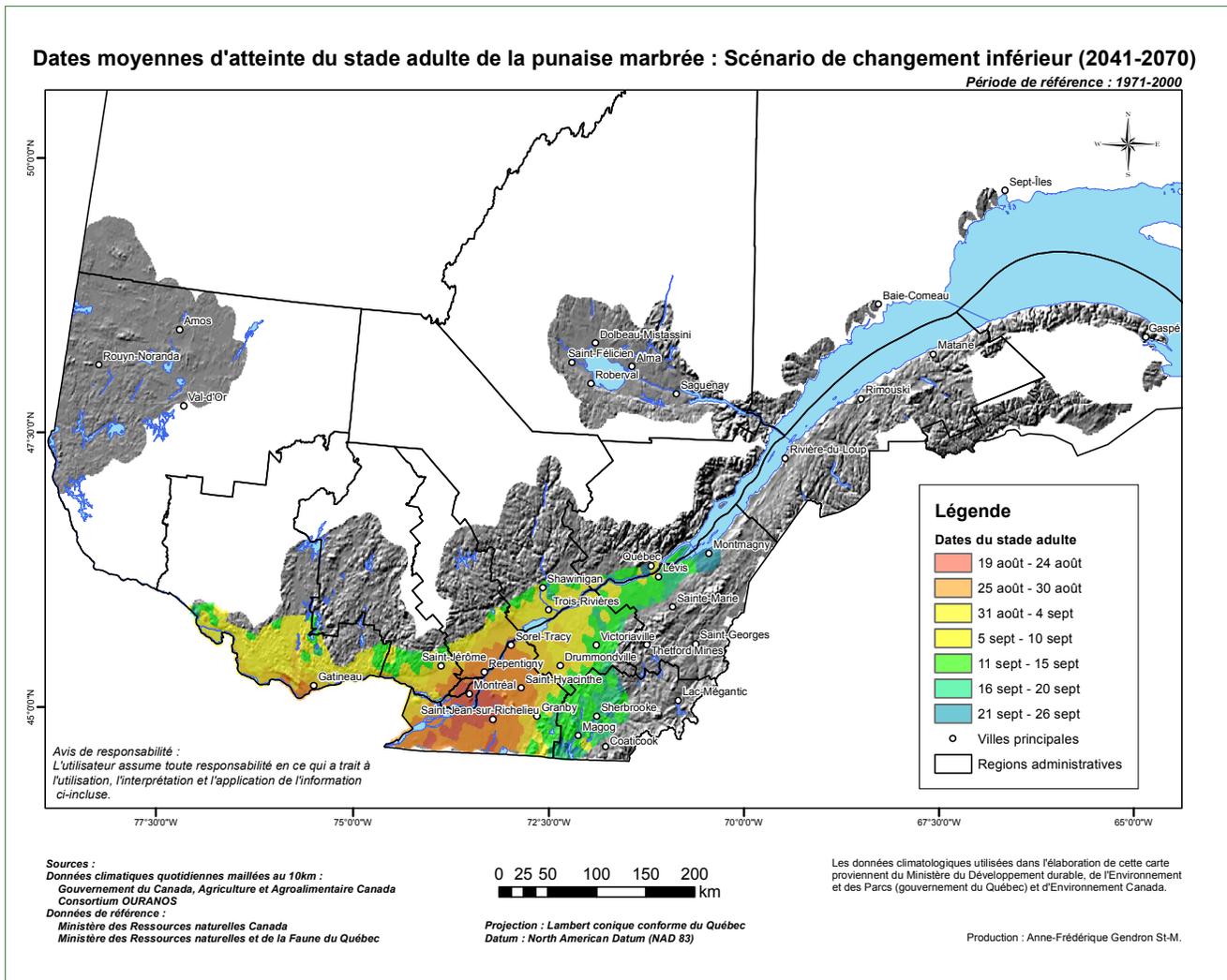
CARACTÉRISTIQUES THERMIQUES

Le nématode à kyste du soya ne peut compléter son cycle en deçà de 16 °C et au-delà de 36 °C, 24 °C représentant la température optimale de développement. Dans les kystes, les juvéniles peuvent survivre plusieurs années, même sous le point de congélation.



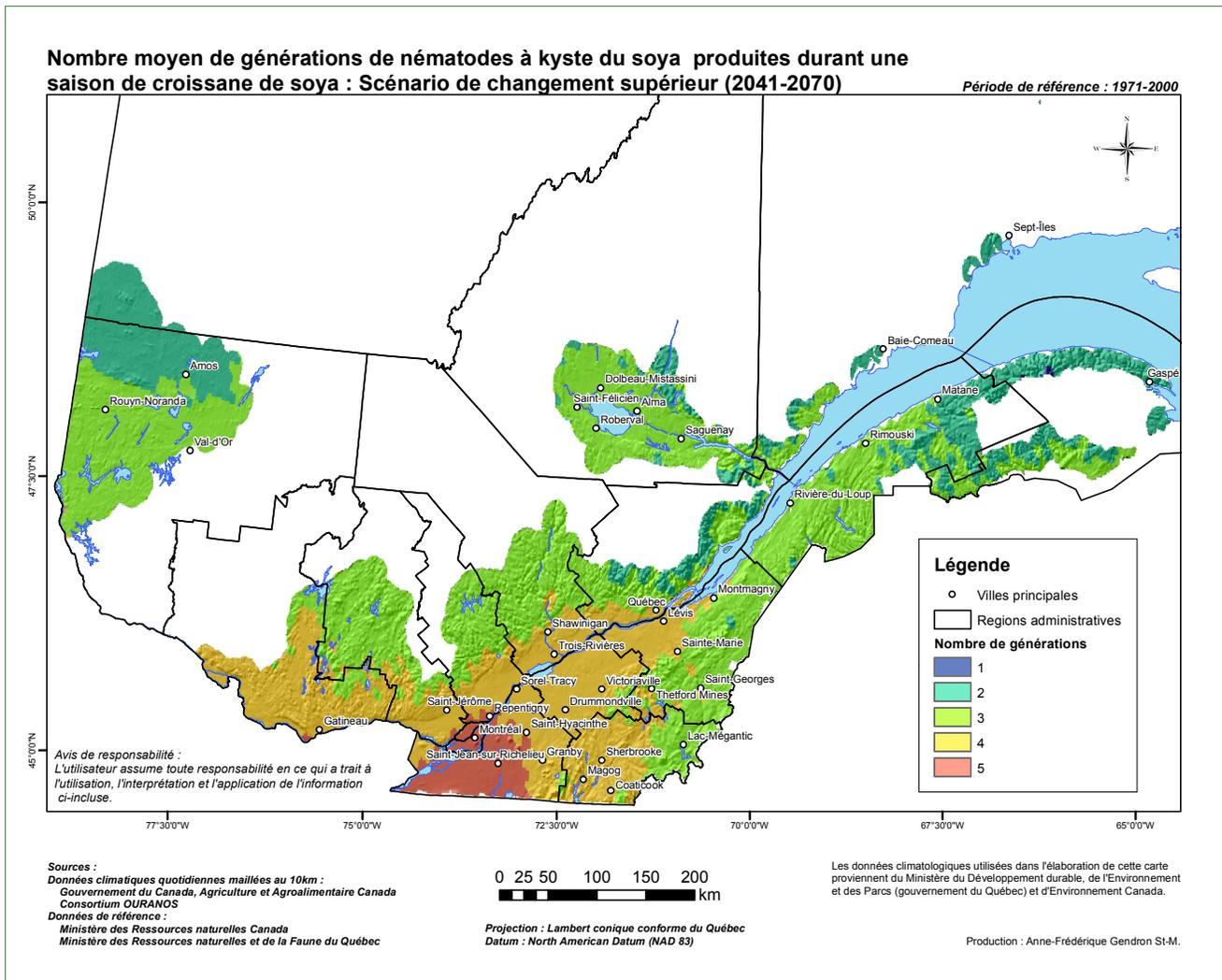
PASSÉ RÉCENT

En considérant les besoins thermiques du nématode à kyste du soya, il apparaît que cette espèce aurait pu s'établir au cours des dernières années sur l'ensemble de la province. Sa présence très sporadique au Québec s'explique probablement par les faibles capacités de dispersion de l'espèce. Sur la majorité du territoire, une à deux générations pourraient être produites alors que trois voire quatre générations pourraient être produites au sud de la province.



PRÉDICTIONS DU NOMBRE DE GÉNÉRATIONS DU NÉMATODE À KYSTE DU SOYA

Le nombre de générations produites par le nématode à kyste du soya, et les dégâts associés, devrait augmenter sur la quasi-totalité du territoire, quel que soit le scénario de changements climatiques pris en compte. Une cinquième génération pourrait faire son apparition dans le sud, alors qu'au moins 3 générations seraient produites sur une grande portion de la province.



NÉMATODE RÉNIFORME

Rotylenchulus reniformis

« Reniform nematode »

CARACTÉRISTIQUES ET DÉTECTION

Le nématode réniforme est un semi-endoparasite sédentaire des racines qui cause des dommages à plus de 314 espèces de plantes dont le soya, le coton, les choux (*Brassica oleracea*), les agrumes, de nombreuses espèces de cucurbitacées et de fruits (mangues, ananas, abricots...).

Les symptômes causés par ce nématode sont non spécifiques et comprennent le rabougrissement et la perte de vigueur des plants, voire une malformation des graines. Le seul facteur concluant reste donc l'observation directe de femelles adultes sur les racines. Celles-ci sont des parasites racinaires et présentent une forme caractéristique en rein. Les mâles et les juvéniles ont une apparence vermiforme et vivent dans le sol.

CYCLE DE VIE

Les œufs de cette espèce sont pondus dans une masse gélatineuse qui contient jusqu'à 200 œufs. Les juvéniles se développent dans le sol puis les jeunes femelles adultes infectent les racines pour s'alimenter. Environ une semaine après l'infection racinaire, la femelle prend sa forme typique en forme de rein. Les jeunes mâles adultes, non-parasites, continuent à vivre dans le sol et fécondent les femelles sur leurs sites d'alimentation. Celles-ci produiront rapidement des descendants.

DOMMAGES CAUSÉS AU SOYA

Le nématode réniforme est un ravageur majeur du coton aux latitudes les plus tempérées. Bien qu'aucune donnée spécifique en champ ne soit disponible, on considère qu'il s'agit également d'un des principaux nématodes ravageurs du soya, les densités relevées pouvant être très élevées aux États-Unis. Les dommages imputables à cette espèce ont entraîné le développement de cultivars résistants.

AIRE DE RÉPARTITION ACTUELLE

Le nématode réniforme est réparti sur l'ensemble des continents. Autrefois limité aux états du sud des États-Unis, on le retrouve dorénavant en Caroline du Nord et en Virginie, où sa présence a été établie en 2002.

CARACTÉRISTIQUES THERMIQUES

Le nématode réniforme peut se développer et se reproduire entre 15 et 34 °C, et aucune infection racinaire n'est détectée à 10 °C. Sa survie hivernale dépend essentiellement de l'humidité du sol.

BEAN POD MOTTLE VIRUS

BPMV « Bean pod mottle »

CARACTÉRISTIQUES ET DÉTECTION

Le BPMV est un virus pathogène de plusieurs espèces de plantes dont le soya et des fabacées dont les haricots (*Phaseolus sp.*). Il est essentiellement véhiculé par un coléoptère, la chrysomèle du haricot *Cerotoma trifurcata*, qui infecte les plantes lorsqu'il s'alimente. La présence du virus se caractérise par l'apparition de marbrures jaunes ou vertes sur la surface des jeunes feuilles de la partie supérieure de la plante. Il est également responsable de l'apparition de taches sombres sur les graines. Dans les cas sévères d'infestation, les feuilles peuvent se tordre. Ce virus peut également être responsable du syndrome de la tige verte. Seule une analyse virologique peut confirmer la présence du BPMV.

DOMMAGES CAUSÉS AU SOYA

Ce virus affecte les feuilles, la tige et les gousses du soya, et a pour effet de retarder ou limiter sa croissance, voire de conduire à la mort du plant en cas d'infection grave. Le BPMV est un agent pathogène majeur du soya aux États-Unis. Son impact dépend de la date d'apparition dans les champs, et des pertes de rendement supérieures à 50 % ont été enregistrées lors d'infections précoces. De plus, ce virus agit en synergie avec le «soybean mosaic virus», les pertes de rendement pouvant alors être plus élevées.

AIRE DE RÉPARTITION ACTUELLE

Le BPMV est présent de façon localisée en Europe, Asie, Afrique. Aux États-Unis, il a été identifié pour la première fois en Arkansas en 1948 et s'est depuis étendu à la quasi-totalité des états producteurs de soya. Au nord-est, le virus est bien présent en Ohio, Illinois et Wisconsin, et a été identifié pour la première fois en Ontario en 2002.

CERCOSPOROSE DU SOYA

Cercospora sojina
« Frogeye leaf spot »

CARACTÉRISTIQUES ET DÉTECTION

Cercospora sojina est un champignon qui s'attaque spécifiquement au soya. Bien que cette espèce puisse se retrouver sur les gousses, les graines et sur la tige, elle affecte particulièrement les feuilles. Les lésions foliaires associées sont circulaires, mesurent de 1 à 5 mm de diamètre, et apparaissent tout d'abord noires avant de s'éclaircir pour devenir grises et brunes cerclées de noir. Ces lésions finissent par se rejoindre en cas d'infection grave, ceci pouvant conduire à la défoliation.



CYCLE DE VIE ET CARACTÉRISTIQUES THERMIQUES

Le champignon survit l'hiver dans les résidus de soya infectés et laissés en champ. Au nord, sa survie dépend de la sévérité de l'hiver. En Ohio, il a été établi que cette espèce ne survit que si la température moyenne hivernale est supérieure à $-4,2$ °C. L'infection est plus rapide lorsque les températures oscillent entre 25 et 30 °C.

DOMMAGES CAUSÉS AU SOYA

Ce champignon est essentiellement responsable d'une défoliation partielle à totale du plant. Aux États-Unis, des pertes de rendement de l'ordre de 20 % ont été enregistrées, celles-ci pouvant atteindre plus de 50 % sur d'autres continents. Au Tennessee, les pertes économiques dues à cette espèce s'élèveraient à près de 20 millions de dollars par an.

AIRE DE RÉPARTITION ACTUELLE

Cercospora sojina a été identifié pour la première fois au Japon en 1915 et s'est depuis étendu à l'ensemble des continents. En Amérique du Nord, il a été retrouvé dès 1924 en Caroline du Sud et s'est rapidement étendu aux états du sud. Depuis le début des années 2000 et suite à l'augmentation des températures, le champignon s'est établi plus au nord, notamment dans le Wisconsin, en Ohio et en Illinois, qui constituent actuellement sa limite nord de survie hivernale.

ROUILLE ASIATIQUE DU SOYA

Phakopsora pachyrhizi

« Asian soybean rust »

CARACTÉRISTIQUES ET DÉTECTION

La rouille asiatique du soya est causée par un champignon parasite qui se développe sur plus de 95 espèces de plantes, dont le soya, les lupins (*Lupinus sp.*) et plusieurs espèces de haricots (*Phaseolus sp.* et *Vigna sp.*). Une infection se traduit essentiellement par des taches foliaires jaunes de 2 à 5 mm de diamètre (photo), qui prennent une teinte brune rougeâtre plus tard dans la saison. Des protubérances, correspondant à la fructification du champignon, peuvent alors être observées au microscope sur ces taches, essentiellement sur la face inférieure des feuilles. Par la suite les taches s'agglomèrent, les feuilles sèchent et une défoliation prématurée peut être observée.

CYCLE DE VIE ET CARACTÉRISTIQUES THERMIQUES

Phakopsora pachyrhizi requiert un hôte vivant pour survivre à l'hiver. Les spores du champignon sont dispersés par le vent lorsque les conditions climatiques le permettent. Ceux-ci vont alors se fixer sur une plante hôte, préférentiellement sur une feuille, puis pénètrent les tissus. Les premiers symptômes visibles apparaissent au bout de 4-5 jours et la libération de spores intervient après 7 à 10 jours, une fructification pouvant libérer des spores durant trois semaines.

DOMMAGES CAUSÉS AU SOYA

Ce champignon est responsable d'une importante défoliation des plants de soya. En Asie, des pertes de rendement de 50 à 80 % ont été rapportées dans des champs de soya infectés par *P. pachyrhizi*. Depuis son arrivée récente aux États-Unis, aucune perte majeure n'a été observée mais des travaux de modélisation prédisent que les pertes de rendement devraient rapidement s'élever à 10 % sur l'ensemble des états touchés, avec des pertes pouvant atteindre 50 % dans certains états.

AIRE DE RÉPARTITION ACTUELLE

Phakopsora pachyrhizi a été identifié pour la première fois au Japon en 1902. Au cours des années 1990,



la maladie a été observée en Afrique et en Amérique du Sud. En Amérique du nord, elle a été découverte en 2004 en Louisiane puis a été observée très rapidement dans une dizaine d'états. La nécessité d'un hôte vivant en hiver explique que jusqu'à présent, cette espèce ne survive de façon permanente qu'en Floride et en Louisiane. Néanmoins, l'hiver doux observé en 2005-2006 en Géorgie a permis une survie hivernale dans cet état. Les vents transportent des spores au nord jusqu'en Ontario, où la maladie a été détectée pour la première fois en 2007.

CARACTÉRISTIQUES THERMIQUES

Le champignon peut se développer entre 13 et 26 °C, son optimum étant compris entre 20 et 26 °C. Les précipitations semblent être le principal facteur de germination, un taux d'humidité relative de 75-80 % étant requis.

VER DE L'ÉPI DU MAÏS

Helicoverpa zea

« Cotton or corn bollworm »

CARACTÉRISTIQUES ET DÉTECTION

Le ver de l'épi du maïs (Lepidoptera : Noctuidae) est un ravageur généraliste qui s'alimente sur de nombreuses plantes, dont le soya, le maïs, les choux (*Brassica oleracea*), plusieurs espèces de haricots (*Phaseolus sp.*), le tabac, le coton, les tomates ou les melons. Les œufs, sphériques, sont presque invisibles à l'œil nu. Les larves (photo 1) peuvent atteindre 3,7 cm et se différencient des espèces similaires par des bandes longitudinales et une tête couleur ocre. L'adulte (photo 2) est de couleur ocre ou chamois et son envergure atteint 3,5 à 4 cm. Les ailes antérieures, qui peuvent être ponctuées, présentent toujours en plein centre un point brun clairement visible du dessous de l'aile et qu'on devine du dessus.

Des pièges à phéromone sont généralement utilisés pour détecter les adultes et, lorsque la présence de l'espèce est avérée, le dépistage des œufs peut permettre d'estimer les risques pour les cultures.

CYCLE DE VIE

Cette espèce passe l'hiver dans le sol sous forme de pupes. À l'arrivée du printemps, les adultes émergent, s'accouplent, puis peuvent migrer sur de longues distances pour trouver des sites propices, où des œufs sont pondus sur les feuilles ou les gousses, selon la période. Sur le soya, les larves émergentes se nourrissent des feuilles si les œufs ont été pondus en début de saison, ou s'attaquent aux gousses si les œufs ont été pondus plus tard dans la saison. Après avoir complété leur cycle larvaire, les chenilles s'enfouissent dans le sol pour former une puppe, qui selon la saison donnera un adulte quelques jours plus tard ou entrera en diapause pour passer l'hiver.

DOMMAGES CAUSÉS AU SOYA

Les larves de cette espèce s'alimentent aussi bien sur les feuilles que sur les gousses, les dégâts les plus importants étant notés durant la période de formation des gousses. Leurs pièces buccales ne leur permettent cependant pas de s'alimenter sur les gousses lorsque celles-ci sont à un



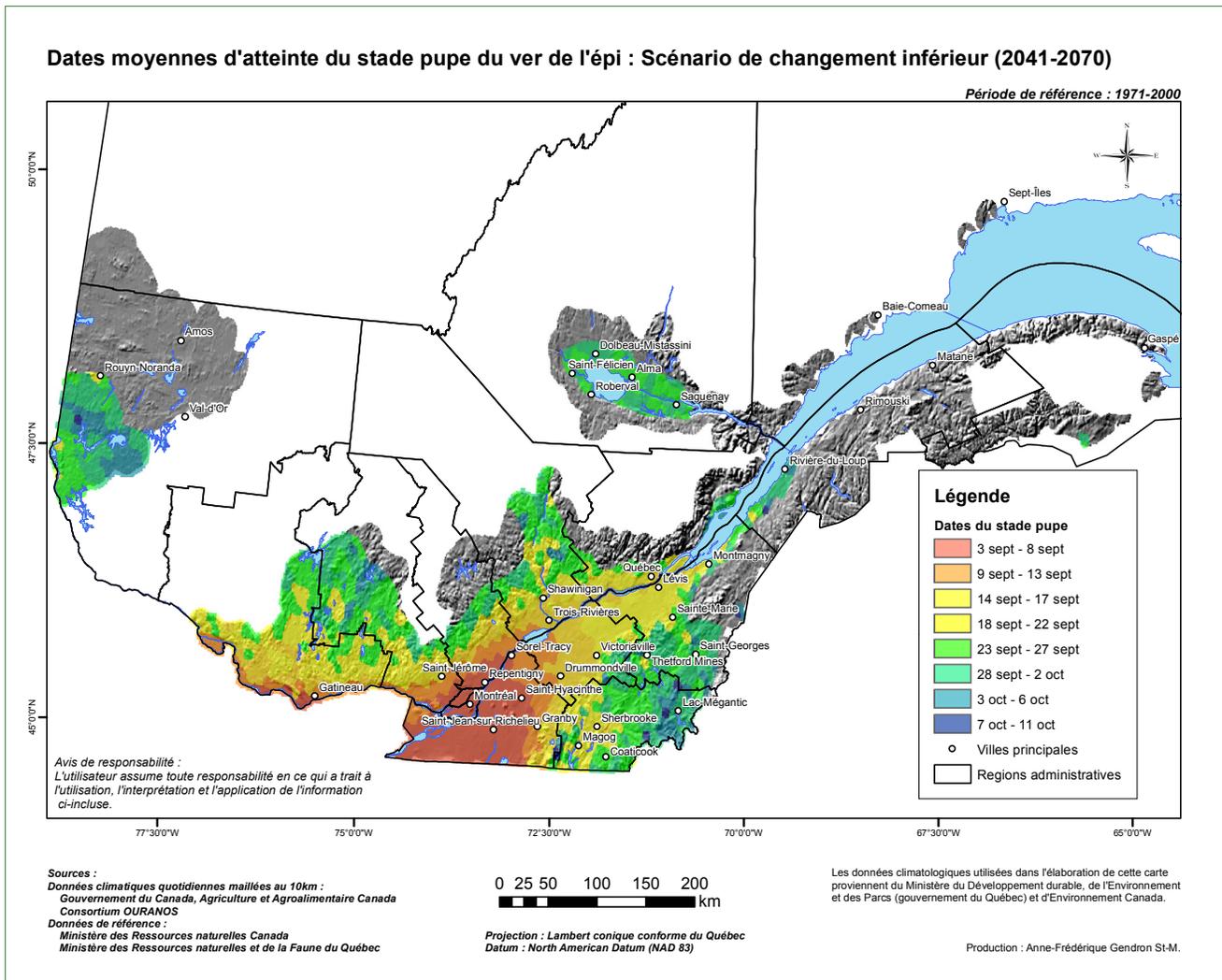
stade avancé. Il s'agit du principal insecte ravageur du soya en Virginie, les coûts de traitements annuels pour cet état étant estimés à 2 millions de dollars en 1992.

AIRE DE RÉPARTITION ACTUELLE

Le ver de l'épi du maïs est largement répandu à travers l'Amérique du sud, l'Amérique centrale et les États-Unis. L'Ohio constitue actuellement la limite nord, la survie hivernale dans cet état dépendant de la sévérité de l'hiver. Des adultes arrivent au Québec au cours du mois d'août lors de la migration estivale mais l'espèce ne peut s'y implanter faute de températures adéquates.

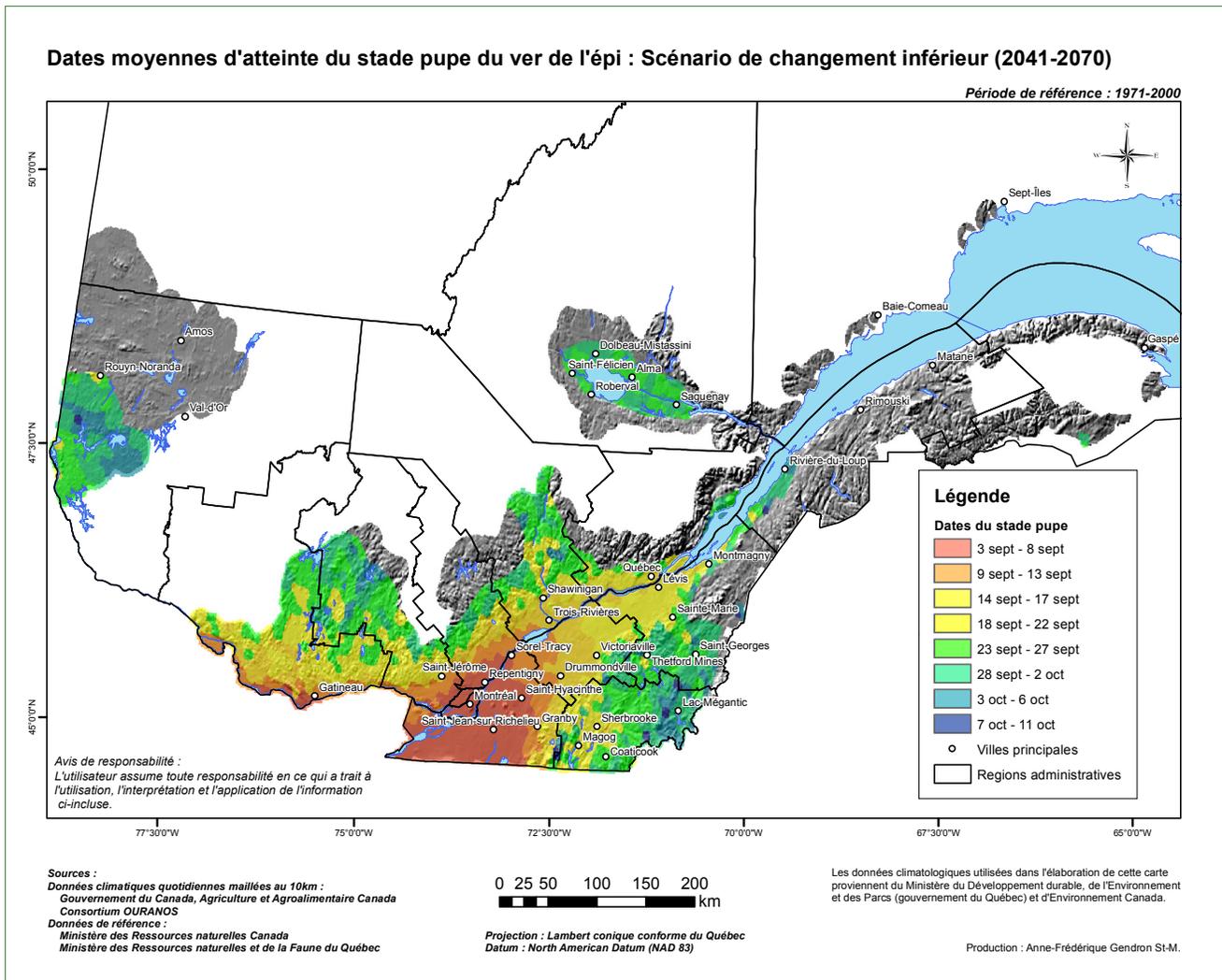
CARACTÉRISTIQUES THERMIQUES

Le ver de l'épi du maïs requiert une température minimum de 12 °C, une température maximum de 33 °C et un cumul de 430 degrés-jours environ pour compléter son développement. Cette espèce survit à l'hiver enfouie dans le sol, les pupes ne pouvant survivre plus de quelques jours en dessous de -5 °C.



PASSÉ RÉCENT

En considérant les besoins thermiques du ver de l'épi, il apparaît que cette espèce ne rencontrait pas les conditions nécessaires lors des dernières décennies pour compléter son cycle. En effet, le stade pupé qui survit à l'hiver n'est jamais atteint plus de sept années sur dix en considérant une arrivée des adultes depuis le sud à partir du 1^{er} août. L'espèce ne pouvait donc pas s'établir au Québec.

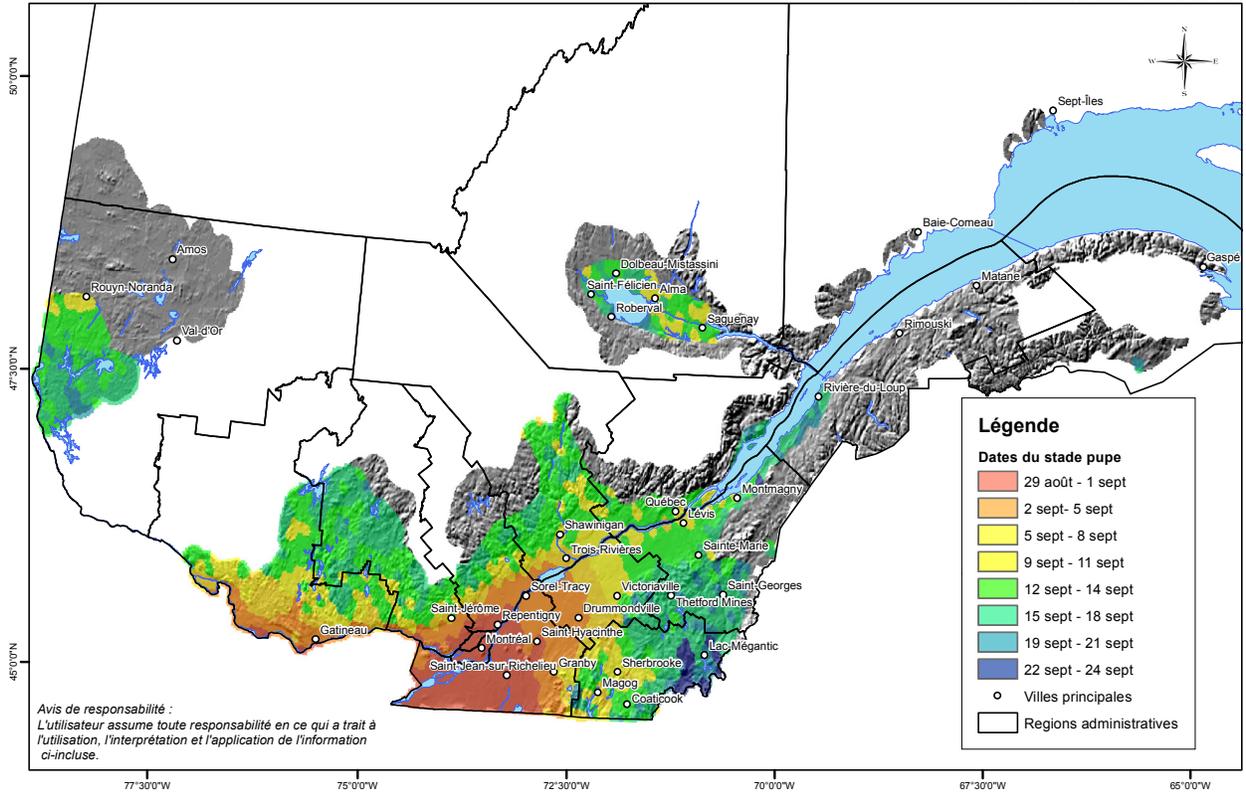


PRÉDICTIONS DES DATES MOYENNES D'ATTEINTE DU STADE PUPE DU VER DE L'ÉPI

A l'horizon 2041-2070, le ver de l'épi du maïs sera capable d'atteindre le stade pupe avant l'arrivée des premiers gels au Québec, quelque soit le scénario de changements climatiques considéré. L'espèce devrait donc être capable de s'établir définitivement sur une vaste partie du territoire, atteignant le Saguenay-Lac-St-Jean et l'Abitibi-Témiscamingue.

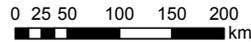
Dates moyennes d'atteinte du stade pupes du ver de l'épi : Scénario de changement supérieur (2041-2070)

Période de référence : 1971-2000



Avis de responsabilité :
L'utilisateur assume toute responsabilité en ce qui a trait à l'utilisation, l'interprétation et l'application de l'information ci-incluse.

Sources :
Données climatiques quotidiennes maillées au 10km :
Gouvernement du Canada, Agriculture et Agroalimentaire Canada
Consortium OURANOS
Données de référence :
Ministère des Ressources naturelles Canada
Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec



Projection : Lambert conique conforme du Québec
Datum : North American Datum (NAD 83)

Les données climatiques utilisées dans l'élaboration de cette carte proviennent du Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (gouvernement du Québec) et d'Environnement Canada.

Production : Anne-Frédérique Gendron S.T.M.

ARPENTEUSE DU SOYA

Chrysodeixis includens

« Soybean looper »

CARACTÉRISTIQUES ET DÉTECTION

L'arpenreuse du soya (Lepidoptera : Noctuidae) est un phytophage généraliste qui s'attaque à de nombreuses espèces de plantes dont le soya, le maïs, les choux (*Brassica oleracea*), plusieurs espèces de haricots (*Phaseolus sp.*), le tabac, les carottes ou les tournesols.

La larve (photo 1) est de couleur verte et présente des bandes claires longilignes de chaque côté du corps et sur l'arrière. Elle peut atteindre 35 mm de long et se différencie des espèces similaires par la présence de deux pseudopodes sous l'abdomen. Les adultes (photo 2) présentent une livrée brune avec des marbrures et un éclat doré, deux points argentés étant généralement visibles sur les ailes antérieures.

Un échantillonnage direct des chenilles est préconisé pour confirmer la présence de l'espèce. Une estimation visuelle du pourcentage de défoliation sur des plants pris aléatoirement permettra d'établir la nécessité d'un traitement.

CYCLE DE VIE

L'arpenreuse du soya passe l'hiver sous forme de pupa, généralement accrochée à des débris végétaux. Les adultes émergent au printemps, s'accouplent puis les femelles pondent au cours de leur vie en moyenne 640 œufs, qui sont déposés sur la face supérieure des feuilles. En Caroline du Nord, quatre générations annuelles sont observées. Un pic d'abondance est généralement observé fin août-début septembre. En octobre, les larves tissent un cocon sur la face inférieure des feuilles, passent au stade pupa et entrent en diapause.

DOMMAGES CAUSÉS AU SOYA

Les jeunes larves de l'arpenreuse du soya se nourrissent des parties les plus tendres des feuilles alors que les larves plus âgées en consomment l'intégralité. Lorsque les plantes ont été entièrement défoliées, les larves s'attaquent aux gousses. Il est difficile de quantifier les dommages causés spécifiquement par l'arpenreuse du soya car elle est souvent associée à d'autres espèces de che-



nilles, mais elle est considérée comme le principal défoliateur dans plusieurs états du sud des États-Unis, et les dégâts qui lui sont imputables ont récemment augmenté plus au nord.

AIRE DE RÉPARTITION ACTUELLE

L'arpenreuse du soya est largement répartie en Amérique du sud, en Amérique centrale et aux États-Unis. La limite nord de l'espèce se situe actuellement au sud de l'Ontario et du Québec.

NOCTUELLE VERDOYANTE

Heliiothis virescens

« Tobacco budworm »

CARACTÉRISTIQUES ET DÉTECTION

Heliiothis virescens (Lepidoptera : Noctuidae) est un phytophage généraliste qui s'attaque à de nombreuses espèces de plantes dont le soya, le tabac, le coton et plusieurs espèces de haricots (*Phaseolus sp.*).

Les œufs, sphériques, minuscules, blanchâtres à jaunâtres, sont pondus en groupes sur la face inférieure des feuilles. Le développement larvaire peut compter de cinq à sept stades. Les jeunes larves sont dans un premier temps jaunâtres avec une capsule céphalique brune puis deviennent verdâtres (photo 1) à rougeâtres par la suite, avec des bandes longilignes. Les adultes sont bruns, légèrement teintés de vert, et trois bandes sombres traversent leurs ailes (photo 2).

Des filets fauchoirs et des pièges à phéromone peuvent être utilisés pour capturer les adultes, alors que l'observation directe dans le champ reste la méthode de détection la plus efficace des larves.

CYCLE DE VIE

La noctuelle verdoyante passe l'hiver dans le sol sous forme de pupes. Aux latitudes tropicales, où l'espèce peut survivre, les adultes émergent en mars-avril, et les femelles commencent à pondre leurs quelques 300 à 500 œufs. Après avoir complété leur cycle larvaire, les chenilles s'enfouissent dans le sol pour former une pupes, qui selon la saison donnera un adulte quelques jours plus tard ou entrera en diapause hivernale. Au cours de la saison, les adultes initient de grands mouvements de migration vers les latitudes tempérées, atteignant le nord des États-Unis et le sud du Canada de juillet à septembre. Selon la latitude, quatre à cinq générations peuvent être produites par année.

DOMMAGES CAUSÉS AU SOYA

Heliiothis virescens se nourrit des parties reproductives de plusieurs plantes mais semble plutôt attaquer les feuilles sur le soya. Sa présence conjointe à d'autres défoliateurs explique l'absence de données spécifiques en champs sur les dommages causés par la noctuelle verdoyante, mais



cette espèce fait l'objet d'un contrôle strict dans les états du sud des États-Unis pour le soya. Aux latitudes tempérées, aucune perte substantielle n'a été observée suite à l'arrivée de cette espèce en saison estivale.

AIRE DE RÉPARTITION ACTUELLE

Originaire du continent américain, la noctuelle verdoyante est observable l'été de l'Argentine au Canada. L'espèce ne peut survivre en champ l'hiver que sous des latitudes tropicales et subtropicales (Floride, Texas...), et des cas de survie ont été rapportés en serre à des latitudes tempérées.

CARACTÉRISTIQUES THERMIQUES

La noctuelle verdoyante requiert un minimum de 12,2 °C pour compléter son développement.

CHENILLE DU HARICOT VELU

Anticarsia gemmatalis

« Velvetbean caterpillar »

CARACTÉRISTIQUES ET DÉTECTION

Anticarsia gemmatalis (Lepidoptera : Noctuidae) est une espèce généraliste qui s'attaque à de nombreuses espèces de plantes dont le soya, la luzerne et une grande variété de haricots (*Phaseolus sp.* et *Vigna sp.*). Les œufs sont blancs, ovales, mesurent de 1 à 2 mm de long et sont pondus isolément sur la face inférieure des feuilles. La morphologie des larves est extrêmement variable. La majorité présente des bandes longitudinales noires séparées par des bandes plus claires, alors qu'une plus faible proportion est verte avec des bandes longitudinales claires ou sombres. Mesurant 2,5 mm à l'émergence, la larve va atteindre 48 mm au sixième et dernier stade larvaire. Les adultes sont également très variables, la coloration allant de gris à brun-rouge. Des points sont généralement visibles au bord des ailes et une ligne sombre traverse celles-ci (photo).

Des filets fauchoir et des pièges à phéromone peuvent être utilisés pour capturer des adultes, alors que l'observation directe dans le champs reste la méthode de détection la plus efficace des larves.

CYCLE DE VIE

Anticarsia gemmatalis semble rester présent sur des plantes toute l'année aux latitudes tropicales, ne marquant pas de réelle pause hivernale dans son cycle. Au début de l'été, en Amérique, les adultes entreprennent de grands déplacements et arrivent dans les états du Nord-est au cours des mois de septembre et octobre. Le nombre de générations varie selon la latitude, et atteint quatre à cinq générations aux latitudes tropicales.

DOMMAGES CAUSÉS AU SOYA

Les jeunes larves de la chenille du haricot velu se nourrissent des parties les plus tendres des feuilles alors que les larves plus âgées en consomment l'intégralité. Les feuilles du haut ou du bas du plant sont attaquées en priorité, puis les larves se déplacent vers la partie médiane. Lorsque les plantes ont été entièrement défoliées, les larves s'attaquent aux tiges tendres et aux



jeunes gousses. Principal défoliateur en Floride et dans plusieurs pays d'Amérique centrale, les traitements utilisés coûtent plusieurs millions de dollars chaque année.

AIRE DE RÉPARTITION ACTUELLE

Originaire des latitudes tropicales du continent américain, cette espèce a été identifiée aux États-Unis pour la première fois en Floride en 1903. Elle ne semble pas capable de survivre à l'hiver hors de la Floride et du Texas, mais on observe un nombre croissant d'états qui reçoivent des individus migrants durant l'été. Des adultes arrivent fréquemment jusqu'au Wisconsin, et quelques individus ont été répertoriés en Ontario et au sud du Québec, mais la date d'arrivée est souvent trop tardive pour que l'espèce cause des dégâts au soya à ces latitudes.

CARACTÉRISTIQUES THERMIQUES

La chenille du haricot velu requiert un minimum de 11 °C, un maximum de 32,2 °C et un cumul de 447 degrés-jours pour compléter son développement. Sa survie hivernale requiert la présence d'hôtes vivants.

ALEURODE DU TABAC OU DU COTONNIER

Bemisia Tabaci

« Sweet potato white fly »

CARACTÉRISTIQUES ET DÉTECTION

Bemisia tabaci (Hemiptera : Aleyrodidae) est une espèce généraliste qui s'attaque à plus de 500 plantes, que ce soit des céréales, des plantes potagères ou ornementales. On peut notamment citer le soya, plusieurs espèces de brassicacées, de cucurbitacées, de haricots (*Phaseolus sp.*) et de Poinsettia. Cette espèce est composée de différents biotypes qui se caractérisent par des hôtes différents, le biotype B s'attaquant au soya et à de nombreuses autres espèces.

Les œufs, jaunes, sont microscopiques et les nymphes ont un corps aplati verdâtre mesurant 0,3 mm au premier stade et un corps aplati blanc opaque de 0,6 mm au quatrième stade. Après celui-ci, la nymphe passe au dernier stade nymphal, caractérisé par des yeux rouges. Les adultes mesurent environ 0,9 mm et ont un corps vert recouvert par des ailes « en toit » blanches opaques (photo).

La détection peut être réalisée à l'aide de pièges collants ou par observation directe des adultes sur la face inférieure des feuilles.

CYCLE DE VIE

Après l'accouplement, la femelle pond ses œufs en groupes sur la face inférieure des feuilles. À l'éclosion, la nymphe de premier stade se déplace pour choisir un site d'alimentation qu'elle ne quitte pas durant les stades nymphaux suivants. Elle plante alors ses pièces buccales dans la plante pour se nourrir de la sève et compléter son cycle.

DOMMAGES CAUSÉS AU SOYA

Les nymphes et adultes s'alimentent en prélevant la sève de la plante depuis les feuilles. Si ces prélèvements peuvent affecter la plante, les plus gros problèmes proviennent du fait que de nombreux virus sont transmis lors de l'alimentation. Cette espèce est considérée comme un ravageur majeur du soya. Des infestations au début



des années 90 au Mexique ont ainsi conduit à une chute des surfaces cultivées de 125 000 ha à 420 ha en quatre ans, les traitements étant trop coûteux et inefficaces.

AIRE DE RÉPARTITION ACTUELLE

Vraisemblablement originaire d'Inde, l'aleurode du tabac présente aujourd'hui une répartition mondiale, que ce soit en champs sous les latitudes tropicales ou en serres sous les latitudes tempérées, y compris au Québec. La capacité de cette espèce à s'établir en champs en milieu tempéré depuis les serres est actuellement étudiée.

CARACTÉRISTIQUES THERMIQUES

L'aleurode du tabac requiert un minimum de 13,9 °C pour compléter son développement.

TORDEUSE DU SOYA

Leguminivora glycinivorella

« Soybean pod borer »

CARACTÉRISTIQUES ET DÉTECTION

Leguminivora glycinivorella (Lepidoptera : Tortricidae) est un phytophage qui s'alimente essentiellement sur le soya mais également sur plusieurs espèces de haricots (*Phaseolus sp.*), de lupins (*Lupinus spp.*) et sur le kudzu (*Pueraria lobata*).

Cinq stades larvaires ont été décrits chez cette espèce, au cours desquels la larve passe d'une coloration orange-jaune au premier stade à une coloration blanche ou verte au troisième stade pour finalement devenir orange ou rose au dernier stade. Les adultes ont une envergure de 13 à 17 mm et ont une coloration brune avec des stries noires présentes sur les ailes .

Des pièges à phéromone ont récemment été développés pour capturer les adultes. La présence de gousses vides ou de graines partiellement consommées peuvent également être un bon indicateur de la présence du ravageur.

CYCLE DE VIE

Au nord du Japon, une seule génération par année est observée. Les adultes émergent fin juillet-début août, s'accouplent, puis les femelles pondent sur les jeunes gousses. Suite à l'éclosion des oeufs, les larves entrent dans la gousse et consomment les graines immatures. Fin octobre, les larves quittent les gousses puis s'enterrent dans le sol où elles forment un cocon pour passer l'hiver. La pupaison a lieu l'année suivante au début du mois de juillet. Plus au sud, une deuxième génération peut être produite.

DOMMAGES CAUSÉS AU SOYA

La tordeuse du soya se nourrit des graines immatures de soya. Elle est considérée comme le principal insecte ravageur du soya au nord-est de l'Asie, avec le puceron du soya, *Aphis glycines*. En champ, des diminutions de 10 à 20 % des graines produites sont observées, voire plus de 40 % dans le cas d'infestations graves.

AIRE DE RÉPARTITION ACTUELLE

Cette espèce est actuellement limitée au Japon, à la Corée, la Chine, et l'est de la Russie.

CARACTÉRISTIQUES THERMIQUES

Une fois son cocon formé, la tordeuse du soya peut aisément survivre à des températures négatives. Une étude menée sur une population japonaise a révélé que les larves peuvent survivre plus de trois mois à -10 °C.

RIPTORTUS CLAVATUS

« Bean bug »

CARACTÉRISTIQUES ET DÉTECTION

Riptortus clavatus (Heteroptera : Alydidae) est une espèce généraliste qui s'attaque à plusieurs espèces de plantes cultivées, dont le soya, le riz, et des haricots des genres *Phaseolus sp.* et *Vigna sp.*

Les larves sont noires et ressemblent à des fourmis, si ce n'est qu'elles possèdent un rostre typique. Les adultes mesurent de 14 à 17 mm, présentent une coloration variable, de brun sombre à brun rougeâtre et sont caractérisés par des pattes arrières de grande taille.

La présence de graines de taille réduite et ponctuéés peut révéler la présence du ravageur, mais l'observation directe d'adultes reste la méthode de détection la plus efficace. Des pièges à phéromone ont récemment été développés pour dépister les adultes.

CYCLE DE VIE

Riptortus clavatus passe l'hiver sous forme adulte. Ceux-ci sortent de diapause au cours du printemps et les premiers oeufs sont pondus fin juin-début juillet aux latitudes les plus nordiques au Japon. Au centre du Japon, deux générations sont produites par an, alors que trois générations sont observées au sud. Les adultes nouvellement produits entrent en diapause en septembre.

DOMMAGES CAUSÉS AU SOYA

Riptortus clavatus se nourrit préférentiellement des graines de soya, qu'il atteint avec son rostre à travers la gousse. Les graines endommagées peuvent alors devenir stériles. Il s'agit d'un des principaux ravageurs dans certaines préfectures du Japon. Des observations ont révélé que plus de 25 % des graines deviennent stériles après une sévère infestation de cette espèce.



AIRE DE RÉPARTITION ACTUELLE

Cette espèce est actuellement limitée au Japon, à la Corée, et à Taiwan.

CARACTÉRISTIQUES THERMIQUES

Riptortus clavatus requiert une température minimale de 13,3 °C et un cumul de 326,8 degrés-jours pour compléter son développement.

PYRALE DU HARICOT

Etiella zinckenella

« Lima bean pod borer »

CARACTÉRISTIQUES ET DÉTECTION

Etiella zinckenella (Lepidoptera : Pyralidae) est un phytophage qui s'attaque à plus de 80 espèces de plantes dont le soya, des lupins (*Lupinus sp.*), et des haricots des genres *Phaseolus sp.* et *Vigna sp.*

Les œufs, blancs et elliptiques, sont pondus sur les gousses. Les larves mesurent lors des derniers stades 15 à 22 mm et ont une coloration variable, allant de vert grisé à rougeâtre (photo 1). Les adultes sont bruns, ont une envergure de 22 à 26 mm et leurs ailes sont traversées par une bande claire (photo 2).

Lors de l'entrée dans la gousse, les larves laissent une marque visible qui trahit la présence de l'espèce. Des pièges à phéromone existent pour dépister les adultes.

CYCLE DE VIE

La pyrale du haricot passe l'hiver sous forme de larve, protégée dans un cocon. La pupaison a lieu au printemps et les adultes émergent en mai-juin. Ceux-ci peuvent alors entreprendre des vols sur de très longues distances. Les femelles pondent les oeufs sur les gousses que les larves perforent à l'émergence pour se nourrir des graines. À l'automne, les larves s'enterrent dans le sol pour passer l'hiver. Selon la latitude, deux à quatre générations sont produites par année.

DOMMAGES CAUSÉS AU SOYA

La pyrale du haricot se nourrit des graines qu'elle consomme partiellement ou totalement. En Asie, les dégâts sur le soya sont majeurs. Jusqu'à 80 % des gousses peuvent être touchées, et des pertes de rendement de 40 % ont été décrites. Cependant, en Amérique du nord, l'espèce ne semble pas s'attaquer au soya et cause plutôt de lourds dommages dans les champs de haricots (*Phaseolus vulgaris*).



AIRE DE RÉPARTITION ACTUELLE

Etiella zinckenella est présent sur l'ensemble du globe, l'espèce ayant été accidentellement introduite en Amérique, où on la retrouve l'été de l'Argentine au Canada. L'espèce a fait l'objet de mentions au Manitoba, en Saskatchewan et en Colombie Britannique.