

Direction des bibliothèques

AVIS

Ce document a été numérisé par la Division de la gestion des documents et des archives de l'Université de Montréal.

L'auteur a autorisé l'Université de Montréal à reproduire et diffuser, en totalité ou en partie, par quelque moyen que ce soit et sur quelque support que ce soit, et exclusivement à des fins non lucratives d'enseignement et de recherche, des copies de ce mémoire ou de cette thèse.

L'auteur et les coauteurs le cas échéant conservent la propriété du droit d'auteur et des droits moraux qui protègent ce document. Ni la thèse ou le mémoire, ni des extraits substantiels de ce document, ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans l'autorisation de l'auteur.

Afin de se conformer à la Loi canadienne sur la protection des renseignements personnels, quelques formulaires secondaires, coordonnées ou signatures intégrées au texte ont pu être enlevés de ce document. Bien que cela ait pu affecter la pagination, il n'y a aucun contenu manquant.

NOTICE

This document was digitized by the Records Management & Archives Division of Université de Montréal.

The author of this thesis or dissertation has granted a nonexclusive license allowing Université de Montréal to reproduce and publish the document, in part or in whole, and in any format, solely for noncommercial educational and research purposes.

The author and co-authors if applicable retain copyright ownership and moral rights in this document. Neither the whole thesis or dissertation, nor substantial extracts from it, may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

In compliance with the Canadian Privacy Act some supporting forms, contact information or signatures may have been removed from the document. While this may affect the document page count, it does not represent any loss of content from the document.

Université de Montréal

Potentiel d'infestation des populations sauvages de lis indigènes (*Lilium canadense* et *L. philadelphicum*) par le criocère du lis (*Lilioceris lili*)

Par
Anne-Marie Bouchard

Département de sciences biologiques
Faculté des arts et des sciences

Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures
En vue de l'obtention du grade de maître ès (M.Sc.)
En sciences biologiques

Décembre, 2008

© Anne-Marie Bouchard, 2008



Université de Montréal
Faculté des études supérieures

Ce mémoire intitulé :
Potentiel d'infestation des populations sauvages de lis indigènes (*Lilium canadense* et *L. philadelphicum*) par le criocère du lis (*Lilioceris lili*)

Présenté par :
Anne-Marie Bouchard

a été évalué par un jury composé des personnes suivantes :
Luc Brouillet (président rapporteur)
Jacques Brodeur (directeur)
Jeremy N. McNeil (co-directeur)
Stéphanie Pellerin (membre du jury)

Résumé

Le criocère du lis (*Lilioceris lili*), un coléoptère eurasiatique, a été accidentellement introduit en Amérique du Nord au milieu des années 1940. Depuis lors l'insecte a été essentiellement observé sur les lis asiatiques (*Lilium sp.*) des jardins urbains. Lors de cette étude, nous avons évalué la menace que le criocère du lis représente pour les populations sauvages de lis indigènes au Québec et en Ontario.

Un premier objectif visait à comparer au laboratoire la capacité de *L. lili* à se développer sur des espèces de lis indigènes (*Lilium canadense* et *L. philadelphicum*) et asiatiques (*L. vivaldi* et *L. delight*). Un deuxième objectif était de caractériser la présence et l'abondance du criocère du lis dans les populations sauvages de lis indigènes en déterminant des facteurs environnementaux corrélés à la présence de l'insecte. Ainsi, 20 populations de *L. canadense* et 13 de *L. philadelphicum* ont été échantillonnées au Québec et en Ontario.

Les résultats ont montré que les deux espèces de lis indigènes sont convenables pour le développement du criocère du lis ; *L. philadelphicum* présentant le plus haut taux de survie de l'insecte jusqu'au stade adulte. Nous avons également constaté l'infestation de 40% des populations du *L. canadense* en milieu sauvage par le criocère tandis qu'aucune population du *L. philadelphicum* n'était attaquée par l'insecte. Nous concluons que le criocère du lis représente une réelle menace pour certains lis indigènes en milieu naturel. Par contre, aucun facteur environnemental à l'étude n'a pu être relié à la présence ou à l'abondance de l'insecte parmi les populations sauvages de lis indigènes.

Mots clés : criocère du lis, *Lilioceris lili*, *Lilium canadense*, *Lilium philadelphicum*, insecte exotique, insecte envahissant

Abstract

The lily leaf beetle (*Lilioceris lili*), an Eurasian Coleoptera, has been accidentally introduced in North America in the mid forties. Since then this insect has mainly been observed on asiatic lilies (*Lilium* sp.) in urban gardens. In this study, we assessed the threat that lily leaf beetle may represent for wild populations of indigenous lilies in Québec and Ontario.

The first objective was to compare, under laboratory conditions, the capacity of the lily leaf beetle to develop on indigenous (*Lilium canadense* and *L. philadelphicum*) and asiatic (*L. vivaldi* and *L. delight*) lilies. The second objective was to characterize the presence and abundance of the lily leaf beetle and to identify certain environmental factors correlated with the presence of the insect on wild populations of indigenous lilies. Thus, twenty wild populations of *L. canadense* and thirteen of *L. philadelphicum* were sampled through Québec and Ontario.

The results showed that both species of indigenous lilies are suitable for lily leaf beetle development. However, the survival rate of the insect (from larva to adult) was higher on *L. philadelphicum*. We also noticed a 40% infestation rate on wild *L. canadense* populations by the lily leaf beetle. None of the *L. philadelphicum* populations was attacked by *L. lili*. We conclude that lily leaf beetle represent a real threat to some indigenous lilies in natural areas. However, none of the environmental parameters in this study could be related to the presence or abundance of the lily leaf beetle on wild populations of indigenous lilies.

Keywords : lily leaf beetle, *Lilioceris lili*, *Lilium canadense*, *Lilium philadelphicum*, exotic insect, invasive insect

Table des matières

Résumé.....	iii
Abstract.....	iv
Table des matières.....	v
Liste des tableaux.....	vi
Liste des figures.....	vii
Liste des abréviations et sigles.....	viii
Remerciements.....	x
Avant-propos.....	xi
Introduction générale.....	1
<i>Espèces exotiques envahissantes</i>	1
<i>Espèces exotiques envahissantes vs biodiversité indigène</i>	2
<i>Insectes exotiques envahissants</i>	2
<i>Le criocère du lis</i>	4
<i>Répartition mondiale</i>	5
<i>Cycle biologique</i>	5
<i>Ennemis naturels et moyens de défense</i>	7
<i>Espèces hôtes en Amérique du Nord et défoliation</i>	9
<i>Lilium canadense et Lilium philadelphicum</i>	9
<i>Objectifs de l'étude</i>	11
INVASION OF AMERICAN NATIVE LILY POPULATIONS BY AN ALIEN	
BEETLE.....	13
Introduction.....	15
Materials and Methods.....	17
<i>Insect and host plants</i>	17
<i>Host-plant suitability</i>	18
<i>Wild lilies susceptibility</i>	20
<i>Statistical analysis</i>	22
Results.....	23
<i>Host-plant suitability</i>	23
<i>Wild lilies susceptibility</i>	26
Discussion.....	29
<i>Wild lilies suitability and susceptibilty</i>	29
<i>Dispersal and impact on native lilies</i>	30
Acknowledgments.....	32
Conclusion générale.....	33
Bibliographie.....	38
ANNEXE.....	xii

Liste des tableaux

Table I. Geographic location, number of experimental plots, and number of <i>Lilium</i> plants per plot ($X \pm SE$) of experimental sites where <i>L. canadense</i> and <i>L. philadelphicum</i> were sampled in Québec (QC) and Ontario (ON) during summer 2006.	21
Table II. Proportion of <i>Lilium canadense</i> plants infested by <i>Lilioceris lili</i> (%), beetle abundance ($X + SE$), and plant defoliation (%) for each site where <i>L. lili</i> was found in Québec and Ontario in 2006.....	28
Tableau III. Feuille type de prise de données lors de l'échantillonnage des populations de lis sauvage ; Exemple pour un quadrat de <i>L. canadense</i>	xvi

Liste des figures

Figure 1. Stades de développement du criocère du lis, <i>Lilioceris lili</i>	7
Figure 2. Exemples d'hyménoptères parasitoïdes du criocère du lis, <i>L. lili</i>	8
Figure 3. Aire de distribution des deux espèces de <i>Lilium</i> indigènes ciblées par l'étude.....	10
Figure 4. Percentages ($X \pm SE$) of (a) larval survivorship, and (b) adult emergence of <i>Lilioceris lili</i> developing on different <i>Lilium</i> species at 24° C, 60-75% RH, and under a 16L:8D photoperiod.	24
Figure 5. Developmental time (days; $X \pm SE$) from egg hatching to adult emergence of male and female <i>Lilioceris lili</i> reared on different <i>Lilium</i> species at 24° C, 60-75% RH, and under a 16L:8D photoperiod.	25
Figure 6. Adult fresh weight (mg; $X \pm SE$) of <i>Lilioceris lili</i> males and females reared on different <i>Lilium</i> species at 24° C, 60-75% RH, and under a 16L:8D photoperiod.	26
Figure 7. Location of the experimental sites where wild populations of <i>Lilium canadense</i> and <i>L. philadelphicum</i> were surveyed in Québec and Ontario in 2006.....	27
Figure 8. Analyse discriminante des 60 quadrats de <i>L. canadense</i> pour y caractériser la présence (+1) ou l'absence (+0) de <i>L. lili</i> selon les paramètres de l'étude.....	xviii

Liste des abréviations et sigles

cm	Centimètre
dd° mm' ss"	Degrés, minutes, secondes
h	Heure
L:D	Light : Dark
m ²	Mètre carré
mg	Milligramme
RH	Relative humidity
°C	Degrés Celsius

**« Quand l'Homme n'aura plus de place pour la
nature, peut-être la nature n'aura plus de
place pour l'Homme. »**

Stefan Edberg

Remerciements

Cette étude a été réalisée grâce au support financier du programme de Chaire de Recherche du Canada.

Je souhaite remercier Jacques Brodeur, mon directeur de recherche, ainsi que Jeremy N. McNeil, mon codirecteur, pour leurs conseils tous plus formateurs les uns que les autres dans l'évolution de mon projet et de mon développement académique.

Je veux également remercier tous ceux qui ont participé de près ou de loin au projet, que ce soit pour brasser des idées ou mettre la main à la pâte. Un grand merci à Josée Doyon, professionnelle de recherche du laboratoire d'entomologie à l'IRBV, pour son efficacité et sa disponibilité. Merci mille fois à Anaïs Renaud, stagiaire d'été, pour ces agréables milliers de kilomètres parcourus à chercher une aiguille dans une botte d'herbe à puce. Merci à Marc Rhains et Stéphane Daigle pour leurs conseils statistiques. Merci aux nombreux botanistes au Québec et en Ontario pour avoir fourni de précieuses informations sur les populations sauvages de lis indigènes.

Je voudrais dire un merci tout spécial à Louise Cloutier pour les discussions, l'appui, et les vitamines nécessaires pour combattre les virus d'hiver.

Enfin, je remercie infiniment mon âme sœur pour avoir toujours cru en moi ainsi que ma famille et mes ami(e)s pour leur support et leur intérêt en m'interpelant souvent avec cette phrase qui résonne encore dans mes oreilles avec amour : « Pis, ta maîtrise? ».

Avant-propos

Mondialement, après la perte d'habitat, les espèces envahissantes constituent la menace la plus importante pour la biodiversité. Au sein des provinces canadiennes, maints efforts ont été déployés ces dernières années afin de déterminer le statut des espèces animales et végétales indigènes et d'assurer leur conservation. Au Québec, le lis du Canada est une espèce désignée vulnérable depuis 2005. Quant au lis de Philadelphie, suite à la disparition croissante de son habitat, une menace certaine plane sur l'espèce sur l'ensemble de son aire de distribution. L'accroissement notable ces dernières années de l'aire de répartition d'une espèce de ravageur exotique, le criocère du lis, a été relevé. Ce projet d'étude a été initié à la suite de ces constatations, afin d'évaluer la menace potentielle de ce ravageur pour les populations des espèces de lis indigènes. Parmi les buts de la biologie de la conservation on retrouve le développement des approches pratiques afin de prévenir l'extinction des populations, voire des espèces, le maintien de la diversité génétique à l'intérieur des espèces ainsi que la protection et restauration des communautés biologiques et de leurs fonctions écosystémiques. C'est ce que nous avons initié comme processus par la mise en œuvre de la présente étude.

Ce mémoire débute par une introduction générale sous la forme d'une revue de littérature sur le système biologique à l'étude, suit un article scientifique qui présente l'essentiel de nos résultats au laboratoire et en milieu naturel. Cet article a été publié dans la revue *Biological Invasions*. Une conclusion générale complète le mémoire. En annexe, nous présentons une partie des résultats non-significatifs sur des facteurs biotiques et abiotiques pouvant influencer la colonisation des populations sauvages de lis par le criocère du lis.

L'ensemble de l'étude a été élaboré avec la participation des co-auteurs de l'article, M. Jeremy N. McNeil et M. Jacques Brodeur. J'ai par la suite réalisé l'ensemble des manipulations en laboratoire, les prises de données sur le terrain ainsi que les analyses statistiques. En tant que premier auteur de l'article, j'ai structuré et rédigé la première version de chacune des parties dudit document. Les co-auteurs ont ensuite complété l'information et révisé l'ensemble de l'article.

Introduction générale

Espèces exotiques envahissantes

Une espèce exotique est une espèce qui s'étend au-delà des limites de son aire de distribution naturelle (Kolar et Lodge, 2001). Cette dernière devient envahissante lorsqu'elle progresse sur le territoire et augmente ses effectifs au dépend des espèces indigènes (Mack et al., 2000). Les étapes nécessaires au succès d'invasion d'une espèce exotique, depuis son introduction jusqu'au point où elle devient envahissante sont : i) l'arrivée de l'espèce dans un nouvel habitat, ii) l'établissement de l'espèce et iii) la dispersion de l'espèce dans de nouveaux habitats (Liebhold et Tobin, 2008; Sakai et al., 2001). Premièrement, l'introduction d'une espèce dans un nouveau milieu peut avoir plusieurs origines. Les activités humaines et animales en sont un bon exemple (Baker, 1986), qu'elles soient volontaires ou accidentelles. De plus, la colonisation européenne, l'horticulture, l'agriculture, le transport accidentel et le contrôle biologique ont été et/ou sont encore la source de plusieurs cas d'introductions d'espèces exotiques (Primack, 2002). Deuxièmement, l'établissement d'une espèce après son arrivée dépend non seulement de sa capacité d'implanter de nouvelles populations mais également de poursuivre une croissance viable et autonome de ces dernières (Sakai et al., 2001). Troisièmement, une excellente adaptation au nouveau milieu peut amorcer une dispersion à plus ou moins grande échelle. Le mode de dispersion varie d'une espèce à une autre et détermine l'impact qu'aura l'envahisseur dans son nouvel environnement. Selon Liebhold et Tobin (2008), il existe deux modes de dispersion, soit la dispersion continue et la dispersion à longue-distance. Ce dernier type, le plus souvent à caractère anthropique via les échanges commerciaux, par exemple, devient un atout pour l'implantation d'une espèce exotique sur un vaste territoire

par rapport à la dispersion continue qui limite la vitesse de diffusion d'une population en croissance dans un nouveau milieu.

Espèces exotiques envahissantes vs biodiversité indigène

L'impact général des espèces envahissantes sur les espèces indigènes, les communautés et les écosystèmes est largement reconnu depuis des décennies (Lodge, 1993; Simberloff et Stiling, 1996). L'altération de la biodiversité engendre une perte significative de diversité biologique et de fonctions des écosystèmes indigènes envahis (Hulme, 2003; Levine, 2008). En outre, l'impact économique majeur des espèces exotiques envahissantes est maintenant évident : les coûts estimés, reliés à ces espèces, varient de millions à des milliards de dollars, annuellement (Pimentel et al., 2000). Il est maintenant prouvé mondialement que l'introduction d'espèces étrangères est due majoritairement aux actions de nature anthropique (Hulme, 2003; Lau, 2008).

L'évaluation des impacts réels et précis découlant de la présence d'espèces exotiques envahissantes sur les communautés indigènes est d'une importance majeure (Schönrogge et Crawley, 2000). En effet, cela permet d'évaluer la réponse évolutive de ces dernières face aux invasions d'organismes étrangers (Lau, 2008). Il est également primordial d'agir afin de prévenir, de contrôler ou même d'éliminer les espèces exotiques qui représentent une menace pour l'intégrité de ces populations indigènes (Primack, 2002).

Insectes exotiques envahissants

En Amérique du Nord, plus de 2000 espèces d'insectes ont été introduits volontairement ou accidentellement depuis les 500 dernières années (Kim et McPherson, 1993), et plusieurs autres les ont précédés dans le passé. Par exemple, l'introduction

accidentelle de la spongieuse (*Lymantria dispar*; Lepidoptera), à la fin des années 1800, de l'Europe vers le continent Nord-Américain, a causé des épisodes répétés de défoliation des ormes et autres feuillus sur de vastes étendues (Brockhoff et al., 2006). Malgré les efforts importants mis en œuvre pour éradiquer cette espèce, son expansion s'est poursuivie à travers le nord-est des États-Unis, en bordure des provinces canadiennes (Liebhold et al., 1995). Aujourd'hui, l'envahissement de la spongieuse et de plusieurs autres espèces est devenu commun, même dans les endroits les plus confinés du globe (Brockhoff et al., 2006). Une autre espèce qui a retenu l'attention due à la menace qu'elle représente aux États-Unis, au Canada et dans plusieurs pays européens pour la santé de la forêt et celle des arbres en milieu urbain est le longicorne asiatique (*Anoplophora glabripennis*) (Nowak et al., 2001). Ce coléoptère ravageur, dont la présence en Amérique du Nord fut enregistrée à la fin des années '90, provoque des dommages visibles, principalement aux érables, tant en milieu forestier qu'en zone urbaine (Cavey et al., 1998).

L'impact écologique des espèces exotiques envahissantes est souvent plus marqué dans l'aire d'introduction que dans l'aire native (Mack et al., 2000). Dans le cas des insectes herbivores, cette différence peut résulter de l'insuffisance des mécanismes de défense de la plante hôte, d'une absence d'ennemis naturels ou d'un manque de compétiteurs dans le nouvel habitat (Strong et al., 1984).

Malgré les impacts négatifs que plusieurs espèces introduites ont sur l'agriculture et la foresterie et le fait que les espèces exotiques envahissantes soient considérées, après la destruction d'habitats, comme la seconde plus grande menace à la biodiversité (Sandlund et al., 1996; Wilcove et al., 1998), peu d'attention a été portée aux effets des insectes exotiques herbivores sur la flore indigène sans valeur commerciale.

Les conséquences écologiques grandissantes du libre échange et du réchauffement climatique ont rendu encore plus critique le besoin d'étudier et de documenter les effets des insectes introduits de façon naturelle ou anthropique, et ce au cœur des écosystèmes naturels.

Le criocère du lis

Le criocère du lis (Lily leaf beetle), *Lilioceris lili* Scopoli (Coleoptera: Chrysomelidae), a officiellement été mentionné pour la première fois en Amérique du Nord sur l'île de Montréal à Westmount en 1945 (Brown, 1946). Par contre, la collection entomologique Ouellet-Robert de l'Université de Montréal renferme un spécimen de criocère du lys (Ste-Anne, VIII-1943) ayant été capturé à Ste-Anne-de-Bellevue en 1943 (LeSage, 1983; A.M. Bouchard, obs. pers.). Il demeure depuis le seul insecte du genre *Lilioceris* en Amérique du Nord et également le plus répandu de ce genre à travers le monde (Gold et al., 2001).

Le criocère du lis se nourrit de lis et de fritillaires (Livingston, 1996; Lu et Casagrande, 2001; Haye et Kenis, 2004). Cet insecte est devenu un ravageur important de plusieurs espèces de lis (exotiques et indigènes) et de fritillaires en Amérique du Nord (Gold et al., 2001; Casagrande et al., 2004; Haye et Kenis, 2004). Ce coléoptère d'origine eurasiatique a probablement été introduit suite à l'importation de lis asiatiques cultivés par l'entremise d'œufs sous le feuillage ou encore d'adultes enfouis dans la terre des pots de plantes importées (LeSage, 1983). *Lilioceris lili* est d'abord demeuré à l'intérieur des limites de l'île de Montréal jusqu'en 1978 mais par la suite il a rapidement colonisé les régions adjacentes (LeSage et Elliot, 2003). Ce phénomène de confinement pendant une si

longue durée est peu habituel et les mécanismes qui ont freiné la dispersion de l'insecte durant cette période sont inconnus.

Le succès du criocère du lis comme espèce envahissante serait principalement dû à trois facteurs: l'importance grandissante du commerce de lis cultivés, l'adaptation de l'insecte aux conditions climatiques de la région pendant la période latente de son expansion sur l'île de Montréal (hypothèse non vérifiée), et l'absence en Amérique du Nord de prédateurs et surtout de parasites qui régulent ses populations sur son continent d'origine (LeSage, 1992; Casagrande et al., 2004). Son aire de répartition actuelle comprend plusieurs provinces canadiennes (Nouvelle-Écosse, Québec, Ontario, Manitoba) et quelques états du nord-est des États-Unis, où il a été observé pour la première fois à Cambridge, Massachusetts, en 1992 (Livingston, 1996; Kenis et al., 2003; Haye et Kenis, 2004).

Répartition mondiale

Sur la base de sa répartition à travers le continent eurasiatique (de la Sibérie au Maroc et du Royaume-Unis à la Chine) (Berti et Rاپilly, 1976) et des conditions climatiques qui y prévalent, le criocère du lis colonisera vraisemblablement toute l'Amérique du Nord (Gold et al., 2001). De façon générale, on observe une augmentation de l'aire mondiale de répartition de *L. lili* qui peut s'expliquer par un réchauffement climatique global (Salisbury, 2003), favorisant la survie hivernale d'un plus grand nombre d'adultes dans des régions aux conditions climatiques auparavant hostiles à l'insecte.

Cycle biologique

Le criocère du lis hiverne au stade adulte, enfoui dans la terre ou les débris de surface où il entame une diapause reproductive (Livingston, 1996). Au printemps l'insecte

atteint la maturité sexuelle et, dès l'apparition des premières pousses de lis et de fritillaires, les criocères initient leurs activités (Haye et Kenis, 2004; Kenis et al. 2003). Ils passent alors plusieurs semaines à se nourrir puis s'accouplent et se reproduisent la majeure partie de l'été, soit de mai à août inclusivement. Les oeufs sont pondus sous les feuilles de la plante hôte (LeSage, 1992) (Fig. 1) et éclosent de 4 à 6 jours plus tard. Les larves, recouvertes d'un «bouclier» d'excréments (Ernst, 2005), prennent environ 36 jours pour atteindre le stade adulte (Livingston, 1996), passant par quatre stades larvaires et un stade nymphale. Avant d'initier la nymphose, les larves disposent de leur enveloppe d'excréments puis descendent le long de la tige de la plante hôte ou se laissent tomber sur le sol (LeSage, 1992). C'est à environ 30 cm sous la surface qu'elles entament la construction d'un cocon blanc fait d'un mélange de sécrétions et de particules de sol (LeSage, 1992). Les jeunes adultes émergent du sol après environ 13 jours (Livingston, 1996) et se nourrissent continuellement afin d'amasser le plus de réserves énergétiques en vue de la diapause reproductive hivernale. Ceci résume le cycle univoltin de *L. lili* tel qu'observé en Europe et dans nos régions canadiennes (LeSage, 1992). Par contre, J.N McNeil (com. pers.) croit avoir observé au Québec une deuxième génération au cours de l'été ce qui signifierait que les jeunes adultes émergents au milieu de l'été se reproduiraient également durant la période estivale.

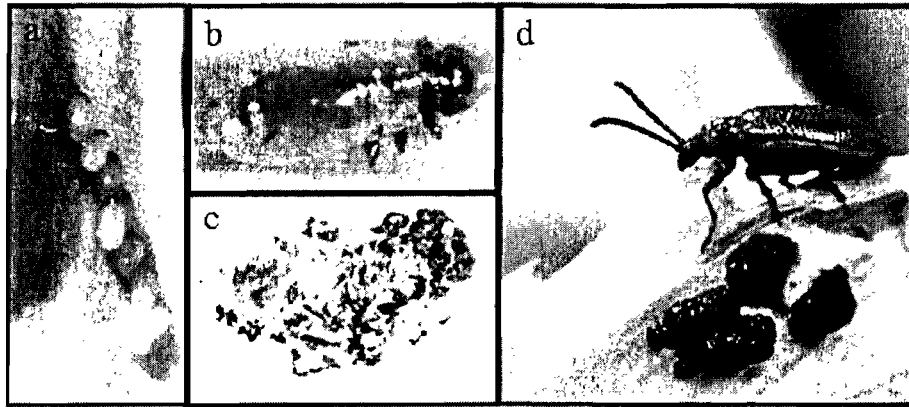


Figure 1. Stades de développement du criocère du lis, *Lilioceris lili* : a) Oeufs (© Bouchard, 2006) ; b) Larve d'un jour (© Bouchard, 2006) ; c) Cocon ouvert (© Bouchard, 2006) ; d) Adulte et larves avec bouclier d'excréments (Salisbury, 2003).

Ennemis naturels et moyens de défense

Lilioceris lili a très peu de prédateurs, mais plusieurs parasitoïdes sur son continent d'origine (LeSage, 1992). Très visible de par ses élytres d'un rouge éclatant, le criocère du lis possède plus d'une adaptation pour échapper aux attaques d'éventuels prédateurs ou du moins pour les dissuader de s'en nourrir: la chute volontaire sur le sol avec le dos contre terre, l'expulsion d'un liquide répulsif provenant de glandes des élytres et du pronotum et la stridulation (Deroe et Pasteel, 1982; Cox, 2004). Chez les larves, tel qu'observé chez plusieurs Chrysomelidae, un moyen de défense original est le recouvrement du corps de l'insecte par une épaisse couche d'excréments (Arnett et al., 2002; Müller et Hilker, 2004) ; l'anus étant en position dorsale par rapport à l'extrémité abdominale postérieure (Fox-Wilson, 1942; Jones, 1994). Ce bouclier fécal agit probablement à titre de camouflage et offre une protection physique (Jones, 1994). Toutefois, les études de Schaffner et Müller (2001) ont montré que le «bouclier fécal» des larves de Chrysomelidae peut être exploité par les parasitoïdes dans la localisation et l'acceptation d'hôtes potentiels.

Le criocère du lis est attaqué par diverses espèces de parasitoïdes de l'ordre des Hyménoptères. En Europe, les populations de *L. lili* sont maintenues relativement stables sous le contrôle de sept espèces de parasitoïdes dont une s'attaque aux œufs et les six autres aux larves (Gold et al., 2001). Les trois espèces dominantes sont *Tetrastichus setifer* Thomson (Eulophidae), *Diaparsis jucunda* Holmgren (Ichneumonidae) (Fig. 2) et *Lemophagus pulcher* (Ichneumonidae), et semblent être spécifiques au genre *Lilioceris* (Kenis et al., 2003). Par contre, comme mentionné plus haut, l'Amérique du Nord n'est colonisée par aucun de ces parasitoïdes ce qui favorise le développement des populations de criocère du lis et la dispersion de l'espèce. Un projet de lutte biologique classique mettant à profit les parasitoïdes mentionnés ci-haut est en cours au Massachusetts (Etats-Unis). Les premières manœuvres pour l'implantation de parasitoïdes pouvant contrôler les populations de criocères du lis ont déjà été déployées avec le relâchement de plus de 3 000 femelle de *T. setifer* durant l'été 2001. L'importance et les enjeux de ce projet seront discutés plus loin dans ce document.

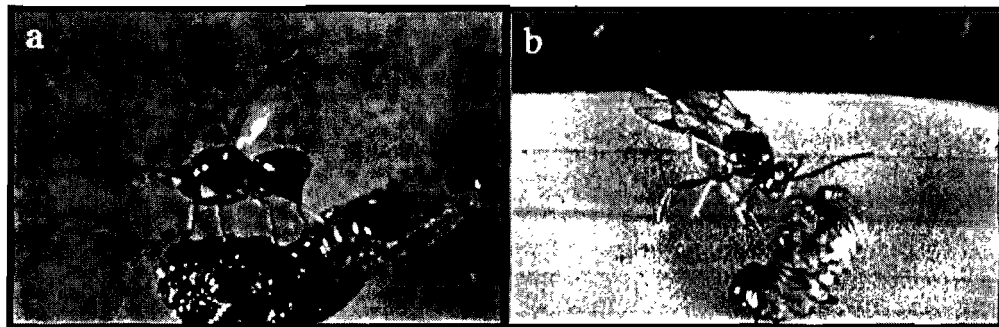


Figure 2. Exemples d'hyménoptères parasitoïdes du criocère du lis, *L. lili*. a) *Tetrastichus setifer* (Haye et Kenis, 2004); b) *Diaparsis jucunda* (Haye et Kenis, 2004).

Espèces hôtes en Amérique du Nord et défoliation

Les dégâts causés aux lis par les larves et les jeunes adultes peuvent être extrêmement importants. Au printemps, un lis peut être complètement défolié en peu de temps, ne laissant que la tige et des feuilles jaunissantes (Neid, 1993). Le problème est d'une telle importance que plusieurs institutions gouvernementales et autres organisations ont vu la nécessité de publier des documents de mise en garde et de conseils, disponibles entre autres sur internet, afin de combattre cet insecte ravageur. Ils préviennent ainsi les producteurs de lis ou tout simplement les citoyens de l'éventuelle étendue des populations de *L. lili* dans leur région et des ravages potentiels causés par ce coléoptère exotique sur les plants de lis qui sont communs dans les jardins des zones urbaines. La presque totalité des recherches passées et actuelles sur le criocère du lis en Amérique du Nord concernent les espèces de lis cultivés, dont les espèces eurasiatiques. Dernièrement, Ernst et al. (2007) ont effectué un test de convenance ciblant une quinzaine d'espèces de Liliaceae indigènes du Canada pour le développement et la reproduction du criocère du lis. Aucun criocère n'a réussi à compléter son développement sur les espèces de Liliaceae autres que celles appartenant au genre *Lilium*, sauf un individu qui a été élevé sur l'uvulaire à feuilles embrassantes, *Streptopus amplexifolius*. Le criocère du lis pourrait ainsi s'avérer une menace pour la survie des populations de *Lilium* indigènes qui représentent des hôtes potentiels en milieu sauvage pour le coléoptère.

Lilium canadense et Lilium philadelphicum

Lilium canadense, une plante herbacée vivace de grande taille (60 à 200 cm) (Marie-Victorin, 1995) à fleurs jaune-orangé en cloches (1 à 15) et à plusieurs étages de feuilles, préfère les sols humides, comme les plaines d'inondation et les champs humides, en lieux ouverts ou semi-ombragés (Fleurbec, 1983). Indigène de l'est de l'Amérique du

Nord, le lis du Canada est commun dans l'ouest et le centre du Québec mais généralement absente de tout le nord de la province sauf au Témiscamingue (Marie-Victorin, 1995). L'espèce s'observe également au Nouveau-Brunswick, dans la pointe Est de l'Ontario et parmi les états qui longent la limite est des États-Unis, soit du Maine vers l'Ohio et, vers le sud, jusqu'à l'Alabama (Skinner, 2002) (Fig. 3). *Lilium philadelphicum*, quant à lui, possède une tige beaucoup moins longue, soit de 40 à 90 cm, et des fleurs rouge-orangées dressées à l'apex du plant en nombre variable (1 à 5) (Marie-Victorin, 1995). Le lis de Philadelphie préfère les milieux relativement secs et sablonneux (Marie-Victorin, 1995) mais colonise également les prairies humides, notamment celles de la Saskatchewan (Lawrence, 1996). Cette espèce se retrouve, de façon plus ou moins abondante selon les régions, sur tout le continent Nord Américain, sauf au nord du territoire canadien et les états américains bordant le Pacifique (USDA, NRCS, 2005) (Fig. 3). La période de floraison des deux espèces est généralement de la mi-juin au début août, selon les latitudes (Marie-Victorin, 1995).

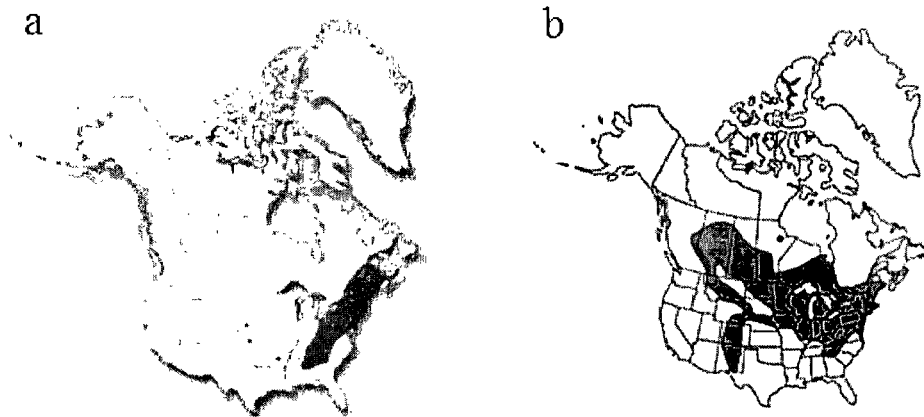


Figure 3. Aire de distribution des deux espèces de *Lilium* indigènes ciblées par l'étude, soit a) *L. canadense* (Skinner, 2002) et b) *L. philadelphicum* (Skinner, 2002).

D'autres espèces de lis indigènes présentes en Amérique du Nord, telles que *L. michiganense* et *L. superbum*, pourraient être susceptibles à l'attaque du criocère du lis. En raison de leur statut de vulnérabilité, Ernst et al. (2007) ont d'ailleurs recommandé un suivi continu des populations sauvages de ces espèces indigènes afin d'y détecter la présence du criocère du lis et les dommages pouvant en découler.

Le lis du Canada a été classé, et ce à titre préventif, parmi les espèces floristiques vulnérables au Québec en août 2005 (CDPNQ, 2008). Il est considéré comme une espèce menacée en Ontario, en Nouvelle-Écosse ainsi qu'aux États-Unis où il est beaucoup plus rare qu'au Québec (Gilbert, 2005). Pour le lis de Philadelphie au Québec, aucune mesure n'a été mise sur pied afin de protéger cette espèce pourtant menacée par les transformations anthropiques croissantes de son habitat naturel (L. Brouillet, com. person.), les alvars étant des habitats rares (Tardif et al., 2005). De plus, ces deux espèces à bulbe subissent une grande pression de cueillette due à la beauté des fleurs (Gilbert, 2005). Une invasion des populations de lis indigènes par le criocère du lis serait donc une pression de plus pouvant menacer la survie des populations des deux espèces indigènes.

Objectifs de l'étude

L'objectif principal de cette étude est d'évaluer la menace potentielle que le criocère du lis représente pour les populations sauvages de lis indigènes au Canada.

Le projet a été développé en deux volets. Le premier volet vise à déterminer au laboratoire la convenance des deux espèces de lis indigènes ciblées par l'étude, soit *L. canadense* et *L. philadelphicum*, pour le développement du criocère du lis. Le second volet caractérise l'invasion par le criocère du lis des populations sauvages de lis indigènes (*L.*

canadense et *L. philadelphicum*) au Québec et en Ontario, et identifie des facteurs anthropiques et environnementaux corrélés avec la présence de l'insecte.

Les résultats ont été intégrés sous la forme d'un article scientifique et d'une annexe.

Les hypothèses de travail reliées à ces objectifs sont les suivantes:

1- Les deux espèces de lis indigènes présentes au Québec et en Ontario, soit *Lilium canadense* Linné et *L. philadelphicum* Linné, sont convenables pour le développement du criocère du lis (*Lilioceris lili* Scopoli).

2- Le criocère du lis colonise les populations naturelles du lis du Canada et du lis de Philadelphie.

3- La probabilité d'infestation par le criocère du lis d'une population de lis indigène augmente avec la taille de la population.

4- Les risques d'invasion par le criocère du lis sont plus grands pour les populations de lis indigènes situées à proximité des zones urbaines ou périurbaines parce que des foyers d'infestations de l'insecte y sont présents.

INVASION OF AMERICAN NATIVE LILY POPULATIONS BY AN
ALIEN BEETLE

Article publié dans la revue
scientifique *Biological Invasions*
au mois de décembre 2008.

Invasion of American native lily populations by an alien beetle.

Bouchard, A.-M.¹, McNeil, J.N.² and Brodeur, J.¹

¹ Institut de recherche en biologie végétale, Université de Montréal, Montréal

² Department of biology, University of Western Ontario, Ontario

The lily leaf beetle (*Lilioceris lili*), indigenous to Eurasia, was first detected in North America on the island of Montréal, Québec, Canada in 1943. Populations remained limited to the original site of introduction but since 1978 the distribution of this species has expanded in all directions. To date *L. lili* has only been recorded feeding on cultivated lilies in urban and rural areas. But as the beetle spreads its geographic range it could encounter native lily species. The objectives of this study were to determine the suitability of two indigenous North American lily species (*Lilium canadense* and *L. philadelphicum*) as host for *L. lili*, and to assess the degree of infestation of wild lily populations. Measurement of fitness parameters under laboratory conditions (survival, development time, size) indicated that *L. lili* has the capacity to develop on both species of native lilies. In the provinces of Québec and Ontario 8 of the 20 wild populations of *L. canadense* sampled were infested. In contrast, *L. philadelphicum* was not attacked by the alien beetle. A number of native lilies are already endangered in North America, so there is an urgent necessity to address the ecological impact of *L. lili* in natural ecosystems.

Key words: invasive insect herbivore; *Lilioceris lili*; *Lilium*; Lily leaf beetle; threat on native flora.

Introduction

More than 2000 species of insects have been inadvertently or intentionally introduced in North America over the last 500 years (Kim and McPherson, 1993). Despite the negative impacts many introduced pest species have had in agriculture and forestry, and the fact that alien invasive species are considered after habitat destruction the second greatest threat to biodiversity (Sandlund et al., 1996; Wilcove et al., 1998), little attention has been given to the effects of alien herbivorous insects on native flora. One significant exception is the recognition, by conservation ecologists and biological control practitioners, that insects introduced to control weed populations may pose serious threats to plant diversity (Simberloff and Stiling, 1996; Louda et al., 1997). The increasing ecological consequences of trade liberalization and global warming has made the need to report, document and address the effects of introduced insects in natural ecosystems more critical.

The lily leaf beetle (*Lilioceris lili* Scopoli) (Coleoptera: Chrysomelidae) is native to Eurasia, ranging from Siberia to Morocco and from the United Kingdom to China (Labeyrie, 1963; Kenis et al., 2003). In North America, *L. lili* was first detected in 1943 in Montréal, Québec, Canada (LeSage, 1983) where it was presumably inadvertently introduced through the importation of asiatic lilies. Historical information indicates that the beetle was confined to the island of Montréal until 1978, but has since expanded its range in all directions (LeSage and Elliot, 2003) and is now found in five Canadian provinces (from Nova Scotia to Manitoba). The beetle was first reported in Cambridge, Massachusetts, in 1992 and is now in several northeastern states of the USA (Livingston, 1996; Kenis et al., 2003). Based on its Eurasian distribution, the beetle would have the

capacity to spread and establish throughout the North American continent (Kenis et al., 2003).

Lilioceris lili is known to feed and reproduce on 81 species of true lilies (*Lilium* spp.) and 4 fritillaria (*Fritillaria* spp.) (Livingston, 1996; Salisbury, 2003; Haye and Kenis, 2004), but does not do well on non-*Lilium* species (Ernst et al., 2007). The lily leaf beetle, the only *Lilioceris* species in North America, has become a major pest of ornamental lilies (Gold et al., 2001).

In North America, *L. lili* has never been reported on native lily species, but given that the beetle is expanding its range, there is a threat to the 21 indigenous lily species (Woodcock and Stearn, 1943; Skinner, 2002). Two, *L. canadense* L. and *L. philadelphicum* L., are found within the current range of *L. lili* in Canada, so high abundance on cultivated lilies could increase the vulnerability of native *Lilium*.

The objectives of our study were, first, to determine under laboratory conditions the suitability of *L. canadense* and *L. philadelphicum* as host for *L. lili* by measuring several parameters of beetle fitness (survival, development time, size). Next, we assessed the degree of infestation of wild lily populations by *L. lili* in several locations in Québec and Ontario.

Materials and Methods

Insect and host plants

The biology of the lily leaf beetle in Europe and North America is described by Haye and Kenis (2004) and Livingston (1996), respectively. Early in the spring, the overwintering adults emerge from the ground, feed on fritillaria and lilies, and after some weeks start to mate and oviposit. Larvae feed on leaves, buds and flowers and pass through four instars before entering the soil to form a cocoon for pupation. At emergence, adults start feeding on the host plant before overwintering in early fall. According to Haye and Kenis (2004), *L. lili* is strictly univoltine although there are anecdotal reports of several generations per year; this confusion may have arisen from the fact that adults can be observed throughout the growing season, from 1 April to 10 September in the area of Boston, Massachusetts, and can oviposit from April through August (Livingston, 1996). No natural enemies have been reported from North America.

True lilies (Liliaceae, *Lilium* spp) are herbaceous plants distributed circumboreally, and are deciduous, summer flowering and grow from bulbs. Lilies are of great importance to the worldwide horticultural industry with > 6000 ornamental hybrids registered (Skinner, 2002). *Lilium canadense* (Canada lily; Wild yellow lily, Meadow Lily) is distributed all over the east coast of North America, from Nova Scotia to Alabama, including parts of Québec and Ontario (Marie-Victorin, 1995; Skinner, 2002). It is adapted to moist habitats where it grows up to 2 meters high and produces yellow-orange bell-shaped flowers from June to early August. *Lilium philadelphicum* (Wood lily, Western red lily) is widely distributed throughout North America, except in northern Canada and on the west coast of the USA (USDA, NRCS, 2005) being found in various habitats, including tallgrass prairies,

open woods, west mountain meadows, as well as open spaces near roadsides and powerlines. Vegetative, flower and fruit morphology vary greatly in *L. philadelphicum*. In eastern Canada plants are 40 to 90 cm in height with red-orange, erect flowers from June to August depending on the latitude (Marie-Victorin, 1995).

Lilium canadense has been listed as a vulnerable plant on precautionary basis in Québec in 2005 and was already considered as a threatened species in Ontario, Nova Scotia and the USA (Gilbert, 2005). Similarly, *L. philadelphicum* is listed as a threatened or endangered species in several states (Kentucky, Maryland, New Mexico, New York, Ohio, Tennessee) (USDA, NRCS, 2005). Wild lilies have become less common in North America due to habitat loss and degradation, excessive collecting in urban and suburban areas, and increasing browsing by the white-tailed deer (Skinner, 2002; Gilbert, 2005; USDA, NRCS, 2005).

Host-plant suitability

In May 2006 a lily leaf beetle culture was established from ca 300 overwintering individuals collected on insecticide-free Asiatic cultivated lilies at the Montréal Botanical Garden. Insects were maintained in three 60 X 40 X 32 cm breeding cages containing potted Asiatic hybrid lily *L. vivaldi* at 24°C, 60 to 75% RH, and under a 16L:8D photoperiod. The progeny of the first laboratory generation were used in host plant suitability tests.

Host plants offered to *L. lili* consisted of two indigenous lily species, *L. canadense* and *L. philadelphicum*, and two Asiatic hybrid lilies, *L. vivaldi* and *L. delight*. *Lilium*

vivaldi and *L. canadense* bulbs were purchased from Van Noort Bulb Co. (Vancouver, BC, Canada) and Horticulture Indigo (Melbourne, QC, Canada), respectively. Bulbs were planted in a greenhouse in early spring to obtain plants that were of similar maturity as those from other tested species that were collected in the field in June. *Lilium delight* came from the Montréal Botanical Garden while *L. philadelphicum* plants were collected in the wild in Peterborough (ON, Canada) a few weeks prior to the test and planted directly in the soil in a shaded area at the Montréal Botanical Garden.

The suitability of each host plant for *L. lili* was determined by measuring beetle survival, development time, and size. Synchronous cohorts of neonate first instar larvae were obtained by frequently transferring egg batches from the breeding cages to Petri dishes (9 cm in diameter) where they were reared at 27°C until eclosion. The bottom of the Petri dishes were covered with moist filter paper to maintain a suitable humidity level and were changed regularly to prevent contamination. Upon eclosion (< 1 h) neonate larvae were equally divided among the four treatments and placed in isolation in Petri dishes. Larvae were provided daily with fresh lily leaves *ad libitum*. Leaves from all treatments were cut at the same height on the plant and at the same time of the day to standardize overall food quality, including nutrient levels (Obermaier and Zwölfer, 1999).

Beetle survival was observed daily between 12:00 – 13:00. When larvae began to change colour from yellowish to orange and started to dislodge their fecal shield (physiological and behavioral characteristics of the pre-pupal stage) they were transferred to individual plastic cups (Solo Cup Co., model P100) filled with moist soil. These individuals were also provided with fresh cut lily leaves until they entered the soil to pupate. Adult emergence was monitored daily, and the beetles were killed, weighed on a

precision electronic balance (fresh weight in mg) and their sex determined by dissecting the abdomen.

Experiments were conducted from June 24 to July 6 2006 and 39 individuals were tested per treatment. Six replicates were carried out with 4 to 9 larvae per lily species. Larvae were kept in a growth chamber at 24°C, 60 to 75% RH, and a 16L:8D photoperiod.

Wild lilies susceptibility

To determine the level of infestation and leaf damage caused by the lily leaf beetle on wild lilies in Québec and Ontario, 20 and 13 experimental sites were sampled for *L. canadense* and *L. philadelphicum*, respectively (Table I). The sites were selected by consulting herbarium specimens from the following Canadian collections: Marie-Victorin (MT; Université de Montréal, Montréal, QC), Québec (QUE; Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, QC), National (CAN; Canadian Museum of Nature, Ottawa, ON), Louis-Marie (QFA; Université Laval, Québec, QC), Ottawa (DAO; Agriculture and Agrifood Canada, Ottawa, ON) and University of Toronto (TRT; Toronto, ON). We also contacted several botanists from Québec and Ontario for additional information. Sites were selected in order to cover a great range of the lilies geographic distribution in Québec and Ontario. The experimental sites were georeferenced and named after the city or the area where wild lily populations were located (Table I).

Table I. Geographic location, number of experimental plots, and number of *Lilium* plants per plot ($X \pm SE$) of experimental sites where *L. canadense* and *L. philadelphicum* were sampled in Québec (QC) and Ontario (ON) during summer 2006.

Site	Area/Road, City, Province	Spatial coordinates (dd° mm' ss")		Sampling date	Number of plots per site	Mean number of lily plants per plot
		Latitude	Longitude			
<i>Lilium canadense</i>						
HOPK	Chemin de la Pointe-Hopkins, Dundee, QC	45° 00' 37"	74° 31' 21"	June 15 th	5	22.0 + 2.9
ILED	Boisé Saint-Paul, Îles-des-Sœurs, QC	45° 27' 18"	73° 55' 07"	June 23 th	3	10.3 + 2.0
MISS	Rivière Mississquoi Nord, Mansonville, QC	45° 04' 14"	74° 23' 03"	July 3 rd	3	4.7 + 0.9
YAMA	Parc National de la Yamaska, Granby, QC	45° 25' 22"	72° 33' 56"	June 16 th	3	11.0 + 0.6
ORFO	Parc du Mont-Orford, Orford, QC	45° 20' 57"	72° 13' 00"	July 21 st	2	8.0 + 5.0
NORT	Route 1 Nord, North Hatley, QC	45° 19' 11"	71° 53' 37"	June 16 th	3	23.3 + 1.7
ASCO	Rivière Saint-François, Ascot Corner, QC	45° 29' 09"	71° 40' 52"	July 3 rd	2	11.0 + 6.0
ROXT	Petit Rang 11, Roxton Falls, QC	45° 35' 37"	72° 33' 07"	July 4 th	4	15.8 + 10.1
GEDE	Jardin Florilège (backyard), St-Gédéon, QC	45° 52' 29"	70° 37' 42"	July 19 th	1	15.0 + 0.0
COLE	Sentier des 3 Monts, Coleraine, QC	45° 58' 37"	71° 22' 05"	July 20 th	3	5.3 + 0.7
PROS	Rivière des Abénakis, St-Prosper, QC	46° 11' 53"	70° 30' 03"	July 18 th	2	9.5 + 5.5
BEAU	Route 173 Sud, Beauceville, QC	46° 16' 16"	70° 49' 13"	July 18 th	3	11.7 + 5.0
QUAR	Autoroute 40 Est, Km 164, QC	46° 12' 17"	72° 59' 08"	July 10 th	4	12.3 + 0.5
BECA	Route 30, Bécancour, QC	46° 20' 18"	72° 26' 55"	July 17 th	3	10.7 + 4.2
PORT	Route 138, Port-Neuf, QC	46° 39' 47"	71° 54' 54"	July 11 th	3	12.7 + 5.5
CAPR	Rivière Cap-Rouge, Cap-Rouge, QC	46° 45' 17"	71° 20' 49"	July 11 th	3	9.3 + 3.2
ILEO	Route 368, Île d'Orléans, QC	47° 01' 10"	70° 49' 49"	July 18 th	1	6.0 + 0.0
STAN	Route 138, Ste-Anne-de-Beaupré, QC	46° 58' 59"	71° 00' 00"	July 12 th	5	12.2 + 2.9
DAQU	Pourvoirie Daaquam, Daaquam, QC	46° 33' 36"	70° 04' 29"	July 13 th	5	9.2 + 2.3
MODE	Rang 1, Saint-Modeste, QC	47° 50' 15"	69° 25' 30"	July 27 th	2	4.0 + 1.0
<i>Lilium philadelphicum</i>						
LIGH	Lighthouse, Mississagi, ON	45° 53' 28"	83° 13' 33"	June 28 th	3	18.3 + 7.3
MSIX	Road 6, Manitoulin Island, ON	45° 40' 31"	81° 54' 28"	June 28 th	3	9.7 + 2.6
POOL	Pool Lake, Manitoulin Island, ON	45° 34' 07"	82° 00' 55"	June 28 th	3	24.7 + 8.8
WARN	Warner Bay Road, Bruce Peninsula, ON	45° 12' 10"	81° 39' 24"	June 29 th	4	18.0 + 3.3
REDC	Red Cloud Cemetery, Peterborough, ON	44° 08' 45"	77° 56' 44"	June 20 th	2	8.5 + 1.5
CATC	Catchacoma Lake, Peterborough, ON	44° 40' 45"	78° 20' 35"	June 21 st	2	8.5 + 2.5
DALR	Alvar Road, Dalrymple Lake, ON	44° 41' 10"	79° 03' 08"	June 29 th	3	12.0 + 3.2
BARR	Barren River, Algonquin Provincial Park, ON	45° 52' 16"	77° 33' 25"	July 5 th	1	20.0 + 0.0
COTT	Chemin Cottage, Île aux Allumettes, QC	45° 49' 11"	77° 01' 13"	July 6 th	1	7.0 + 0.0
KNOX	Knox Landing Nord, Bristol, QC	45° 29' 26"	76° 23' 08"	July 6 th	2	21.0 + 7.0
PGAT	Chutes de Luskville, Parc de la Gatineau, QC	45° 31' 56"	75° 58' 33"	July 7 th	1	19.0 + 0.0
ROCK	Rock Coady Trail, Pakenham, ON	45° 18' 41"	76° 13' 39"	June 19 th	3	20.3 + 5.9
SHEF	Sheffield Conservation Area, Lanark, ON	44° 32' 53"	77° 07' 41"	June 20 th	2	15.5 + 1.5

One to five 25 m² experimental plots (the number determined by the size of the lily population) were set out per site by selecting at random a central lily plant among batches of lilies. Plots were distant from each other by more than 5 m. Plants were visually examined for the presence of *L. lili* and the following information was recorded per plot: number of lily leaf beetle (eggs, larvae and adults), proportion of lily plants infested, and plant damage, expressed as the percentage of defoliation per infested plant (from 0 to 100%; 10% increment). Density varied greatly, ranging from 4 to 46 lilies/plot. Each plot was sampled once in June or July 2006, proceeding from southern to northern sites to control for plant and insect phenological variations due to climatic conditions.

Statistical analysis

Differences in larval survival and adult emergence were analysed using one-way ANOVAs. Data were arcsin transformed prior to the analysis to fit normal distribution. Differences in development rate, and adult weight of males and females were tested using two-way ANOVAs. Following significant differences between treatments ($P < 0.05$), means were compared using Tukey's HSD test. Differences between male and female weight within each plant treatment were tested using Student's t-tests. Field data per plot are pooled for each site and results are provided per site (% infested plants) and per plant (number of *L. lili* and % damage). All statistical analyses were performed by using JMP IN statistical software version 5.1 (SAS Institute, Inc., 2003).

Results

Host-plant suitability

Lilioceris lili has the capacity to complete larval development on the four *Lilium* species tested, and survivorship ranged from 78.3 to 91.9% with no significant differences among treatments ($F = 1.419$, $df = 3$, $P = 0.276$; Figure 4a). However, survivorship from pupation to adult emergence differed greatly between lily species ($F = 15.472$, $df = 3$, $P < 0.0001$; Figure 4b), being highest on *L. philadelphicum* and *L. delight* and lowest on *L. canadense* and *L. vivaldi*.

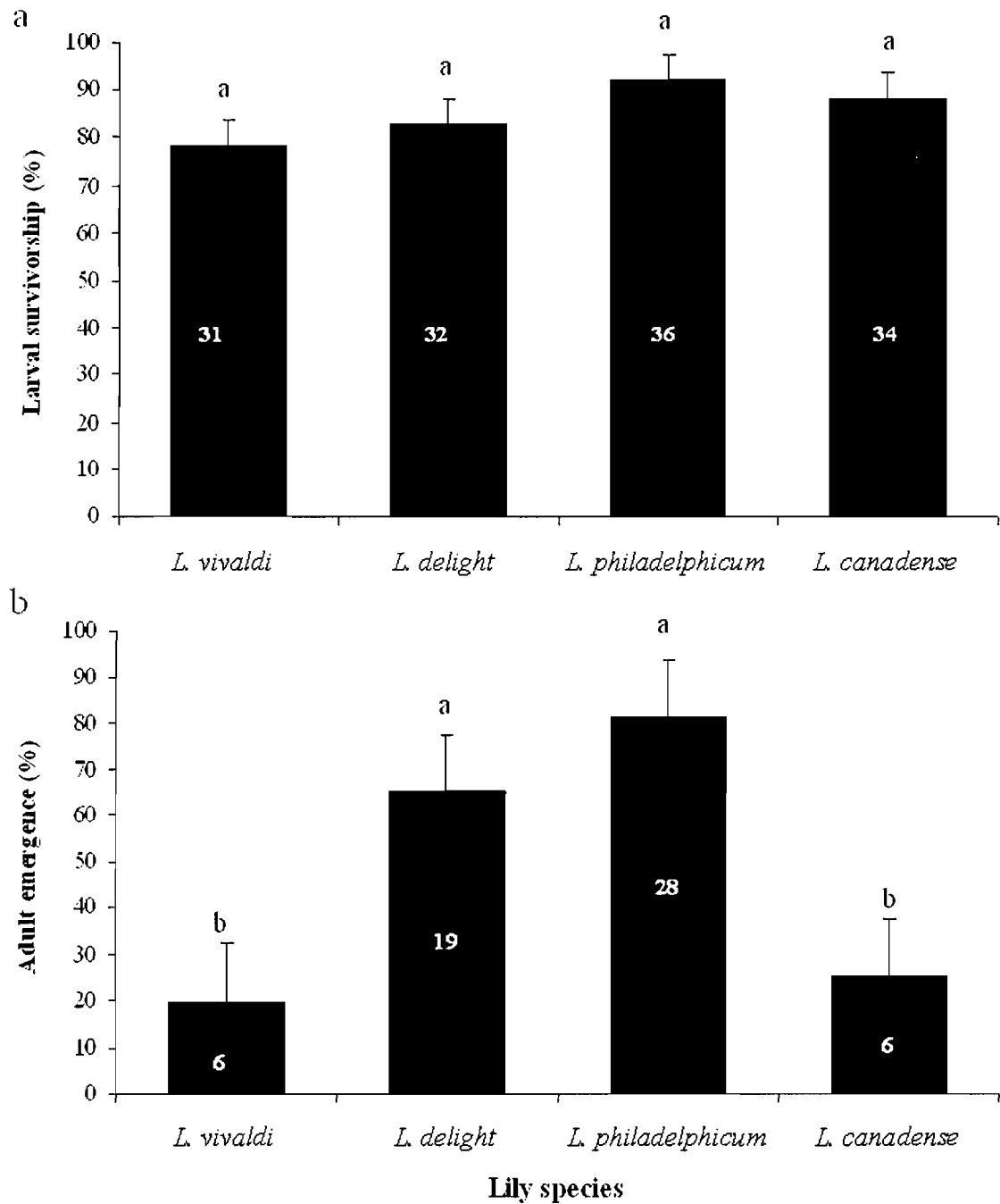


Figure 4. Percentages ($X \pm SE$) of (a) larval survivorship, and (b) adult emergence of *Lilioceris lili* developing on different *Lilium* species at 24° C, 60-75% RH, and under a 16L:8D photoperiod. Means followed by different letters are significantly different; one-way ANOVAs followed by Tukey's HSD test ($P < 0.05$). N values are shown within bars.

Larva-to-adult *L. lilii* development time was similar for males and females on any given host plant, but differed among host plants and the interaction being not significant (sex: $F = 0.054$, $df = 1,51$, $P = 0.818$; host plant: $F = 6.223$, $df = 3,51$, $P = 0.001$; interaction: $F = 0.609$, $df = 3,51$, $P = 0.613$; Figure 5). Mean development time was shortest when beetles fed on *L. canadense* and longest when they developed on *L. philadelphicum*.

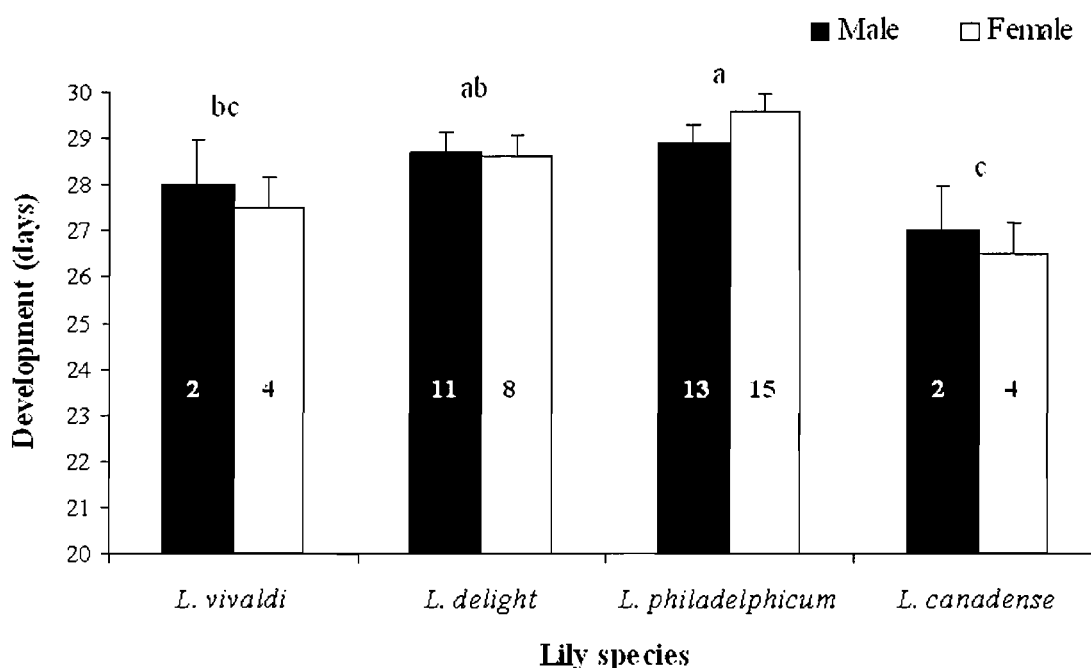


Figure 5. Developmental time (days; $X \pm SE$) from egg hatching to adult emergence of male and female *Lilioceris lilii* reared on different *Lilium* species at 24° C, 60-75% RH, and under a 16L:8D photoperiod. For each treatment, males and females combined, means followed by different letters are significantly different; two-way ANOVA followed by Tukey's HSD test ($P < 0.05$). N values are shown within bars.

Adult females were heavier than males ($F = 18.193$, $df = 1,51$, $P < 0.0001$) but there was no difference in adult weight between treatments ($F = 2.119$, $df = 3,51$, $P = 0.110$; Figure 6).

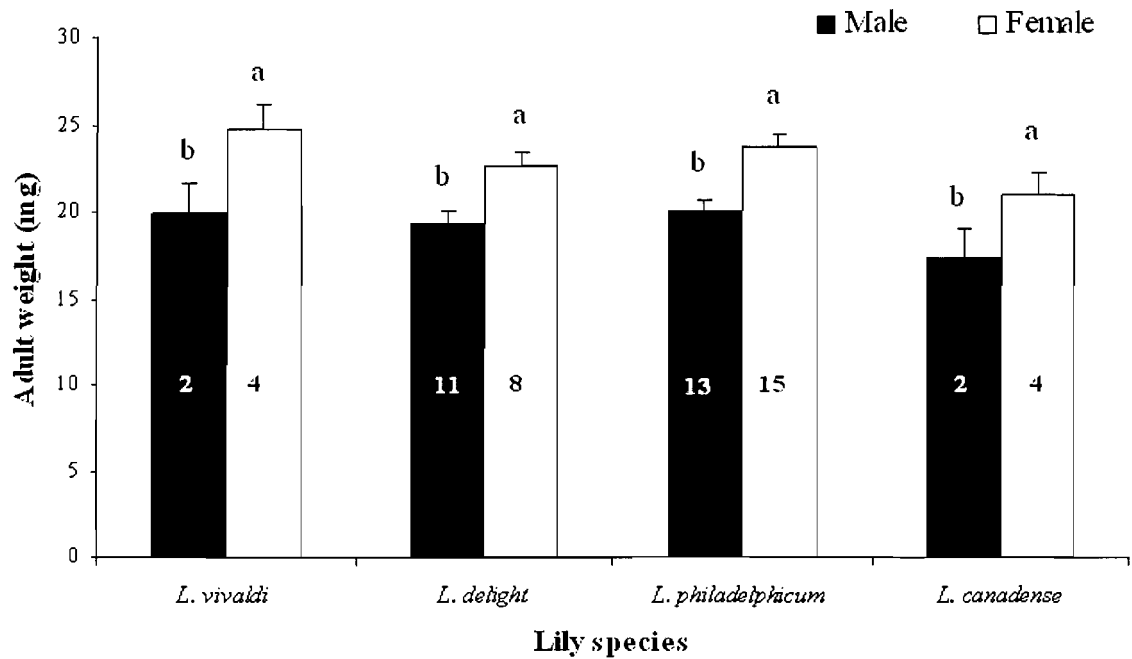


Figure 6. Adult fresh weight (mg; $X \pm SE$) of *Lilioceris lili* males and females reared on different *Lilium* species at 24° C, 60-75% RH, and under a 16L:8D photoperiod. Within each treatment, means followed by different letters are significantly different; two-way ANOVA followed by Student's t-test ($P < 0.05$). N values are shown within bars.

Wild lilies susceptibility

Not a single beetle was found on *L. philadelphicum* plants in the field. However, *L. canadense* was infested with *L. lili* at eight of the 20 sites sampled (Figure 7). The proportion of plants infested, the number of *L. lili* per plant, and the level of defoliation varied considerably between sites (Table II), and show that the beetle could negatively affect this threatened species. This is the first record of *L. lili* attacking wild populations of *L. canadense*. Voucher specimens are housed in the Ouellet-Robert collection of insects at the Université de Montréal.

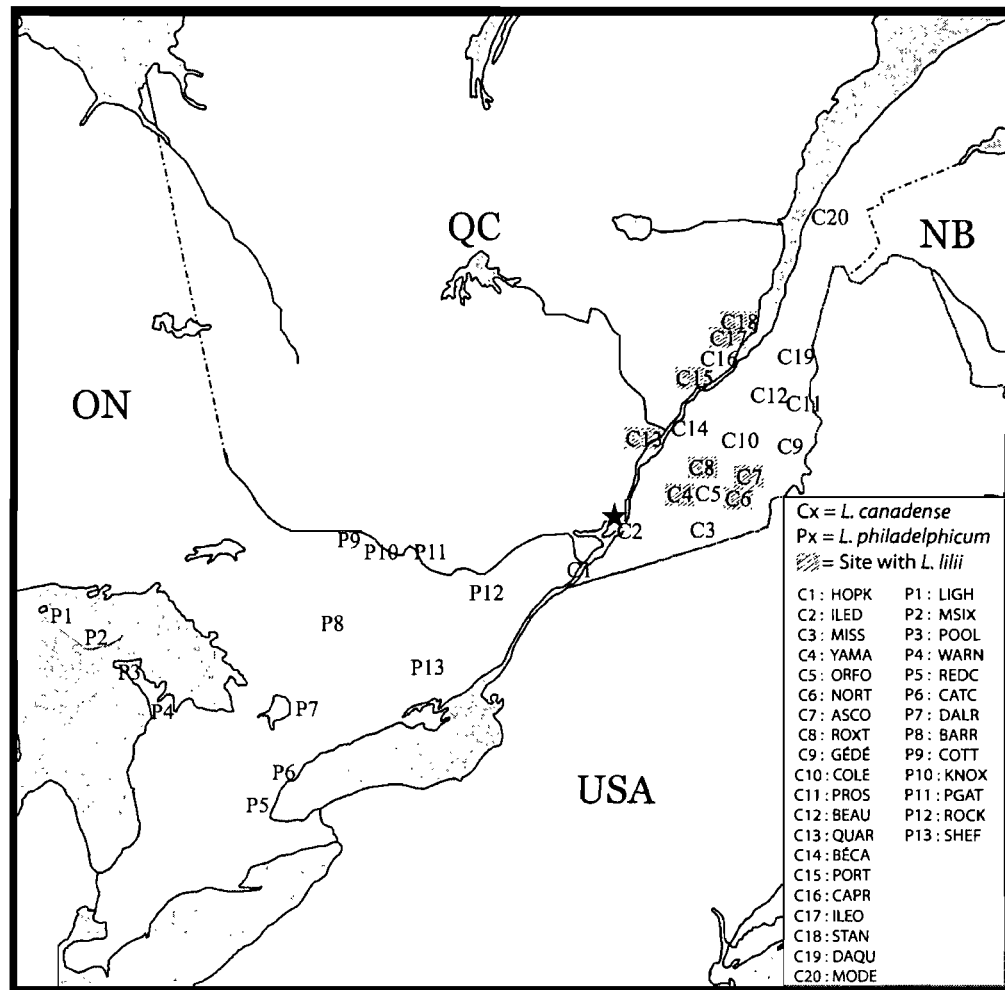


Figure 7. Location of the experimental sites where wild populations of *Lilium canadense* and *L. philadelphicum* were surveyed in Québec and Ontario in 2006. *Lilium canadense* populations infested by *Lilioceris lili* are shaded in gray. Montréal is shown with a black star.

Table II. Proportion of *Lilium canadense* plants infested by *Lilioceris lili* (%), beetle abundance ($X + SE$), and plant defoliation (%) for each site where *L. lili* was found in Québec and Ontario in 2006.

Site	Number of sampled plants per site	% of infested plants per site	Mean damage (%) per lily plant	Mean number of <i>L. lili</i> per infested plant			
				Egg	Larva	Adult	Total
YAMA	33	10.0	20.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	1.0 ± 0.0	1.0 ± 0.0
NORT	70	28.6	34.5	5.5 + 1.8	2.8 + 1.2	0.2 + 0.1	8.5 + 2.7
ASCO	22	59.1	47.7	12.8 + 3.4	7.1 + 3.1	0.5 + 0.3	20.4 + 5.8
ROXT	63	5.7	30.0	3.7 + 1.9	0.7 + 0.7	0.3 + 0.3	4.7 + 1.9
QUAR	49	15.4	30.0	1.0 + 1.0	8.5 + 2.5	0.5 + 0.5	10.0 + 4.0
PORT	38	9.1	10.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	1.0 ± 0.0	1.0 ± 0.0
STAN	61	63.6	41.4	5.0 + 1.6	3.9 + 0.6	0.3 + 0.1	9.1 + 1.8
ILEO	6	66.7	65.0	4.5 + 1.8	1.8 + 1.1	1.0 + 0.7	7.3 + 2.1

Discussion

Lilioceris lili has the capacity to adapt to abiotic and biotic conditions in North America. Unknown ecological and evolutionary conditions that confined for 35 years the beetle close to the site of initial introduction have been relaxed. The beetle is now in an expansion phase and our results showed that *L. lili* is now exploiting at least one native *Lilium* species.

Wild lilies suitability and susceptibility

Our laboratory experiments indicate that the lily leaf beetle could exploit *L. philadelphicum* and *L. canadense*, although survivorship from pupation to adult emergence was significantly lower on the latter species. Ernst et al. (2007) conducted host plant suitability tests under laboratory conditions and also concluded that *L. lili* survivorship was 'marginally higher' on *L. philadelphicum* than on hybrid lilies.

Our field survey found that 40% (8/20 sites) of wild populations of *L. canadense* were infested by the lily leaf beetle. In contrast, none of the wild populations of *L. philadelphicum* was attacked by the beetle, even though the plant is suitable for *L. lili* development (Ernst et al., 2007; this study) and the beetle occurs on cultivated lilies in the areas where *L. philadelphicum* was sampled (Lesage and Elliot, 2003). This would suggest that *L. lili* is unable to locate *L. philadelphicum* or that the plant is unacceptable as an oviposition site.

Dispersal and impact on native lilies

Human activity plays a key role in the movement of many plants of economic importance (Cox, 2004), and Lesage and Elliot (2003) attributed increased distribution of *L. lili* in Canada and the USA mainly to the commerce of potted lilies. However, the infestation of wild populations of native lilies indicates that natural dispersal also contributes to the spread of the beetle. The potential of *L. lili* to become common and widespread in natural ecosystems depends on its competitiveness (adaptations to climatic conditions, seasonal synchronization with the host, searching efficiency, vulnerability to natural enemies) and the availability of wild lily populations (density-dependent processes), so continued and expanded monitoring is essential to characterize the spatial and temporal trajectory of the alien herbivore in North America. Such monitoring would not only provide insight into the factors affecting the movement of the lily leaf beetle, but also contribute to evaluate the impact of this herbivore on threatened native species of *Lilium*. This could be considerable given the degree of host specificity of *L. lili* (Salisbury, 2003; Haye and Kenis, 2004), the high degree of defoliation caused by both larval and adult stages on cultivated lilies (Gold et al., 2001) and, as commonly observed for introduced species (Cox, 2004), the absence of natural enemies in North America (Livingston, 1996).

Most studies on alien herbivores have focused on invasive species of plants associated with agricultural, forest, or urban ecosystems. To our knowledge, there are virtually no records of introduced insect herbivores becoming a significant threat to native plants, endangered or not, except as mentioned above for the specific case of introduced biological control agents of weeds. Consequently, it is difficult to predict the potential impact of *L. lili* on native *Lilium* species. Confounded by the fact that there is a paucity of

information on the distribution and abundance of native *Lilium* populations in North America.

Eradication of *L. lili* might have been an option a few decades ago when the beetle was restricted to the island of Montréal. The situation has changed and it is our view that greater effort should be given to classical biological control. A guild of insect parasitoids attack the lily leaf beetle in Europe, with parasitism levels as high as 60-95% (Haye and Kenis, 2004), and in 2001 *Tetrastichus setifer* Thompson (Hymenoptera: Eulophidae) has been released in Massachusettes on cultivated lilies (Kenis et al., 2003). Any potential detrimental side-effects of the introduced parasitoid to native arthropods are reduced since the genus *Lilioceris* is absent in North America. Consequently, biological control would be the most viable option to protect the wild lily populations from the alien beetle.

Acknowledgments

We thank Anaïs Renaud and Josée Doyon for assistance in the field and the laboratory, Marc Rhainds and Stéphane Daigle for statistical advices, several botanists in Québec and Ontario who provided information about wild lily populations, and the Canada Research Chair program for its financial support.

Conclusion générale

L'objectif global de cette étude était d'évaluer la menace potentielle que le criocère du lis représente pour les populations sauvages de lis indigènes au Canada. Nos résultats indiquent clairement que même si l'insecte utilise principalement les espèces asiatiques en milieu aménagé comme hôte, le criocère du lis colonise maintenant au moins une espèce de lis indigène, soit le lis du Canada.

En laboratoire, il a été démontré que *L. canadense* est aussi convenable pour le développement du criocère du lis, de la larve à l'adulte, que les espèces de lis asiatiques, alors que *L. philadelphicum* l'est davantage. Ces résultats permettent d'appuyer l'hypothèse émise en début d'étude selon laquelle *L. canadense* et *L. philadelphicum* sont des espèces de lis indigènes convenables pour le développement du criocère du lis. Par contre, les individus élevés sur *L. canadense* ont démontré un taux de mortalité relativement élevé et inexplicable lors du développement pupal, ce phénomène a aussi été observé chez l'une des espèces asiatiques, *L. vivaldi*. Des résultats similaires aux nôtres ont été obtenus par Ernst et al. (2007) lors d'un test de convenance en laboratoire (*L. canadense* n'était pas testée) où les taux de survie de *L. lili* étaient beaucoup plus élevés sur *L. philadelphicum* que sur les autres espèces, même celles d'origine exotique.

D'autre part, suite aux relevés réalisés en milieu naturel sur les deux espèces de lis indigènes, nous avons pu constater l'infestation de plusieurs populations de *L. canadense* par le criocère du lis. Cela montre l'expansion de *L. lili* à l'extérieur des milieux aménagés. En effet, 40% (8/20 sites) des populations sauvages de *L. canadense* étaient attaquées par le

criocère du lis. Par contre, les facteurs environnementaux évalués lors de cette étude, tels la taille de la population de lis attaqués et la proximité des zones urbaines ou périurbaines, par exemple, n'ont pas permis de déterminer quantitativement la probabilité d'infestation des populations de lis sauvages (voir Annexe I). Nous ne pouvons ainsi appuyer l'hypothèse selon laquelle la probabilité d'infestation par le criocère du lis d'une population de lis indigène est fonction de la taille de la population. Il en va de même pour l'hypothèse selon laquelle les risques d'invasion par le criocère du lis sont plus grands pour les populations de lis indigènes à proximité des zones urbaines ou périurbaines parce que l'insecte y est plus abondant. Cependant, les différents niveaux de défoliation relevés permettent de montrer que le criocère peut affecter négativement cette espèce de lis au statut précaire. En effet, plusieurs sites étaient sévèrement affectés avec plus de 60% des plants lourdement défoliés par le ravageur.

Considérant la relative précarité de *L. canadense*, la convenance de cette espèce pour le développement du criocère du lis et la pression de défoliation que l'insecte peut engendrer sur un hôte, *L. lili* représente une menace pour le lis du Canada. De plus, à notre connaissance, cette étude représente la première mention d'attaque des populations sauvages de lis indigènes par *L. lili*. Il devient donc impératif de poursuivre les démarches scientifiques afin d'en savoir plus sur la biologie de l'insecte ainsi que sur son patron de dispersion parmi ces hôtes sauvages.

En ce qui concerne les relevés sur les populations sauvages de *L. philadelphicum*, aucune trace de présence de l'insecte n'a été détectée parmi ces dernières. La véritable raison de l'absence totale du coléoptère ou de défoliation attribuable à ce dernier demeure inconnue. Conséquemment, il est possible que l'habitat du *L. philadelphicum* soit trop

hostile au criocère. En effet, cette espèce de lis indigène préfère les milieux à sols très minces (alvars). Par conséquent, les caractéristiques du substrat et les conditions plus arides de ces milieux ne conviennent peut-être pas au développement du criocère lors de la phase de pupaison qui se fait en terre. De ce fait, il serait pertinent de tester la compatibilité entre les conditions de substrat favorables à la croissance de *L. philadelphicum* et celles nécessaires à la pupaison du criocère du lis, telles la granulométrie et la biochimie du sol. De plus, il serait intéressant d'étudier les capacités de l'insecte à repérer cet hôte en milieu sauvage. Cette voie exploratoire est d'autant plus pertinente que, lors de la présente étude, nous avons déterminé que *L. philadelphicum* convient au développement du criocère du lis en milieu contrôlé. Il serait également pertinent d'évaluer l'influence du choix des femelles de *L. lili* pour un hôte convenable en milieu sauvage pour y déposer ses oeufs. En effet, il est fréquent que les immatures performant très bien sur un hôte que la femelle ne privilégie pas comme site de ponte (Thompson, 1988).

À la lumière de nos résultats, il est primordial que différentes mesures soient prises afin de protéger ces espèces florales indigènes. Ces dernières sont d'une vulnérabilité croissante due à la pression additionnelle engendrée par la présence d'espèces exotiques souvent exemptes d'ennemis naturels connus ou de moyens de contrôle adaptés en Amérique du Nord. Ainsi, considérant la vitesse croissante de l'expansion nord américaine du criocère et la présence de ce dernier parmi les populations sauvages de lis indigènes au statut précaire, il est primordial d'approfondir rapidement les recherches de caractérisation d'infestation d'hôtes sauvages et de colonisation des milieux par *L. lili*. Enfin, les espèces de *Lilium* vulnérables à la pression de broutage du criocère doivent être étroitement surveillées afin de préserver l'intégrité des populations en milieux sauvages. Par ailleurs, d'autres *Lilium* indigènes ainsi que des espèces parmi les Liliaceae sauvages ne restent sans

doute pas sans danger à l'attaque du coléoptère qui pourrait éventuellement élargir sa sélection d'hôtes dans son nouveau milieu (Ernst, 2005). D'autres études sont nécessaires afin de déterminer quels hôtes indigènes seraient plus à risque que d'autres à l'invasion du criocère du lis et de cerner le comportement de l'insecte lors de la sélection d'un hôte potentiel.

En parallèle, des moyens de contrôle de l'insecte doivent rapidement être élaborés afin de restreindre rapidement l'espèce dans sa phase d'expansion. Les études de lutte biologique entreprises au Massachussetts mettant à profit les parasitoïdes naturels de *L. lili* (Kenis et al., 2003; Casagrande et al., 2004) doivent non seulement inclure le contrôle de l'insecte en milieu aménagé mais également l'évaluation de la possibilité d'appliquer ces méthodes pour protéger les espèces indigènes en milieu sauvage. Ainsi, le rayon d'action à court et à long terme autour d'un point de relâchement de parasitoïdes en milieu urbain et sauvage doit être évalué. Il est important de discerner ces derniers puisque le patron de dispersion peut varier en fonction du type de milieu. De plus, l'évaluation des risques de parasitisme chez d'autres espèces de coléoptères par ces parasitoïdes suite à leur introduction nord américaine ne doit pas être négligée. En effet, la spécificité de ces derniers pour *L. lili* en conditions naturelles, et non contrôlées lors d'un projet d'étude, est essentielle à la réussite de tout projet de contrôle biologique (Babendreier et al., 2005).

En termes de mesures préventives pour diminuer le degré d'impacts négatifs face à la capacité d'utilisation d'hôtes indigènes par le criocère du lis en milieu sauvage, les commerçants et horticulteurs amateurs doivent être intégrés à la première ligne d'action. En effet, la sensibilisation de ces derniers est essentielle via la communication d'informations pour mieux connaître l'insecte et les moyens de contrôle facilement applicables. Ainsi,

l'élimination d'individus de façon mécanique (capturer et tuer ces derniers) dès leur apparition au printemps et la façon de les détecter sous toutes leurs formes (œufs, larves et adultes) tout au long de la période pendant laquelle l'insecte est actif contribueront à minimiser localement l'explosion des effectifs et donc diminuer le nombre d'individus pouvant coloniser les milieux sauvages adjacents.

Face à ce cas d'importation accidentelle problématique, qui n'est qu'un exemple parmi tant d'autres, il est plus qu'important de comprendre le rôle que l'humain joue sur son environnement de façon directe ou indirecte via ses activités commerciales. La biodiversité indigène est l'une des victimes de ces activités et nous devons être sensibilisés et minimiser notre impact dans le but de conserver chacune des espèces qui nous entourent.

Bibliographie

- Arnett, R.H. Jr., Thomas, M.C., Skelley, P.E. et Frank, J.H. 2002. American Beetles (Volume 2) - Polyphaga: Scarabaeoidea through Curculionoidea. CRC Press LLC, United States of America. 861pp.
- Babendreier, D., Bigler, F. et Kuhlmann, U. 2005. Methods used to assess non-target effects of invertebrate biological control agents of arthropod pests. *BioControl*. 50: 821-870.
- Baker, H.G. 1986. Patterns of plant invasion in North America. Dans Mooney, H.A. et Drake, J.A. (éd.) *Ecology of Biological Invasions of North America and Hawaii*. New York, USA. pp.44-57.
- Berti, N. et Rapilly, M. 1976. Faune d'Iran; Liste d'espèces et révision du genre *Lilioceris* Reitter [Col. Chrysomelidae]. *Annales de la Société Entomologique de France*. 12: 31-73.
- Brockerhoff, E.G., Liebhold, A.M. et Jactel, H. 2006. The ecology of forest insect invasions and advances in their management. *Canadian Journal of Forest Research*. 36: 263-268.
- Brown, W.J. 1946. Some new Chrysomelidae, with notes on other species (Coleoptera). *The Canadian Entomologist*. 78: 47-54.
- Cox, M.L. 2004. Flight in seed and leaf beetles (Coleoptera, Bruchidae, Chrysomelidae). Dans Jolivet, P., Santiago-Blay, J.A. et Schmitt, M. *New developments in the biology of Chrysomelidae*. Academic Publishing. The Hague, The Netherlands. pp.355-393.
- Casagrande, R.A., Gold, M.S. et Tewksbury, L. 2004. Lily leaf beetle biological control: A research report to the North American Lily Society. *Lily Yearbook of the North American Lily Society*. North American Lily Society Inc. Owatonna, USA. 56: 105-109.
- Cavey, J.F., Hoebeke, E.R., Passoa, S. et Lingafelter, S.W. 1998. A new exotic threat to North America hardwood forests: an Asian longhorned beetle, *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) (Coleoptera: Cerambycidae). I. Larval description and diagnosis. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*. 100: 373-381.
- CDPNQ (Centre de Données sur le Patrimoine Naturel du Québec). 2008. Les plantes vasculaires menacées ou vulnérables du Québec, 3e édition. Gouvernement du Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du patrimoine écologique et des parcs, Québec. 180p.
- Deroe, C. et Pasteels, J. M. 1982. Distribution of adult defense glands in chrysomelids (Coleoptera: Chrysomelidae) and its significance in the evolution of defense mechanisms within the family. *Journal of Chemical Ecology*. 8: 67-82.

- Ernst, C. 2005. The lily leaf beetle (*Lilioceris lili*): an unwelcome invader. The lily yearbook of the North American Lily Society, Inc. 58: 29-34.
- Ernst, C., Cappuccino, N. et Arnason, J.T. 2007. Potential novel hosts for the lily leaf beetle *Lilioceris lili* Scopoli (Coleoptera: Chrysomelidae) in eastern North America. *Ecological Entomology*. 32: 45-52.
- Fleurbec. 1983. Plantes sauvages des villes, des champs et en bordure des chemins - 2. Fleurbec auteur et éditeur. Saint-Augustin, Québec. 208p.
- Fox-Wilson, G. 1942. The lily beetle, *Crioceris lili* (Scop.). *Journal of the Royal Horticultural Society*. 67: 165-168.
- Gilbert, H. 2005. Espèces menacées ou vulnérables <http://www.mddep.gouv.qc.ca/biodiversite/especes/lis/index.htm>. Développement durable, Environnement et Parcs Québec. Consulté le 10/01/2006.
- Gold, M.S., Casagrande, R.A., Tewksbury, L.A., Livingston, S.B. et Kenis, M. 2001. European parasitoids of *Lilioceris lili* (Coleoptera: Chrysomelidae). *The Canadian Entomologist*. 133: 671-674.
- Haye, T. et Kenis, M. 2004. Biology of *Lilioceris* spp. (Coleoptera, Chrysomelidae) and their parasitoids in Europe. *Biological Control*. 29: 399-408.
- Hulme, P.E. 2003. Biological invasions: Winning the science battles but losing the conservation war? *Oryx*. 37: 178-193.
- Jones, R.A. 1994. Merdigery and maternal care in a leaf beetle. *Entomologist's Record*. 106: 7-12.
- Kenis, M., Haye, T., Casagrande, R.A., Gold, M.S. et Tewksbury, L.A. 2003. Selection and importation of European parasitoids for the biological control of the lily leaf beetle in North America, and prospects for control in Europe. *Proceedings of the 1st International Symposium on Biological Control of Arthropods*. Honolulu, Hawaii, 14-18 January 2002. pp.416-419.
- Kim, K.C. et McPherson, B. 1993. Insect pests and evolution. Dans Kim, K.C. et McPherson, B.A. (éd.) *Evolution of insect pests: patterns of variation*. John Wiley & Sons, New York, pp.3-25.
- Kolar, C.S. et Lodge, D.M. 2001. Progress in invasion biology : Predicting invaders. *Trends in Ecology and Evolution*. 16: 199-204.
- Labeyrie, V. 1963. *Lilioceris*. Dans Balachowsky, A.S. (éd.). *Entomologie Appliquée à l'Agriculture*, Tome 1. Masson & Cie, Paris. pp.588-595.
- Lau, J.A. 2008. Beyond the ecological: Biological invasions alter naturel selection on a native plant species. *Ecological Society of America*. 89: 1023-1031.

- Lawrence, B. 1996. *Lilium philadelphicum* in Saskatchewan. The Lily Yearbook of the North American Lily Society. North American Lily Society Inc. Owatonna, USA. 48: 115-117.
- LeSage, L. 1983. Note sur la distribution présente et future du criocère du lys, *Lilioceris lili* Scopoli (Coleoptera: Chrysomelidae), dans l'est du Canada. Naturaliste Canadien (Rev. Écol. Syst.) 110: 95-97.
- LeSage, L. 1992. Le criocère du lis, *Lilioceris lili* (Scopoli), au Canada (Coleoptera: Chrysomelidae). La Revue Canadienne des Insectes Nuisibles aux Cultures. 70: 88-96.
- LeSage, L. et Elliot, B. 2003. Major range extension of the lily leaf beetle (Coleoptera: Chrysomelidae), a pest of wild and cultivated Liliaceae. Canadian Entomologist. 135: 587-588.
- Levine, J.M. 2008. Biological invasions. Current Biology. 18: R57-R60.
- Liebhold, A.M., MacDonald, W.L., Bergdahl, D. et Mastro, V.C. 1995. Invasion by exotic forest pests: a threat to forest ecosystems. Forest Science Monograph. 30: 1-49.
- Liebhold, A.M. et Tobin, P.C. 2008. Population ecology of insect invasions and their management. Annual Review of Entomology. 53: 387-408.
- Livingston, S.B. 1996. Biology, control, and host range of *Lilioceris lili*: A new ornamental pest in the USA. Thèse de Maîtrise, University of Rhode Island, Kingston, USA. 78p.
- Lodge, D.M. 1993. Biological invasions: Lessons for ecology. Trends in Ecology & Evolution. 8: 133-137.
- Louda, S.M., Kendall, D., Connor, J. et Simberloff, D. 1997. Ecological effects of an insect introduced for the biological control of weeds. Science. 277: 1088-1090.
- Lu, W. et Casagrande, R.A. 2001. *Lilioceris lili* (Scopoli) occurs in China (Coleoptera: Chrysomelidae). The Coleopterist Bulletin. 55: 65-66.
- Mack, R.N., Simberloff, D., Lonsdale, W.M., Evens, H., Clout, M. et Bazzaz, F.A. 2000. Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences, and control. Ecological Applications. 10: 689-710.
- Marie-Victorin, Fr. 1995. Flore laurentienne. 3^{ième} éd. Mise à jour et annotée par L. Brouillet, S. Hay et I. Goulet en collaboration avec M. Blondeau, J. Cayouette et J. Labrecque. Gaëtan Morin, éditeur. 1093p.
- Müller, C. et Hilker, M. 2004. Ecological relevance of fecal matter in Chrysomelidea. Dans Jolivet, P., Santiago-Blay, J.A. et Schmitt, M. New developments in the biology of Chrysomelidae. Academic Publishing, The Hague, The Netherlands. pp.694-705.

- Neid, J. 1993. Itinéraire gastronomique d'une chrysomèle. Bulletin de la Société Sciences Nat. 80: 24.
- Nowak, D.J., Pasek, J.E., Sequeira, R.A., Crane, D.E. et Mastro, V.C. 2001. Potential effect of *Anoplophora glabripennis* (Coleoptera : Cerambycidae) on urban trees in the United States. Journal of Economical Entomology. 94: 116-122.
- Obermaier, E. et Zwölfer, H. 1999. Plant quality or quantity? Host exploitation strategies in three Chrysomelidae species associated with Asteraceae host plants. Entomologia Experimentalis et Applicata. 92: 165-177.
- Pimentel, D., Lach, L., Zuniga, R. et Morrison, D. 2000. Environmental and economic costs of nonindigenous species in the United States. BioScience. 50: 53-65.
- Primack, R.B. 2002. Essentials of conservation biology. 3^{ième} éd. Sinauer Associates, Inc. Sunderland, Massachussets, U.S.A. 698p.
- Salisbury, A. 2003. A further note on the continued spread in Britain of the Lily Beetle *Lilioceris lili* (Scopoli) (Chrysomelidae), with notes on its host plant range. The Coleopterist. 12: 67-76.
- Sakai, A.K., Allendorf, F.W., Holt, J.S., Lodge, D.M., Molofsky, J., With, K.A., Baughman, S., Cabin, R.J., Cohen, J.E., Ellstrand, N.C., McCauley, D.E., O'Neil, P., Parker, I.M., Thompson, J.N. et Weller, S.G. 2001. The population biology of invasive species. Annual Review of Ecology and Systematics. 32: 305-332.
- Sandlund, O., Schei, P.J. et Vikwn, A. (éd.). 1996. Proceedings of the Norway/UN Conference on Alien Species: the Trondheim Conferences on Biodiversity, 1-5 July 1995. Directorate for Nature Management/Norwegian Institute for Nature Research. Trondheim, Norway.
- SAS Institute Inc. 2003. JMP IN version 5.1. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA.
- Schaffner, U. et Müller, C. 2001. Exploitation of the fecal shield of the lily leaf beetle, *Lilioceris lili* (Coleoptera: Chrysomelidae), by the specialist parasitoid *Lemophagus pulcher* (Hymenoptera: Ichneumonidae). Journal of Insect Behavior. 15: 739-757.
- Schönrogge, K. et Crawley, M.J. 2000. Quantitative webs as means of assessing the impact of alien insects. Journal of Animal Ecology. 69: 841-868.
- Simberloff, D. et Stiling, P. 1996. How risky is biological control? Ecology. 77: 1965-1974.
- Skinner, M.W. 2002. Magnoliophyta: Liliidae: Liliales and Orchidales. In: Flora of North America Editorial Committee (éd.) Flora of North America North of Mexico, Vol 26. Oxford University Press, New York Oxford, pp.172-197.

- Strong, D.M., Lawton, J.H. et Southwood, R. 1984. *Insects on plants : Community, patterns and mechanisms*. Harvard University Press. Cambridge, Mass.
- Tardif, B., Lavoie, G. et Lachance, Y. 2005. *Atlas de la Biodiversité du Québec : Les espèces menacées et vulnérables*. Gouvernement du Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du développement durable, du patrimoine écologique et des parcs, Québec. 60p.
- Thompson, J.N. 1988. Evolutionary ecology of the relationship between oviposition preference and performance of offspring in phytophagous insects. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 47: 3-14.
- USDA, NRCS. 2008. The PLANTS Database (<http://plants.usda.gov>, 22 mars 2008). National Plant Data Center, Baton Rouge, LA 70874-4490 USA.
- Wilcove, D.S., Rothstein, D., Dubow, J., Phillips, A. et Losos, E. 1998. Quantifying threats to imperiled species in the United States. *Bioscience*. 48: 607-615.
- Woodcock, H.B.D. et Stearn, W.T. 1943. *Lilies of the World*. Charles Scribner's Sons, New York. 431p.

ANNEXE

Annexe 1. Caractérisation de l'infestation des populations naturelles de lis indigènes au Québec et en Ontario par le criocère du lis.

Introduction

Le criocère du lis a franchi, près de 40 ans après son introduction en Amérique du Nord, les limites de l'île de Montréal. Actuellement, ce ravageur majeur des lis ornementaux prend de l'expansion sur le territoire américain (Lesage et Elliot, 2003). Au Canada et aux États-unis, la dispersion des populations du criocère du lis s'effectue principalement par l'entremise du commerce de lis ornementaux. Étant donné sa progression actuelle, il semble fort probable que des individus colonisent maintenant, à partir de puits urbains, les milieux naturels adjacents. Dans ce contexte, une menace potentielle plane sur les espèces de lis indigènes, ces dernières représentant des hôtes potentiels pour le criocère. En effet, celui-ci utilise, sur son continent d'origine, une multitude d'espèces de *Lilium* sauvages pour son développement et sa reproduction, en plus des espèces de lis ornementaux commercialisés (Livingston, 1996; Lu et Casagrande, 2001, Haye et Kenis, 2004). De ce fait, le second volet de la présente étude visait à caractériser l'infestation de populations sauvages de lis indigènes par le criocère du lis au Québec et en Ontario, soit *Lilium canadense* et *L. philadelphicum*. Plus précisément, l'objectif était d'identifier des facteurs anthropiques et environnementaux corrélés à la présence de l'insecte en milieu naturel dans le but de caractériser l'infestation des populations sauvages de lis indigènes par le criocère du lis. Dans ce sens, deux hypothèses ont été émises en début d'étude soit que la probabilité d'infestation d'une population de lis indigène par le criocère du lis augmente avec la taille de la population et que les risques d'invasion par le criocère du lis sont plus grands pour les populations de lis indigènes situées à proximité des

zones urbaines ou péri-urbaines parce que des foyers d'infestations de l'insecte y sont présents. Ainsi, nous cherchons ultimement à déterminer des facteurs propices à l'établissement des populations du criocère du lis en milieu sauvage afin d'éventuellement aider au contrôle de ce ravageur potentiel.

Méthodologie

Sélection des sites expérimentaux

L'invasion des populations de lis indigènes, soit *Lilium canadense* et *L. philadelphicum*, a été étudiée au Québec et en Ontario durant l'été 2006. La sélection et l'identification des sites expérimentaux ont été réalisées par la consultation de spécimens d'herbiers (Herbier Marie-Victorin (MT ; Université de Montréal, Montréal, QC), Herbier du Québec (QUE ; Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, QC), Herbier du Canada (CAN ; Musée Canadien de la Nature, Ottawa, ON), Herbier Louis-Marie (QFA ; Université Laval, Québec, QC), Herbier d'Ottawa (DAO ; Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ottawa, ON) et Herbier de l'Université de Toronto (TRT ; Toronto, ON)) ainsi qu'en contactant des botanistes professionnels et amateurs du Québec et de l'Ontario. Les sites ont été sélectionnés afin de couvrir l'essentiel de l'aire de distribution géographique des deux espèces de lis à l'intérieur des deux provinces canadiennes, cela en considérant les contraintes logistiques d'accès aux sites.

Pour chaque site expérimental, un code d'identification a été attribué selon le nom de la ville ou de la localité où des populations de lis indigènes ont été identifiées. De 1 à 5 quadrats de 5 mètres de côté (25 m²) ont été réalisés à chacun des sites. Un quadrat était délimité à partir d'un lis «central» choisi aléatoirement parmi une population de lis. Un

total de 20 sites a été analysé pour *L. canadense* au Québec tandis que le nombre de sites inventoriés pour *L. philadelphicum* s'est élevé à 13 au Québec et en Ontario.

L'échantillonnage a été exécuté durant les mois de juin et juillet puisque cette période correspond à la floraison des deux espèces de lis indigènes. Ceci a donc grandement facilité le repérage des sites expérimentaux et l'identification des quadrats.

Paramètres à l'étude

À l'intérieur de chaque quadrat géoréférencé à partir du lis «central», certains paramètres ont été relevés afin de déterminer des facteurs du milieu immédiat et des environs pouvant être corrélés aux risques d'infestation (présence/absence) des populations de lis indigènes. Les paramètres suivants ont été relevés (Tableau III):

- 1) Le nombre et la hauteur (en mètres) des plants de lis.
- 2) Le niveau des dommages (défoliation), s'il y a lieu, de chaque plant infesté à l'intérieur de chaque quadrat (% du feuillage et des fleurs dévorés par les criocères du lis selon une échelle en tranche de 10%).
- 3) Analyse visuelle de la végétation: strate dominante (herbacée, arbustive, arborescente) et distance du quadrat au couvert végétal complet le plus proche (si présent).
- 4) Le degré de drainage (1 à 6 ; 1 étant « excessivement bien drainé ») et de submersion (1 à 5 ; 1 étant « jamais inondé ») pour chacun des quadrats selon une analyse visuelle du sol de chaque station.
- 5) La présence d'un cours d'eau ou d'une route avec la distance (en mètres) de ce dernier par rapport au quadrat.

De plus, pour chaque quadrat, la présence d'habitations dans un rayon d'un kilomètre a été déterminée à l'aide de cartes topographiques de précision 1/20 000 du Ministère des Ressources naturelles et de la Faune.

Tableau III. Feuille type de prise de données lors de l'échantillonnage des populations de *Lis* sauvage ; Exemple pour un quadrat de *L. canadense*.

Volet II Feuille terrain							
Espèce	<i>L. canadense</i>						
Date	3 jul 2006						
Site	Ascot Comer, bord de Rivière Saint-François, 2 ^{ème} port après le village, 112 Est (Beauce, Qc)						
Quadrat	ASCO1						
GPS	N 45 29 09 O 71 40 52						
Lis	Part	P1	P2	P3	P4	P5	...PN
	Hauteur (m)	1,39	1,55	1,60	0,45	1,75	
	Stade et rb. (excl 5)	F13	V	F14	M	F16	
	Domages (%)	70	50	60	20	40	
	Nombre total	5					
Nb. Cricières	Adultes	3	0	1	0	0	
	Larves	29	8	32	0	13	
	Oeufs	9	21	31	0	44	
	Total	191					
Végétation	Strate dominante	Arborescente					
	Espèce dominante	<i>Alnus rugosa</i>					
	Autre florée et distance	<i>Veratrum viride</i> ; 0 m (dans quadrat)					
	Couvert complet	0 m (au dessus du quadrat)					
Sol	Recouvrement	Couvert					
	Drainage	5					
	Submersion	3					
Route/Cours d'eau	Rivière Saint-François = 60 cm dans le quadrat; Rte 112 = à 412 m						
Nombre d'habitations	71						
Description du milieu	Escarpement sur la rive; Semi-ombragé.						
Remarques	Rive inondée; Plats en haut d'un escarpement.						

Légende : Stade – V: végétatif ; Fl: floraison ; Fr: fructification.

Drainage – 1 : Sol excessivement drainé; 2 : Bien drainé; 3 : Modérément bien drainé;

4 : Imparfaitement drainé; 5 : Mal drainé; 6 : Très mal drainé.

Submersion – 1 : Station jamais inondée; 2 : Inondable accidentellement; 3 : Submergée périodiquement mais pendant moins de 6 mois; 4 : Plus de 6 mois; 5 : Toujours submergée en eau peu profonde.

Analyses statistiques des données

Une analyse discriminante a été effectuée afin de caractériser la présence/absence de criocères du lis parmi les populations sauvages de lis indigènes en fonction des paramètres environnementaux pour chaque quadrat. Les données des 60 quadrats de *L. canadense* ont été préalablement centrées-réduites afin de palier au problème de covariabilité des paramètres. Aucune analyse n'a été faite à partir des données obtenues pour *L. philadelphicum* puisque le criocère n'y était pas présent. Le logiciel JMP IN 5.1 (SAS Institute, Inc., 2003) a été utilisé pour toutes les analyses statistiques.

Résultats

Aucune tendance significative n'a été identifiée entre la présence/absence du criocère du lis, ou la quantité d'individus parmi les populations sauvages de lis indigènes, et un ou l'autre des paramètres relevés (Figure 8).

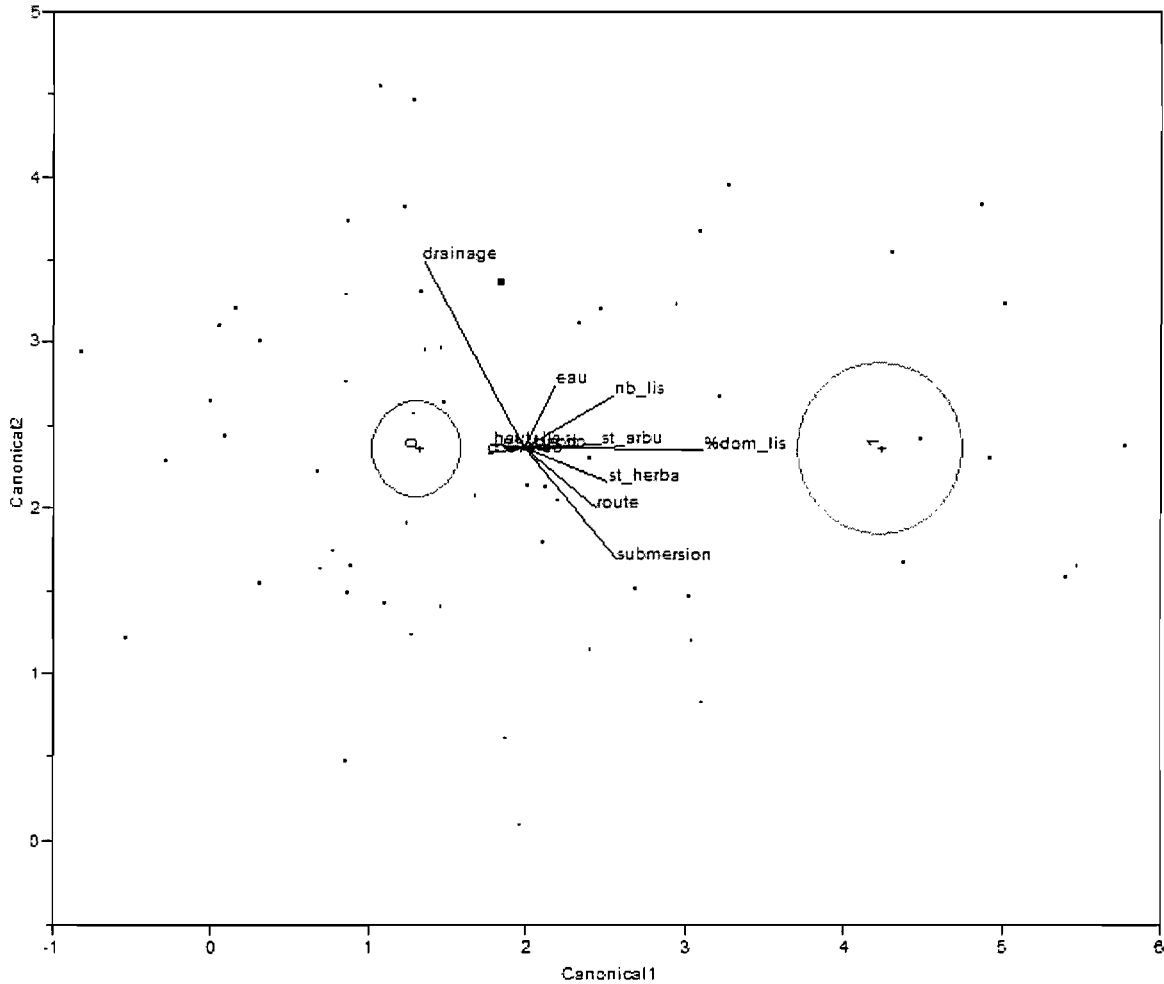


Figure 8. Analyse discriminante des 60 quadrats de *L. canadense* pour y caractériser la présence (cercle vert (+1)) ou l'absence (cercle rouge (+0)) de *L. lili* selon les paramètres de l'étude. L'analyse discriminante a été vérifiée à l'aide d'un test Lambda de Wilks ($F= 4.702$, $df= 12$, $p < 0.001$).

Conclusion

L'analyse des paramètres environnementaux mesurés sur le terrain n'a montré aucune corrélation entre ceux-ci et la présence/absence ou quantité de criocères du lis parmi les populations sauvages de *L. canadense*. Cela suggère qu'aucun des paramètres évalués ne détermine la susceptibilité d'une population de lis du Canada à l'infestation par le criocère du lis. Par contre, il serait intéressant d'approfondir les paramètres de cette étude en raffinant l'échelle. Par exemple, parmi les habitations comprises dans un rayon d'un kilomètre autour des quadrats échantillonnés, le contenu des jardins pourrait être identifié. Nous pourrions ainsi nous questionner à savoir s'il y a corrélation entre la présence de plants de lis dans ces jardins et l'infestation des populations sauvages de lis indigènes par le criocère du lis dans les environs.

Considérant l'expansion rapide du criocère du lis en Amérique du Nord et la présence de ce dernier parmi les populations sauvages de lis indigènes au statut précaire, il est primordial de poursuivre les recherches sur la caractérisation des paramètres biotiques et abiotiques qui influencent l'infestation et la colonisation des populations d'hôtes sauvages par *L. lili*.