

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

ETUDES DES POPULATIONS DE PENTATOMIDAE A TRAVERS PLUSIEURS  
TECHNIQUES DE DEPISTAGE EN CHAMP DE POIS FRAIS AU QUEBEC

MÉMOIRE  
PRÉSENTÉ  
COMME EXIGENCE PARTIELLE  
DE LA MAÎTRISE EN BIOLOGIE

PAR  
AURÉLIEN STIRNEMANN

MARS 2022

## REMERCIEMENTS

Ce long travail de maîtrise qui a débuté en doctorat s'est avéré d'une longueur éreintante, semé d'embûches avec des moments de joies, de rires mais aussi de peines et d'angoisses. Pour m'avoir aidé à traverser cette épreuve j'ai pu compter sur de nombreuses personnes autour de moi que je dois remercier. Avant toute personne, je me dois de remercier le programme qui a financé ce projet, le programme MITACS Accélération, ainsi que l'entreprise qui m'a permis de faire mes échantillonnages dans leurs champs.

Tout d'abord, je remercie mon directeur de recherche, Éric LUCAS qui a su me faire confiance pour mener ce projet à terme. Il a su me bousculer et éclaircir ce que signifie « porter un projet ». Ses idées toujours fulgurantes m'ont incité à repenser constamment le projet et à trouver la motivation pour faire des analyses toujours plus poussées des données. Aux côtés de mon directeur de recherche, je dois remercier mes deux co-directrices Annie-Ève GAGNON et Geneviève LABRIE. Leurs expertises sur les sujets agronomiques m'ont aidé à voir le côté pratique de mon étude et toutes les perspectives qui peuvent en découler. Mais en plus de m'apporter connaissances théoriques et suggestions de terrain, elles ont su me mettre en confiance dans les moments difficiles.

De nombreuses autres personnes ont participé, de près ou de loin à ce projet, sans qui les travaux de recherche établis ici n'auraient pas pu voir le jour. Pour cela, je remercie en premier lieu les personnes qui m'ont aidé à m'intégrer dans mon laboratoire partenaire, le CEROM. Ces mêmes personnes qui ont rendu possible le travail de terrain essentiel à mon projet. À ce propos, je remercie Mathieu NEAU qui me transportait chaque matin et chaque soir entre Montréal et le laboratoire du CEROM, que de bons souvenirs avec ta facilité à discuter et à rire sur les actualités, la géopolitique mondiale ou les dernières technologies. Je remercie également Alexis LATRAVERSE et Patrice HAMELIN pour m'avoir partagé leur bonne humeur et leurs conseils sur l'identification et l'analyse de données. Je tiens à remercier aussi Marianne BESSETTE, qui a été mon assistante de terrain durant l'été 2017 mais pas que, car c'est aussi elle qui a rendu possible l'été de terrain de 2016 alors que j'étais en France. Toujours ponctuelle, organisée et souriante, c'était un véritable plaisir de faire de longues heures de route avec toi, à travers la Montérégie, en discutant d'un nombre de sujets incalculable tout en me familiarisant avec un vocabulaire québécois qui était alors, un mystère pour moi. Je dois aussi une reconnaissance à celle qui au CEROM était la plus attentive à mes difficultés et à mes humeurs, Jennifer DE ALMEIDA. Par sa générosité sans faille (comprenant des donations de chocolats) et son esprit plein de vie, elle était un véritable rayon de soleil à mon égard pendant les longues heures d'identification. Je remercie également le laboratoire au complet du CEROM pour m'avoir permis de faire des expériences supplémentaires sur une de leurs parcelles expérimentales durant l'été 2017 et d'avoir fourni un apport logistique et matériel conséquent pour le projet de recherche.

À part le CEROM, une grande partie de mon temps s'est écoulé entre les murs d'un laboratoire avec des bureaux quelques peu étroits mais conviviaux, il s'agit du laboratoire de lutte biologique de l'UQAM. L'ensemble des étudiants que j'ai pu côtoyer dans ce laboratoire ont pu m'aider de différentes manières mais surtout par leur soutien moral. La solitude d'un travail de recherche engendre des moments de doutes qui nécessite un appui moral régulier sans lequel on se perdrait dans les méandres des questions toujours plus nombreuses au fur et à mesure que l'on avance. Les étudiants du laboratoire ont comblé cette nécessité. En effet, la solidarité et l'entraide est une chose à chérir et elle ne manque pas dans ce laboratoire. La multitude d' étudiants du laboratoire de lutte biologique sont autant d' oreilles attentives et de paroles réconfortantes qui ont été indispensables à mes yeux. Merci spécifiquement à Audrey LAFRENAYE, Stéphane BARRIAULT, Paula CABRERA et Alice DEDONDER. Je remercie particulièrement Didier LABARRE et Jill VANDERMEERSCHEN pour m'avoir aidé à entrevoir l'espace intersidéral et toutes les possibilités sans limites que les statistiques représentent. Dans le laboratoire de lutte biologique, il faut donner du mérite à Marc FOURNIER, sans lequel les activités de recherche seraient quasi-toutes compromises. Professionnel du plan D, expert en élevage, toujours sur le qui-vive et prêt à répondre à n'importe quelle interrogation avec calme. Marc est un professionnel de recherche sur lequel on peut compter et qui selon les dires survit grâce à la photosynthèse ! Je remercie également Claudine DESROCHES, toujours authentique et petillante, cela a été un véritable plaisir d'enseigner avec toi. De plus, qu'aurais-je fait sans toi pour déménager trois fois l'année (chaque année) ? Pour finir avec ce laboratoire de lutte biologique, qui décidément regorge de personnes incroyables, je dois parler de Julie-Éléonore MAISONHAUTE. Elle a été la première personne que

j'ai rencontré lors de mon arrivée au laboratoire, un soir d'hiver. Depuis ce moment, elle a toujours été là pour moi quand j'en avais besoin et j'ai pu à travers elle acquérir une expérience de recherche et une expérience humaine qui a joué un rôle conséquent sur la réalisation de ce travail. Tu as toujours été prête à me rendre service, que ce soit pour pouvoir rentrer en France, pour m'emmener au CEROM, pour écouter mes déboires sentimentaux ou professionnels. Tu as su me faire rire et m'apprendre à laisser couler l'eau sous les ponts lorsque c'était nécessaire. Merci pour tout Julie.

Pour finir, je ferais des dédicaces plus personnelles car au-delà des compétences théoriques et pratiques, faire une maîtrise est synonyme d'oscillation de sensation entre des moments de doute et des moments de satisfaction qu'il est toujours meilleur de partager. Pour m'aider à traverser ces moments d'incertitudes, j'ai pu compter sur une personne qui m'aimait et qui a toujours été là pour moi, mon ex-compagne Apolline CHABENAT. Sa confiance en mes capacités et ses discours avaient le talent de me rassurer mais elle savait aussi me rappeler à l'ordre lorsque je m'enfonçais dans la paresse. Elle a été une source de motivation incommensurable et rentrer en France la voir était un enchantement. Tu m'a aidé pendant trois longues années à distance et je te remercie pour ton courage. Je remercie aussi ma famille proche. Merci à mon père qui a su me donner la détermination de ne jamais se laisser abattre mais qui m'a aussi appris à accepter l'échec. Merci à ma mère qui a tant sacrifié pour moi afin que je puisse faire mes études depuis déjà de longues années. Aucun mot ne pourra montrer l'intensité des remerciements que je devrais te faire. Je remercie aussi mon frère et ma sœur avec qui j'ai traversé de nombreuses épreuves pour arriver jusqu'ici. Toujours solidaire on ne s'est jamais lâché qu'importe les situations familiales complexes

auxquelles on a pu faire face. Pour finir ces remerciements, je suis obligé de parler de mon binôme, mon pilier, mon colocataire, mon frérot et grand ami Louis ASTORG. Rencontré lors d'un cours de diversité animale, la connexion s'est faite assez rapidement grâce à un humour commun dévastateur et une irrésistible envie de débattre de manière constructive sur les méthodes scientifiques, les techniques pédagogiques et bien d'autres sujets. Les moments avec toi étaient nombreux mais toujours agréables. Entre pétanques au parc Laurier, longues soirées dans l'appartement à mimer des chevaux au galops, les repas Basha sur la tour de contrôle, le jeu du caillou, les déménagements galère avec comme tout véhicule un skate, et plus récemment les sessions chants dans le Nord, on a passé des moments parfois intenses, parfois moins intenses mais toujours avec le sourire dans le coin de la lèvre. Au-delà des moments de joies, lorsque l'on a traversé des situations difficiles, on s'est toujours supporté et conforté, ce qui m'a aidé à voir les choses avec une autre perspective malgré mon entêtement. Merci !

## AVANT-PROPOS

Ce mémoire de maîtrise en biologie est présenté sous la forme d'articles scientifiques. Il contient quatre chapitres : l'introduction rédigée en français qui développe la problématique, l'état des connaissances et les objectifs de ce projet de recherche ; le premier article rédigé en français ; le deuxième article rédigé en anglais ; et une conclusion rédigée en français. Les articles sont respectivement intitulés « Composition spécifique, abondances saisonnières et influence des facteurs abiotiques chez les punaises à bouclier (Hemiptera : Pentatomidae) en champ de pois au Québec » et « Which is the best sampling technique for phytophagous stink bugs (Hemiptera : Pentatomidae) ». Les auteurs sont Aurélien Stirnemann, Annie-Ève Gagnon, Geneviève Labrie et Éric Lucas. Le premier article traite de la composition spécifique, de la dynamique temporelle et des facteurs abiotiques influençant l'abondance des Pentatomidae en champ de pois. Tandis que le deuxième article s'attarde sur l'effet de bordure et sur une réflexion à propos des techniques de dépistage des Pentatomidae par le biais d'une comparaison agro-économique. Le premier article a été publié dans le périodique scientifique à comité de lecture « *Phytoprotection* ». Le deuxième article sera soumis au périodique scientifique « *Journal of Economic Entomology* ». J'ai récolté, traité les données, effectué les analyses et rédigé les articles. Marianne Bessette a également participé à la récolte de données sur le terrain. Éric Lucas, Geneviève Labrie et Annie-Ève Gagnon ont encadré mon travail. Tous les auteurs ont participé à la rédaction des articles.

## TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES.....	xi
LISTE DES TABLEAUX.....	xiii
RÉSUMÉ .....	xiv
ABSTRACT .....	xv
CHAPITRE I INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	1
1.1 Contexte .....	1
1.1.1 Reconversion de l'agriculture mondiale .....	1
1.1.2 Le pois frais.....	4
1.2 Problématique .....	5
1.3 État des connaissances .....	8
1.3.1 Systèmes biologiques .....	8
1.3.2 Concepts .....	26
1.4 Objectifs et hypothèses .....	29
1.4.1 Composition spécifique des Pentatomidae et facteurs écologiques associés au nombre de captures.....	30
1.4.2 Comparaison de techniques de dépistage et effet de bordure .....	31
1.5 Références.....	32

CHAPITRE II COMPOSITION SPÉCIFIQUE, ABONDANCES SAISONNIÈRES ET INFLUENCE DES FACTEURS ABIOTIQUES CHEZ LES PUNAISES À BOUCLIER (HEMIPTERA : PENTATOMIDAE) EN CHAMP DE POIS AU QUÉBEC.....	Erreur ! Signet non défini.
2.1 Résumé .....	64
2.1.1 Abstract .....	64
2.1.2 Résumé.....	64
2.2 Introduction.....	65
2.3 Matériel et Méthodes .....	68
2.3.1 Sites d'échantillonnage .....	68
2.3.2 Pièges à phéromones .....	70
2.3.3 Observations visuelles.....	71
2.3.4 Facteurs abiotiques.....	72
2.3.5 Analyses statistiques .....	73
2.4 Résultats.....	75
2.4.1 Composition spécifique.....	75
2.4.2 Dynamique temporelle .....	77
2.4.3 Facteurs abiotiques.....	80
2.5 Discussion.....	83
2.6 Annexe .....	89
2.7 Remerciements .....	89
2.8 Références.....	90
CHAPITRE III WHICH IS THE BEST SAMPLING TECHNIQUE FOR PHYTOPHAGOUS STINK BUGS (HEMIPTERA : PENTATOMIDAE) IN FRESH PEA FIELDS ? .....	102
3.1 Abstract.....	103
3.2 Introduction.....	103
3.3 Materials and methods.....	107

3.3.1	Sampling sites .....	107
3.3.2	Monitoring techniques .....	108
3.3.3	Identification .....	110
3.3.4	Economic analysis.....	111
3.4	Results .....	112
3.4.1	Stink bugs captures .....	112
3.4.2	Edge effect .....	114
3.4.3	Economic analysis.....	115
3.5	Discussion.....	117
3.6	Acknowledgements .....	124
3.7	References.....	124
3.8	Supplementary material .....	142
 CHAPITRE IV CONCLUSION .....		144
4.1	Nouvelles connaissances acquises .....	145
4.2	Limites de l' étude. ....	149
4.3	Recommandation à l'industrie.....	150
4.4	Ouverture et perspectives de recherches.....	153
4.5	Références.....	157
 RÉFÉRENCES.....		169

## LISTE DES FIGURES

Figures	Page
1.1 Description de la morphologie externe chez un Pentatomidae, la punaise brune <i>Euschistus servus euschistoides</i> (Vollenhoven) 1868.....	10
1.2 Photographie représentant les différents stades de vie d' <i>E. servus euschistoides</i> .....	12
1.3 Photographies des différentes techniques de dépistage utilisées durant le projet de recherche.....	22
2.1 Dispositif expérimental pour l'échantillonnage de Pentatomidae en champ de pois frais en Montérégie-Est à l'aide d'observations visuelles et de pièges à phéromones.....	72
2.2 Nombre moyen ( $\pm$ erreur-type) de Pentatomidae capturées par piège à phéromones d'agrégation par jour et par observation visuelle dans les champs de pois frais en Montérégie-Est durant les saisons 2016 et 2017...	79
2.3 Influence des facteurs abiotiques sur le nombre de captures de Pentatomidae dans des champs de pois frais en Montérégie-Est durant les saisons 2016 et 2017.....	82
3.1 Sampling plan for stink bugs captures in fresh pea fields (2016-2017) in Quebec, Canada with four different monitoring techniques: visual observation, beat sampling, pheromone traps and light traps.....	108

3.2 Comparison of the number of captures of nymphs and adults between four monitoring techniques : visual observation, beat sampling, pheromone trap, light trap.....	113
3.3 Comparison of the number of captures between the distance from the edge for four monitoring techniques : visual observation, beat sampling, pheromone trap, light trap.....	114
3.4 Economic comparison of four monitoring techniques : pheromone trap, light trap, visual observation and beat sampling. ....	116
3.5 Details of the different components of the light trap with solar lamp.....	142

## LISTE DES TABLEAUX

Tableaux	Page
2.1 Caractéristiques des différents sites d'échantillonnage des Pentatomidae dans la culture du pois frais au Québec dans la région de Montérégie-Est.....	69
2.2 Composition spécifique des Pentatomidae échantillonnées en 2016-2017 par piège à phéromones d'agrégation et par observation visuelle en champ de pois frais au Québec dans la région de Montérégie-Est.....	76
2.3 Résultats statistiques d'un modèle linéaire généralisé pour chaque prédicteur sélectionné pour expliquer le nombre de captures d' <i>E. servus euschistoides</i> par jour par piège à phéromones .....	81
2.4 Coordonnées GPS des stations météorologiques AgWeather dans la région de Montérégie-Est.....	89
3.1 Details of calculation of costs/ha/season for different monitoring techniques used for stink bugs in fresh pea fields in Québec, Canada for three monitoring events per season for the first year.....	143

## RÉSUMÉ

Malgré son expansion grandissante à travers le monde depuis 60 ans, la culture du pois ne connaît pas de systèmes de lutte intégrée. Pourtant, les problématiques ne manquent pas avec notamment l'augmentation en grand nombre d'une famille de punaises majoritairement phytophages sur le continent américain : les Pentatomidae ou punaises à bouclier. Les punaises phytophages sont devenues plus problématiques ces dernières décennies dans des cultures comme le soya, le coton, le maïs ou même le pois frais au Québec. Pour faire face à cette menace, des applications d'insecticides à large spectre sont effectuées, ce qui a de graves conséquences pour l'environnement. La première étape dans l'établissement d'un système de gestion plus respectueux de l'environnement, c'est de mieux connaître la biologie de l'espèce concernée ainsi que sa distribution temporelle et spatiale. C'est pourquoi, il a été proposé dans ce projet de contribuer à l'étude des populations de punaises Pentatomidae phytophages en champ de pois frais au Québec. Il a été notamment question de documenter la composition spécifique des Pentatomidae, leur dynamique populationnelle, leur phénologie et l'influence des facteurs abiotiques sur leur abondance en champ de pois. Quatre techniques de dépistage de Pentatomidae ont été comparées pour rendre compte de l'abondance locale en champ, soit l'observation visuelle, le battage, le piège à phéromones et le piège lumineux. De plus, l'influence de l'effet de bordure sur l'abondance locale des Pentatomidae phytophages en champ de pois a été examinée.. L'espèce majoritaire a été repérée comme étant *Euschistus servus euschistoides* et sa dynamique temporelle établie avec un pic à la mi-juin. Cette espèce ne cause aucun dommage dans les champs de pois. La technique de dépistage la plus appropriée pour détecter les punaises est le piège à phéromone d'agrégation mais celui-ci présente des défauts en ce qui concerne la représentativité de la répartition spatiale des abondances locales en champ de pois. Finalement ce projet de recherche a fourni des connaissances pour l'établissement d'un système de lutte intégré pour les punaises à bouclier phytophages. Ces travaux ont mené également à mettre en avant des pratiques et méthodes alternatives de luttes au traitement phytosanitaire actuel.

Mots clés : Punaise à bouclier, lutte intégrée, effet de bordure, *Pisum sativum*, technique de dépistage, facteur abiotique

## ABSTRACT

Despite its full expansion around the world since 60's, cultivation of fresh peas has rare integrated pest management systems. However, problematics don't miss, notably with an increase of population in large numbers of a family of mainly phytophagous bugs on the American continent: the Pentatomidae or stink bugs. The stink bugs have become more problematic in recent decades in crops such as soybeans, corn or even peas in Quebec. To address this threat, applications of broad-spectrum insecticides are being made, which cause many issues in terms of environment. The first step of integrated pest management system aims to know the biology of the target pest (s) as well as their spatial and temporal distribution. Therefore, it is proposed in this project to study phytophagous stink bugs population in fresh pea field in Quebec. Especially, by documenting the specific composition of Pentatomidae, their temporal dynamics, their phenology and the influence of abiotic factors on their abundance in fresh pea fields. Furthermore, four monitoring techniques to detect Pentatomidae were compared, namely visual observation, beat sampling, the pheromone trap, and the light trap. In addition, the influence of the edge effect on the local abundance of Pentatomidae and their spatial distribution was examined. The main species in fresh pea field in Quebec has been identified as *Euschistus servus euschistoides* and its temporal dynamics suggest the presence of only one generation with a peak in mid-June. This species does not cause any direct damage in fresh pea fields but it's a serious contaminant. The most appropriate monitoring technique to detect presence of stinkbug in field is aggregation pheromone trap but this has disadvantages about the representativeness of the spatial distribution of local abundance in pea fields. Finally, this research project provided knowledge for the establishment of integrated pest management for stinkbug. This work has also led to highlighted alternative solutions to current phytosanitary treatment.

Keywords: Stink bugs, edge effect, Integrated Pest Management, spatial distribution, *Pisum sativum*

## CHAPITRE I

### INTRODUCTION GÉNÉRALE

#### 1.1 Contexte

##### 1.1.1 Reconversion de l'agriculture modiale

###### 1.1.1.1 Agriculture intensive et conséquences

Depuis la seconde guerre mondiale, l'agriculture moderne et industrielle s'est fortement développée. Cette agriculture dite intensive est fondée sur l'optimisation de la production par rapport à la surface cultivée, soit la productivité (Lichtfouse *et al.*, 2009). Cette méthode est caractérisée par l'augmentation de la taille des parcelles et des exploitations, la diminution de la diversité végétale cultivée, un travail du sol important, une utilisation accrue d'intrants de synthèse, ainsi qu'une diminution et une fragmentation conséquente des habitats semi-naturels (Bommarco *et al.*, 2013; Crowder et Jabbour, 2014; Ribeiro *et al.*, 2019; Tilman *et al.*, 2001; Tscharntke *et al.*, 2005). Si ce modèle d'agriculture a permis de subvenir aux besoins d'une population grandissante, il a aussi engendré de nombreuses actions néfastes qui remettent fortement en question sa pérennité et son efficacité (Ramankutty *et al.*, 2018 ; Scotti *et*

*al.*, 2015 ; Smith *et al.*, 2016 ; Tilman *et al.*, 2001). La plus connue étant l'utilisation massive de pesticides, qui entraîne une perturbation des écosystèmes et en particulier des agroécosystèmes avec une perte de biodiversité au niveau local (Beketov *et al.*, 2013 ; Bengtsson *et al.*, 2005 ; Casida, 2009 ; Pisa *et al.*, 2015) et à plus grande échelle (De Castro Solar *et al.*, 2016 ; Karp *et al.*, 2012 ; Tsiafouli *et al.*, 2015), tout en perdant en efficacité avec l'apparition de nombreuses résistances aux pesticides des ravageurs (Casida, 2009 ; Stehle & Schulz, 2015). Malgré ces conséquences, l'utilisation des intrants de synthèse en agriculture ne diminue pas dans le monde (Zhang *et al.*, 2011). Néanmoins, la prise de conscience collective de ces effets néfastes pour l'environnement et pour la santé humaine (Calliera *et al.*, 2019 ; Campbell et Wallace, 2020 ; Vidogbéna *et al.*, 2014) ainsi qu'une rentabilité discutable (Martin *et al.*, 2019) est en train de conduire les gouvernements et autorités compétentes vers une remise en question sur le traitement des cultures sans justification ainsi que sur les possibilités d'utiliser des alternatives aux pesticides de synthèse (Guichard *et al.*, 2017 ; ISQ [Institut de la Statistique du Québec] et MAPAQ [Ministère de l'Agriculture, des Pêches et de l'Alimentation du Québec], 2016 ; Kogan, 1998 ; MDDELCC [Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les Changement Climatique], 2015 ; OCDE [Organisation de Coopération et de Développement Économique], 2007 ; OMS [Organisation Mondiale de la Santé], 2017).

#### 1.1.1.2 Nécessité de développer des modèles alternatifs

La présence d'organismes nuisibles dans les cultures peut engendrer des pertes de rendement considérables (Losey et Vaughan, 2006), qui, de plus, ont tendance à

augmenter avec les changements climatiques récents (Deutsch *et al.*, 2018). Dans l'agriculture intensive, l'utilisation massive de pesticides est considérée comme le seul moyen de lutte pour supprimer ces organismes (Cutler, 2013). Au vu de l'inefficacité d'une approche fondée uniquement sur la lutte chimique, la recherche de méthodes alternatives à cette dernière en agriculture est encouragée depuis longtemps maintenant (Brader, 1979). Cela a donné lieu aux concepts de lutte intégrée et de lutte biologique. Un système de lutte intégrée est défini selon le MAPAQ (2011) comme « une méthode décisionnelle qui consiste à avoir recours à toutes les techniques nécessaires pour réduire les populations d'organismes nuisibles de façon efficace et économique, dans le respect de la santé et de l'environnement ». Cette réduction des populations d'organismes nuisibles est assurée grâce à différentes méthodes détaillées par Rechcigl et Rechcigl, (2016) qui peuvent être classées en quatre catégories :

- Les méthodes culturales qui consistent en la modification du système de production dans le but de diminuer les populations de ravageurs ou les dommages associés (exemple : gestion de l'eau, rotation des cultures, culture de couverture, variété résistante sélectionnée, destruction de l'habitat des ravageurs, date de semis, utilisation d'engrais).
- Les méthodes physiques ou mécaniques qui visent à créer un obstacle physique à l'encontre des organismes nuisibles (exemple : prélèvement manuel, filet d'exclusion, barrière, piège, aspiration, élimination des déchets de cultures).

- Les méthodes biologiques, ou lutte biologique, se définit comme l'utilisation d'organismes vivants pour prévenir ou réduire les dégâts causés par des organismes nuisibles (Eilenberg *et al.*, 2001) (exemple : lutte par conservation des insectes bénéfiques, lutte inondative ou lutte classique).
- Les méthodes chimiques qui reposent sur l'utilisation de produits de synthèse principalement composés des pesticides distribués en différents groupes selon leur composition chimique (exemple : carbamates, pyréthrinoïdes, organophosphates).

La conception de ces systèmes de lutte intégrée repose sur des directives pour réduire l'utilisation de pesticides tout en (i) respectant les seuils économiques préétablis, (ii) minimisant l'impact environnemental des méthodes employées (toxicité, durée de vie dans l'environnement), (iii) évitant au mieux les risques sanitaires pour la population humaine (iv) composant avec les politiques agricoles et économiques propres à chaque État/région/pays (FAO, 2020). Ces systèmes ont été approuvés dans de nombreux pays du monde et notamment au Québec, qui a redéfini sa stratégie phytosanitaire en agriculture récemment pour favoriser la lutte intégrée (MAPAQ, 2011).

### 1.1.2 Le pois frais

La culture du pois frais ou pois vert *Pisum sativum* L. (1753) concerne uniquement le pois récolté avant maturité. Il ne faut pas le confondre avec le pois sec, qui représente la même espèce cultivée mais récoltée plus tardivement. Le pois frais représente, au niveau mondial, près de 20 millions de tonnes récoltées sur une surface en constante augmentation depuis les années 60 et atteignant aujourd'hui plus de 2,5 millions

d'hectares (FAO, 2018). Le Canada est un producteur de pois relativement important sur le plan mondial (ISQ & MAPAQ, 2016). Le Québec, quant à lui, assure près de 35% de la production nationale (MAPAQ, 2014). La quasi-totalité des récoltes produites au Québec est destinée aux industries de transformation (ISQ & MAPAQ, 2016) qui produiront des pois surgelés ou en conserves. Le principal ravageur de cette culture au Québec est le puceron du pois, *Acyrthosiphon pisum* (Harris) 1776 (Hemiptera : Aphididae) (Blackman et Eastop, 2000) qui fait partie des 14 espèces de pucerons d'importance économique agricole (Van Emden et Harrington, 2007). Des traitements chimiques avec des insecticides de la famille des pyréthrinoïdes (lambdacyhalotrine), des organophosphates (malathion, dimethoate), et des carbamates (pirimicarb, methomyl) sont homologués pour la lutte contre ce ravageur dans les cultures de pois au Canada (SAgE pesticide, 2020). Mais depuis quelques années, une famille d'insectes supplémentaire pose un nouveau problème dans la culture du pois frais au Québec : les Pentatomidae. Au vu du manque de connaissances sur cette famille dans les champs de pois et de l'absence de validation de la technique de dépistage utilisée dans la culture du pois frais au Québec, un étayement des connaissances sur la biologie et la gestion en lutte intégrée de ce nouveau nuisible apparaît comme essentiel.

## 1.2 Problématique

Dans la culture de pois frais au Québec, les punaises Pentatomidae phytophages ne causent pas de pertes de rendement. En revanche, elles ont le potentiel de s'établir dans les cultures en affectant grandement la qualité du produit, mais sans dommages directs.

En effet, leur ressemblance au pois, tant par la taille que par la couleur, rend difficile l'opération post-récolte de triage optique dans les usines de transformation et certaines punaises Pentatomidae se retrouvent dans les produits commercialisés, comme les conserves. En réponse à ce problème, les industries de transformation se sont tournées vers l'utilisation de pesticides à large spectre tel que l'endosulfan (THIONEX ® 50 WP, Makhteshim Agan of North America Inc.) aux États-Unis (FAO, 2020) ou encore le méthomyl (LANNATE ® Toss-N-Go, DuPont Canada) au Québec (SAgE pesticide, 2020). Ainsi, c'est plus de 25% des surfaces de cultures de pois au Québec qui ont été traitées avec cet insecticide en 2015 (environ 1 300 ha), alors qu'aucune parcelle n'avait été traitée pour les Pentatomidae avant 2013. Cette méthode de lutte ne semble pas toujours justifiée car aucun seuil de traitement n'a encore été établi. De plus, les effets néfastes sur l'environnement et la santé humaine de ces pesticides sont bien connus (Gonçalves *et al.*, 2017 ; Ribeiro *et al.*, 2001 ; Sparling *et al.*, 2001 ; Valencia-Quintana *et al.*, 2016). C'est pourquoi, une meilleure identification et compréhension de ces ennemis des cultures est indispensable afin de mieux contrôler ses populations et les pertes économiques qu'ils peuvent causer. Ainsi, la composition spécifique, les abondances locales et la dynamique saisonnière des espèces de Pentatomidae doivent être documentées afin de développer une méthode de lutte efficace contre ces organismes nuisibles tout en étant respectueuse de l'environnement. Le développement d'une technique de dépistage est une étape importante dans l'établissement d'un programme de lutte intégrée pour assurer un suivi des organismes nuisibles et décider de l'utilité d'un traitement (Čokl et Borges, 2017). La technique de piège à phéromones d'agrégation est utilisée aujourd'hui par les industries de transformation pour le suivi des Pentatomidae en champ. Cependant, cette technique peut rencontrer des problèmes

d'efficacité de capture (Aldrich *et al.*, 1991 ; Cottrell et Horton, 2011 ; Leskey et Hogmire, 2005 ; Tillman *et al.*, 2010), puisque ces pièges à phéromones sont souvent situés en bordure de champ et sont susceptibles d'être influencés par la présence de plantes hôtes (Leskey et Hogmire, 2007 ; Morehead, 2016 ; Morrison *et al.*, 2018). Par exemple, certaines études rapportent une présence plus importante de punaises Pentatomidae sur les plantes autour des pièges plutôt qu'à l'intérieur de ceux-ci (Aldrich *et al.*, 1991 ; James *et al.*, 1996 ; Krupke *et al.*, 2001), allant même jusqu'à 96% d'adultes non capturés à une distance de 1 m des pièges (Leskey et Hogmire, 2007). En effet, ces pièges libèrent des composés volatils attractifs pour les Pentatomidae, tout comme les plantes hôtes qui se retrouvent en pourtour du piége. De plus, ces pièges pourraient favoriser la présence de Pentatomidae dans les champs et ainsi augmenter les dégâts aux cultures (Sargent *et al.*, 2014). Or, si les captures des pièges à phéromones principalement utilisés en bordure sont influencées par les plantes hôtes, leur usage peut compromettre la détermination de la présence et de l'abondance locale au champ. Cette situation remettrait en cause leur validité en tant que technique de dépistage dans certains cas comme avec des seuils économiques correspondant à des densités élevées de nuisibles (Leskey et Hogmire, 2005 ; Morrison *et al.*, 2016). C'est pourquoi, ce projet visait à comparer différentes techniques de dépistage en champ de pois afin de définir la meilleure technique dans un cadre de lutte intégrée ainsi que de valider l'usage des pièges à phéromones. De plus, ces travaux avaient pour but à déterminer l'effet des facteurs abiotiques (température, humidité, date de semis) et biotiques (phénologie, nature du champ adjacent) sur l'abondance locale des punaises Pentatomidae ainsi qu'à étudier l'effet de bordure et l'assemblage de punaises Pentatomidae.

### 1.3 État des connaissances

#### 1.3.1 Systèmes biologiques

##### 1.3.1.1 La culture du pois

Le pois cultivé ou *P. sativum* est une plante grimpante herbacée annuelle appartenant à la famille des légumineuses (Fabaceae) (Muehlbauer et Tullu 1997). Cette espèce de plante cultivée, originaire du Proche-Orient, est produite dans de nombreux pays du monde pour l'alimentation humaine via les graines qui se mangent à maturité (pois sec ou pois cassé) ou non (pois frais) ou encore pour l'alimentation du bétail (pois fourrager) (Adebiyi et Aluko, 2011). L'ensemble de ces cultures se retrouvent au Québec (Allard *et al.*, 1998 ; Lafond et Pageau, 2010).

###### 1.3.1.1.1 Description générale

Aujourd'hui le genre *Pisum* contient deux espèces qui sont *P. sativum* et *Pisum fulvum* Sibthorp et Smith (Gatersleben, 2003). Il existe de nombreuses sous-espèces de *P. sativum* regroupant notamment le pois sauvage *Pisum sativum* subsp. *elatius* (Steven) Schmalh et le pois cultivé *Pisum sativum* subsp. *sativum* qui représente la sous-espèce la plus importante économiquement. Cette dernière expose une très grande diversité génétique qui se manifeste par un grand nombre de variétés. Parmi les plus connues, il y a les variétés *P. sativum* subsp. *sativum* var. *sativum*, var. *arvense* et var. *macrocarpon* qui correspondent respectivement au petit pois (ou pois potager ou pois des jardins), au pois protéagineux (ou pois fourrager ou pois des champs) et au pois mange-tout (ou pois gourmand) (Chaux et Foury, 1994). Pour la suite de ce proposé,

quand la nomination « pois » sera utilisée, cela correspondra à l'espèce cultivée *P. sativum* subsp. *sativum* var. *sativum* et à la culture de pois frais destiné à la transformation. Les différents stades de développement des plantes cultivées ont été décrits par Weber et Bleiholder (1990) et adaptés au pois par Lancashire *et al.*, (1991). Les stades phénologiques détaillés par ces derniers ont été la référence pour cette étude soit : stade 0 (germination) ; stade 1 (développement des feuilles) ; stade 2 (développement des tiges latérales) ; stade 3 (élongation de la tige principale) ; stade 5 (apparition de l'inflorescence) ; stade 6 (floraison) ; stade 7 (développement du fruit) ; stade 8 (maturation des fruits et graines) ; stade 9 (sénescence).

#### 1.3.1.1.2 Aspects économiques

La famille des légumineuses représente 27% de la production mondiale des grandes cultures (Mahajan *et al.*, 2018). Le Canada est un producteur de pois atteignant plus de 58 000 tonnes produites sur une surface de plus de 13 000 ha pour des recettes qui atteignent près de 24 millions \$ pour l'année 2016 (ISQ et MAPAQ, 2016). Au Québec, le pois est cultivé dans quatre régions données par ordre d'importance ici : Montérégie-Ouest, Montérégie-Est, Lanaudière et Centre-du-Québec. Le Québec produit 20 000 tonnes de pois répartis sur près de 5 000 ha cultivés (ISQ et MAPAQ, 2016). Au Québec, les recettes du marché issues du pois cultivé et de ses produits transformés peuvent rapporter jusqu'à près de 10 millions \$ (ISQ et MAPAQ, 2016). La tonne de pois vaut entre 300 \$ pour les pois les moins tendres et 800 \$ pour les pois les plus tendres. Les pois certifiés biologiques peuvent valoir jusqu'à plus de 1 400 \$ la tonne

(FQPFLT [Fédération Québécoise des Producteurs de Fruit et Légumes de Transformation], 2018).

### 1.3.1.2 Pentatomidae

#### 1.3.1.2.1 Phylogénie et morphologie

Les Pentatomidae sont des arthropodes, de la classe des insectes et constituent l'une des 50 familles du sous-ordre des hétéroptères décrites à ce jour (Lee *et al.*, 2009). Cette famille est caractérisée par des antennes à cinq segments, des tarses au nombre de trois et leur couleur, en général verte ou brune (*Figure 1.1*). Au Québec, il est retrouvé trois sous-familles de Pentatomidae qui sont Asopinae, Pentatominae et Podopinae. Selon Roch (2016), cette famille de punaises présente 37 espèces et 21 genres au Québec.

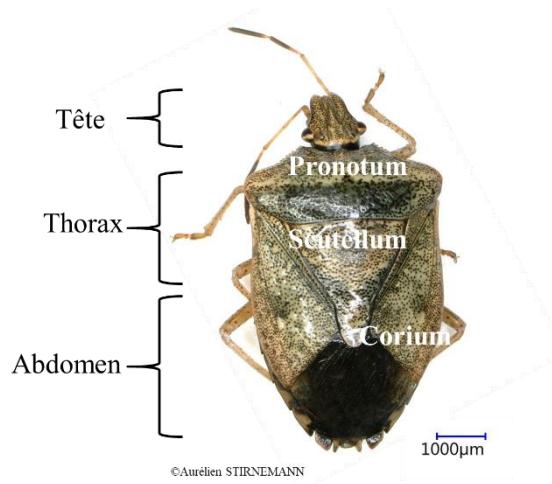


Figure 0.1 : Description de la morphologie externe d'un Pentatomidae, la punaise brune Euschistus servus euschistoides (Vollenhoven), 1868.

### 1.3.1.2.2 Histoire naturelle

Dans un contexte agricole, les œufs des Pentatomidae sont généralement déposés sous les feuilles de plantes adventices en bordure de champs (Jawahery, 1990 ; Jones et Sullivan, 1982 ; Panizzi, 1997 ; *Figure 1.2*). Ceux-ci donnent naissance à des individus immatures ayant une apparence similaire aux adultes (*Figure 1.2*). Les immatures se développent au cours de cinq stades. Sous un climat tempéré, les Pentatomidae phytophages hibernent généralement au stade adulte (McPherson *et al.*, 1982). La diapause hivernale s'effectue dans les débris végétaux, les débris de culture, les mauvaises herbes et les bâtiments (Jawahery, 1990 ; Rice *et al.*, 2014). Il est à noter que la température est un facteur primordial pour la physiologie, le développement et le comportement des insectes (Ali et Ewiess, 1977), y compris les Pentatomidae (Niva et Takeda, 2003 ; Lee et Leskey, 2015 ; Santos *et al.*, 2018). Le nombre de générations des punaises Pentatomidae peut varier en fonction de la latitude et de l'espèce (McPherson et Mohlenbrock, 1976 ; McPherson *et al.*, 1982 ; McPherson et McPherson, 2000 ; Tecic et McPherson, 2018). Dans les États du nord des Etats-Unis et au Canada, le nombre de génération des punaises vaient de une à trois générations (Koch *et al.*, 2017).



Figure 1.2 : Photographie représentant les différents stades de vie d'*E. servus euschistoides*.

### 1.3.1.2.3 Importance agronomique

Par leur mode d'alimentation, soit la succion des fluides végétaux, les Pentatomidae provoquent la chute ou la malformation des graines et des fruits dans de nombreuses cultures entraînant des impacts négatifs sur la production (Panizzi, 1997 ; Sosa-Gómez *et al.*, 2019). Certaines espèces peuvent également jouer le rôle de vecteur de bactéries pathogènes atteignant le développement des plants comme la punaise verte *Nezara viridula* (L.) 1758 dans la culture du coton qui transmet la bactérie *Pantoea agglomerans* (Ewing et Fife) (Esquivel *et al.*, 2010). Ainsi, plusieurs Pentatomidae sont considérées comme des ravageurs de cultures pouvant être la première cause de perte économique agricole dans certaines régions du monde (McPherson et McPherson, 2000 ; Panizzi *et al.*, 2000). De plus, les Pentatomidae, souvent polyphages, occasionnent souvent des dégâts dans plusieurs cultures au cours d'une même saison, comme le coton, le maïs, le sorgho, le soya, et d'autres encore (Borges *et al.*, 1998a ; Bundy *et al.*, 2000 ; Koppel *et al.*, 2009 ; Shearer et Jones, 1996 ; Tillman, 2010a ; Tozoou *et al.*, 2014). Parmi ces hôtes, il semble tout de même que la plupart des espèces de Pentatomidae ont une préférence pour la famille des Fabaceae (Leskey *et al.*, 2012 ; Panizzi, 1997 ; Todd et Herzog, 1980), dont le pois fait partie.

Le pois est noté pour être une plante hôte pour de nombreuses espèces de Pentatomidae (Panizzi *et al.*, 2000) comme *N. viridula* en Floride (Mizell *et al.*, 2008), *Thyanta pallidovirens* (Stål) 1859 en Idaho (Schotzko et O'Keefe, 1990), *Piezodorus guildinii* (Westwood) 1937 au Brésil (Panizzi, 2015) ou encore *Edessa meditabunda* (F.) 1794 (Panizzi, 2015). Pour une liste plus détaillée des espèces dont le pois est une plante hôte, voir Panizzi *et al.*, (2000). Au Québec, l'espèce *E. servus euschistoides* est l'espèce majoritaire dans la culture du pois (Boquel et Lataverse, 2018). D'autres espèces ont été recensées à titre anecdotique dans cette culture comme *Holcostethus limbolarius* (Stål) 1872 (Boquel et Lataverse, 2018).

L'importance des punaises sur le continent américain augmente drastiquement ces 40 dernières années due à plusieurs facteurs. Premièrement, une augmentation en abondance a été observée dans plusieurs cultures, comme pour *Euschistus servus* (Say) 1832 dans le soya, le maïs et l'arachide dans les régions du midwest (Michel *et al.*, 2013 ; Ni *et al.*, 2016). Ainsi, dans les années 80, les punaises étaient définies comme ravageurs secondaires pour le coton cultivé dans la région du sud-est des États-Unis (Barbour *et al.*, 1988), alors qu'elles sont maintenant considérées comme les espèces qui causent le plus de dégâts dans cette culture (McPherson et McPherson, 2000, Greene *et al.*, 2001, Reay-Jones *et al.*, 2010). D'ailleurs, les dommages dans la culture du coton ont eux aussi augmenté plus largement dans tout le sud des États-Unis (Glover *et al.*, 2019 ; Greene *et al.*, 2001 ; Luttrell *et al.*, 2015). Une des causes pour expliquer l'augmentation des punaises aux États-Unis est l'adoption massive du coton transgénique Bt (*Bacillus thuringiensis*) (Ni *et al.*, 2016) et la diminution d'utilisation de pesticides, après l'éradication du charançon du cotonnier *Anthonomus grandis*.

*grandis* (Boheman) 1843 (Coleoptera : Curculionidae), qui fournissait un contrôle indirect des punaises (Glover 1855, Morrill 1910, Greene *et al.*, 1999). En Amérique du Sud, la même tendance est observée avec une augmentation en abondance des espèces natives comme *Edessa meditabunda* (Fabricius) 1794 dans le soya (Silva *et al.*, 2012) ou encore *Tibraca limbaticollis* (Stål) 1860 dans le riz (Barrigossi *et al.*, 2013 ; Maciel *et al.*, 2007). Ainsi, les espèces *Dichelops melacanthus* (Dallas) 1851 et *Dichelops furcatus* (Fabricius) 1775 caractérisées comme des ravageurs mineurs dans les années 80 (Panizzi et Slansky, 1985) sont maintenant des espèces qui requièrent une attention particulière dans le blé et le maïs en Argentine et au Brésil (Chocorosqui et Panizzi, 2004 ; Panizzi, 2015). Pareillement, l'espèce *Euschistus heros* (Fabricius) 1798 définie comme rare dans les années 70 (Panizzi, 1977) est maintenant l'espèce ravageuse la plus abondante dans le soya (Panizzi, 2000). Une deuxième explication est l'augmentation des aires de répartition de certaines espèces tel l'augmentation de *E. servus* dans le Nebraska (Hunt *et al.*, 2011) et le Minnesota (Koch et Pahs, 2014), des États où les punaises n'étaient même pas listées comme ravageurs il y a 10 ans (Kandel, 2010). En Amérique du Sud, des tendances similaires sont observées avec une augmentation des aires de répartition pour l'espèce *E. heros* (Cherry et Nuessly, 2010 ; Panizzi, 2015). Troisièmement, cette augmentation des aires de répartition est liée à une recrudescence d'espèces envahissantes en Amérique du Nord comme *P. guildinii* et *Arvelius albopunctatus* (De Geer) 1773 respectivement ravageurs du soya et de la tomate cerise (Kamminga *et al.*, 2012 ; Panizzi, 2015). Le meilleur exemple reste la punaise *Oebalus insularis* (Stål) 1872, ravageuse du riz, arrivée en 2007 en Floride, qui deux ans plus tard était présente dans 100% des champs de riz de la région (Cherry et Nuessly, 2010). Certaines espèces comme *Bagrada hilaris* (Burmeister) 1835 et

*Megacoptera cibraria* (Fabricius) 1798 sont arrivées depuis le continent sud-américain dans la dernière décennie (Gardner *et al.*, 2013 ; Palumbo *et al.*, 2016) et sont déjà des ravageurs importants dans les cultures de Brassicaceae (Koch *et al.*, 2018) et de soya, respectivement (Michel *et al.*, 2013). Mais l'espèce qui focalise le plus l'attention actuellement en Amérique du Nord est une punaise d'origine asiatique arrivée en 1996 par la Pennsylvanie (Leskey *et al.*, 2012), la punaise marbrée *Halyomorpha halys* Stål, (1855) (Pentatomidae : Pentatominae). Cette espèce possède 300 espèces hôtes (Bergmann *et al.*, 2016) comprenant des plantes cultivées (Yu et Zhang, 2007) dont plusieurs font partie de la famille des Fabaceae (Lee *et al.*, 2013), y compris le pois (Inkley *et al.*, 2012 ; Wermelinger *et al.*, 2008). De ce fait, ce ravageur cause des dommages importants dans tout type de cultures comme les vergers (Chen *et al.*, 2020 ; Penca *et al.*, 2020), les plantations ornementales (Bergmann *et al.*, 2016 ; Musolin *et al.*, 2018) et les grandes cultures (Leskey *et al.*, 2012 ; Macavei *et al.*, 2015), que ce soit en Asie (Lee *et al.*, 2013) ou en zone Néarctique (Leskey *et al.*, 2012 ; Zhu *et al.*, 2012). En effet, cette espèce peut engendrer des dommages causant jusqu'à 90% de pertes de rendement dans les vergers de pommes (Rice *et al.*, 2014). Elle est maintenant détectée et établie dans 46 États américains ainsi que dans les provinces de la Colombie-Britannique, de l'Ontario et du Québec au Canada (Abram *et al.*, 2017 ; Chouinard *et al.*, 2018 ; Fogain et Graff, 2011 ; Gariepy *et al.*, 2014 ; Leskey *et al.*, 2012 ; Northeastern IPM Center, 2020).

Les facteurs contribuant à l'augmentation en abondance des populations de punaises natives et envahissantes, sont notamment la forte tendance à la polyphagie dans cette famille d'insecte, à l'image de *N. viridula* qui totalise 145 plantes hôtes appartenant à

32 familles différentes (Kiritani *et al.*, 1965). Il y a aussi leur capacité à stocker des lipides afin de rester en vie pendant de longues périodes (Panizzi *et al.*, 1995). L'arrêt du traitement des résidus de récolte et d'un travail de la terre dans les cultures permettraient aux punaises de trouver plus facilement des refuges et de la nourriture (Panizzi, 2015). C'est ce qui est observé au Brésil où le nombre d'hectares sans travail de sol est passé de 200 000 ha dans les années 80 à 31 millions ha en 2012 (Panizzi, 2015). Les changements climatiques liés à une augmentation de la température pourraient également jouer un rôle dans l'expansion des aires de répartition comme cela a déjà été démontré au Japon (Musolin *et al.*, 2010 ; Musolin, 2012). Une espèce comme *P. guildinii*, normalement associée à un climat tropical, est maintenant installée dans les États du sud des États-Unis (Panizzi, 2015). La croissance des échanges commerciaux entre l'Amérique du Sud et l'Amérique du Nord est aussi un facteur qui doit jouer un rôle important dans la probabilité d'invasion de nouvelles espèces de punaises sur les deux parties du continent, (Hulme, 2009)

À la connaissance de tous ces événements, la recherche relative à la lutte contre les punaises Pentatomidae est une priorité pour les années à venir (Leskey *et al.*, 2012 ; Ludwick *et al.*, 2020) avec son lot de défis pour les agriculteurs (Koch *et al.*, 2017).

D'autres espèces de Pentatomidae ont un rôle bénéfique pour les cultures puisqu'elles consomment des organismes nuisibles. La plupart appartiennent à la famille des Asopinae (Zhao *et al.*, 2018) comme la punaise masquée *Perillus bioculatus* (Fabricius) 1775 (Pentatomidae : Asopinae) qui permet une lutte accrue des ravageurs dans les cultures de pomme de terre (Rojas *et al.*, 2000) ou la punaise *Podisus nigrispinus*

(Dallas) 1851 dans les plantations d'eucalyptus *Eucalyptus* spp. (Zanuncio *et al.*, 2014). Mais c'est le genre *Podisus* spp. (Herrick-Schäffer) 1851 (Pentatomidae : Asopinae) qui reste le plus étudié parmi les Pentatomidae dû à son efficacité en tant qu'agent de lutte biologique (Botteon *et al.*, 2017 ; Buchanan *et al.*, 2018).

#### 1.3.1.2.4 Système de lutte

**Dépistage.** Dans un système de lutte intégrée, avant d'appliquer un traitement insecticide contre les organismes potentiellement nuisibles, il est nécessaire d'évaluer la présence de ceux-ci et les possibles dégâts associés aux densités ou abondances locales mesurées (Penca *et al.*, 2020). Pour cela, plusieurs techniques ont été développées dans le but de surveiller les populations de Pentatomidae mais aucune ne semble démontrer une efficacité suffisante (Bundy, 2012 ; Guarino *et al.*, 2018). Parmi les plus courantes, il y a l'utilisation du filet fauchoir (Bakken *et al.*, 2015 ; Cato *et al.*, 2019 ; Maistrello *et al.*, 2017 ; Outward *et al.*, 2008), de la toile de battage (Herbert et Harper, 1983 ; Reay-Jones *et al.*, 2009 ; Figure 1.3), d'un battage avec un seau (Pyke *et al.*, 1980), de l'observation visuelle (Nielsen et Hamilton, 2009 ; Figure 1.3), de pièges lumineux ou bien encore de pièges collants (Bundy et McPherson, 2000 ; Cullen et Zalom, 2005 ; Nielsen *et al.*, 2011 ; Rea *et al.*, 2002 ; Figure 1.3).

La technique de battage peut être prise en référence pour calculer la densité de Pentatomidae dans les champs selon Borges *et al.*, (2011). De plus, cette technique a permis de capturer davantage d'individus par rapport à l'observation visuelle et au filet fauchoir dans le soya en Corée du Sud (Bae *et al.*, 2007). Cependant, lorsque les densités de populations sont basses, le battage devient inefficace pour estimer

l'abondance ou même détecter la présence de Pentatomidae (Silva *et al.*, 1995). Le battage peut capturer les immatures et les adultes de Pentatomidae, mais il a tendance à mieux capturer les adultes (Reay-Jones *et al.*, 2009).

La technique du filet fauchoir est communément utilisée dans les vergers et présente les avantages de couvrir une grande zone en peu de temps ainsi que de capturer les stades immatures et adultes des Pentatomidae (Daane *et al.*, 2016). Selon Reay-Jones *et al.*, (2009) le filet fauchoir capture deux fois plus d'adultes que d'immatures dans la culture du coton en Caroline du sud et en Géorgie.

Cependant la technique de dépistage qui repose sur l'utilisation de composés sémiochimiques, comme les pièges à phéromones sexuelle et d'agrégation, est conseillée par de nombreux chercheurs (Borges *et al.*, 1998a ; Cullen et Zalom, 2005 ; McBrien et Millar, 1999). Les phéromones sexuelles sont produites par les mâles ou les femelles selon les espèces et attirent le sexe opposé pour la copulation. Les phéromones d'agrégation sont produites par les mâles et les immatures (Fucarino *et al.*, 2004 ; Weber *et al.*, 2018), elles attirent les deux sexes ainsi que les immatures et sont relâchées dans de nombreuses situations telles que la défense, la reproduction et l'alimentation (Čokl et Borges, 2017). À noter que chez certaines espèces, les composés produits par les mâles peuvent avoir un rôle confondant de phéromones d'agrégation et sexuelle comme chez *Murgantia histrionica* (Hahn) 1834 (Weber *et al.*, 2014), *N. viridula* (Aldrich *et al.*, 1987), *Eysarcoris lewisi* (Distant) 1883 (Takita *et al.*, 2008), *Euschistus tristigmus* (Say) 1832 et *H. halys* (Khrimian *et al.*, 2014).

Les pièges à phéromones sont peu coûteux et ont un grand pouvoir d’agrégation des populations (Leskey et Hogmire, 2005). De plus, ils ont une meilleure détection à basse densité soit en dessous des seuils économiques (Cullen et Zalom 2000, 2005; Borges *et al.*, 2011), ce qui permet une détection plus hâtive du ravageur et optimise l’usage des traitements insecticides (Borges *et al.*, 2011). Selon Suckling (2000), les pièges à phéromones pourraient être utilisés pour établir une relation précise et directement proportionnelle entre les insectes piégés et la densité des populations dans les cultures. Ainsi, les pièges à phéromones sexuelles pourraient détecter les moments critiques dans le comportement de l’insecte et la dynamique des populations de ces Pentatomidae, comme l’arrivée des premiers individus adultes dans le champ (Borges *et al.*, 2011). Cette capacité de représenter les densités en champ est appuyée par des corrélations positives en termes de captures entre plusieurs techniques de dépistage (Čokl et Borges, 2017). Par exemple, la relation entre le nombre de captures par piège à phéromone sexuelle et le nombre de captures par battage s’est avérée positive dans le soya pendant le stade de reproduction (R1-R5) pour *E. heros* (Borges *et al.*, 2011). Cependant, cet argument n’est pas toujours vérifié, en effet, dans cette même étude cette relation entre piège à phéromone et battage se révèle nulle lorsqu’on prend l’ensemble de la saison en compte (Borges *et al.*, 2011), rejoignant les résultats de Cullen et Zalom (2005) dans les champs de tomates sur la punaise consperse *Euschistus conspersus* Uhler, 1897.

Les pièges à phéromones d’agrégation sont quant à eux capables de capturer des individus peu importe leur stade de développement et leur sexe (Čokl et Borges, 2017). Certaines phéromones de synthèses utilisées dans les pièges peuvent capturer de façon monospécifique tandis que d’autres peuvent capturer plusieurs espèces (Aldrich *et al.*,

1991 ; Tillman *et al.*, 2010 ; Zahn *et al.*, 2008). Les composés de défense libérés par les Pentatomidae peuvent également attirer plusieurs espèces et être utilisés dans les pièges (Borges et Aldrich, 1994 ; Zahn *et al.*, 2008). Certains suggèrent l'usage d'un mélange de phéromones sexuelle et d'agrégation pour optimiser les captures (Borges *et al.*, 2011).

Néanmoins, en plus de montrer une relation nulle avec d'autres techniques de dépistage dans certain cas, les pièges à phéromones rencontrent parfois quelques problèmes d'efficacité. En effet, les Pentatomidae sont souvent trouvés à proximité des pièges (Aldrich *et al.*, 1991) et ont même tendance à éviter de pénétrer dans le piége (Krupke, *et al.*, 2001) représentant un nombre de captures faible par rapport au niveau d'attraction des phéromones en laboratoire (Arif *et al.*, 2020 ; Millar *et al.*, 2002 ; Morrison *et al.*, 2016). Ces pièges à phéromone, principalement utilisés en bordure, ne représentent pas toujours fidèlement la densité locale au champ, ce qui peut remettre en cause leur validité en tant que technique de dépistage (Leskey et Hogmire, 2005 ; Morrison *et al.*, 2016). Plusieurs raisons sont avancées pour justifier ces inconvénients tel que 1- le changement de l'effet du piége à phéromone passant d'attractif à répulsif dû à une trop forte concentration (Kennedy, 1978), 2- une compétition entre composés attractifs des plantes hôtes et des pièges à phéromones (Čokl et Borges, 2017), 3- un problème dans la conception du piége comme la couleur ou la forme (Aldrich *et al.*, 1991 ; Sugie *et al.*, 1996), 4- l'utilisation par les punaises de signaux sonores et visuels à courte distance *a contrario* de l'utilisation des phéromones pour les longues distances (Arif *et al.*, 2020 ; Čokl *et al.*, 2007 ; Daane *et al.*, 2016). Récemment, l'utilisation de plantes hôtes attractives pour les Pentatomidae, comme la molène (*Verbascum* spp. :

Scrophulariaceae), couplée à des phéromones d'agrégation a pu pallier à cette problématique de réticence des Pentatomidae à pénétrer dans les pièges pour la punaise consperse *E. conspersus* dans les vergers (Krupke *et al.*, 2001).

Il est à noter que l'efficacité des techniques de dépistage, notamment le filet fauchoir, le battage et l'observation visuelle, dépendent aussi du moment où le dépistage est réalisé dans la journée (Ni *et al.*, 2016). Plus largement, pour l'ensemble des techniques, les conditions météorologiques extérieures ont également une influence sur le taux de captures de Pentatomidae (Ni *et al.*, 2019 ; Kamminga *et al.*, 2009).



Figure 1.3 : Photographies des différentes techniques de dépistage utilisées durant le projet de recherche. A. Observation visuelle ; B. Piège lumineux ; C. Tissu de battage ; D. Piège à phéromones

**Traitements chimiques.** Le principal mode de lutte contre les punaises Pentatomidae reste l'utilisation de pesticides (Corrêa-Ferreira et Moscardi, 1996 ; Jones et Sullivan, 1982 ; Knight et Gurr, 2007 ; Koch *et al.*, 2017). Les pesticides utilisés sont divers avec du carbone hydraté chloré, des organophosphates et organochlorés comme le parathion

methyl, le monocrotophos, le trichlorphon, le dimethoate et l'endosulfan qui sont actuellement recommandés (Wallingford *et al.*, 2012). Au Québec c'est le méthomyl et le malathion qui sont utilisés dans les cultures (SAgE pesticide, 2020). Ces pesticides présentent des risques élevés de toxicité pour les organismes aquatiques, les abeilles, les organismes utiles en lutte biologique et pour la santé humaine à long terme (Lau *et al.*, 2015 ; Moore *et al.*, 2010 ; Tchounwou *et al.*, 2015 ; Trachantong *et al.*, 2017 ; Van Lenteren *et al.*, 2018). Avec un traitement comme appliqué par l'industrie actuellement de 206g/acre, l'indice de risque pour la santé (IRS) est de 97 tandis que l'indice de risque pour l'environnement (IRE) est de 365, selon SAgE pesticide (2021).

**Lutte biologique.** Les Pentatomidae adultes prennent place dans le régime alimentaire d'une myriade de prédateurs comme les oiseaux (Beltzer *et al.*, 1988) et les araignées, mais ce sont les œufs de Pentatomidae qui sont les plus vulnérables. De nombreux taxons d'insectes prédateurs s'en nourrissent : Coccinellidae, Formicidae, Chrysopidae, Orthoptera, Pentatomidae (Tillman, 2008, 2010b). À cela s'ajoutent de nombreux champignons entomopathogènes (Tillman, 2010b). Les parasitoïdes jouent également un rôle fondamental dans la lutte biologique avec principalement des Hyménoptères de la famille des Scelionidae, des Encyrtidae et des Platygastridae, mais aussi des Diptères de la famille des Tachinidae qui parasitent les œufs (Koppel *et al.*, 2009). L'efficacité du contrôle est à nuancer par des taux de prédation et de parasitisme très variables qui dépendent de plusieurs paramètres, comme l'espèce de plante hôte, le stade de développement de la plante, l'occurrence et l'abondance des œufs de Pentatomidae, la structure du paysage ou encore la position géographique (Ehler, 2000 ; Abram *et al.*, 2020). Les agents de lutte biologique commercialisés sont inexistant, tandis que

certaines espèces sont en cours d’expérimentation comme *Telenomus podisi* (Ashmead) 1893 (Hymenoptera : Platygastridae) (Koppel *et al.*, 2009) pour les œufs et le genre *Trichopoda* spp. (Berthold) 1827 (Diptera : Tachinidae) pour les adultes et les immatures (Pilkay *et al.*, 2014). Le pois pourrait jouer le rôle de culture piège en bordure de champ afin d’éviter une forte abondance de punaises Pentatomidae comme dans la culture du maïs sucré (Rea *et al.*, 2002 ; Mizell *et al.*, 2008). Aucun pesticide certifié biologique n’est actuellement disponible aux États-Unis ni au Canada pour lutter contre ces punaises Pentatomidae (Tillman *et al.*, 2009 ; SAgE pesticide, 2020).

**Traitements physiques.** Dans la culture du pois, un système de tri optique existe pour discerner les pois des résidus de récolte, y compris les Pentatomidae, dans les opérations post-récolte (Bonduelle, 2011). Cependant, ce système présente des défaillances car certaines Pentatomidae présentent des caractéristiques de forme et de couleur proche du pois comme la punaise verte ponctuée *N. viridula* (Pentatomidae : Pentatominae), la punaise verte *Chinavia hilaris* (Say) 1831 (Pentatomidae : Pentatominae) ou encore la punaise brune *E. servus euschistoides* (Pentatomidae : Pentatominae) (*Figure 1.4*). Dans certaines descriptions d’espèces de punaises, la ressemblance avec le pois est même évoquée pour la forme et la couleur, comme pour la punaise à dos rouge *Banasa dimiata* (Say) 1832 et la punaise banasa *Banasa calva* (Say) 1832 (DeCoursey, 1963).

Quelques auteurs ont proposé de gérer les populations de plantes hôtes en bordure pour éviter la présence de Pentatomidae en champ. Par exemple, le fauchage des plantes adventices et la destruction du matériel végétal mort permettrait d’affaiblir les

possibilités de refuge pour l'hibernation des adultes (Jones et Sullivan, 1982) et de réduire la reproduction dans les vergers de pêches pour la punaise brune *E. servus* (Woodside, 1947). Il est suggéré aussi d'éliminer les plantes hôtes sauvages pour la punaise du cacao *Bathycoelia thalassina* (Herrich-Schaeffer) 1844 (Pentatomidae : Pentatominae) (Owusu-Manu, 1977) ; ou encore de traiter les plantes adventices en champ dans les zones de production de riz pour réduire les populations des espèces suivantes : *Oebalus ornatus* (Sailer) 1944, *Mormidea pictiventris* (Stål) 1862, et *Mormidea maculata* (Dallas) 1851 (Daza et Pantoja, 1992).

La méthode de flottaison est aussi utilisée pour les insectes contaminants dans le pois (Getzin et Halfhill, 1976). Celle-ci consiste à mettre les récoltes dans de grandes cuves remplies d'eau. Les insectes flotteront tandis que les pois, plus lourds coulent au fond des cuves. En ajoutant du NaCl à l'eau, dans le Nord-Ouest des États-Unis, 98% des insectes contaminants ont pu être retirés des récoltes avec cette technique (Getzin et Halfhill, 1976). En revanche, cette technique n'a pas été testé pour les Pentatomidae mais sur d'autres insectes : le doryphore de la pomme de terre *Leptinotarsa decemlineata* (Say) 1824 (Coleoptera : Chrysomelidae), la légionnaire occidentale à rayure jaune *Spodoptera praefica* (Grote) 1875 (Lepidoptera : Noctuidae), et l'autographe de la luzerne *Autographa californica* (Speyer) 1875 (Lepidoptera : Noctuidae).

### 1.3.2 Concepts

#### 1.3.2.1 Qu'est qu'une technique de dépistage « efficace » ?

Une technique de dépistage efficace a pour but d'anticiper les possibles dommages dans les cultures. Cela passe par plusieurs objectifs majeurs qui sont (i) de localiser, d'identifier et de dénombrer les organismes nuisibles et les organismes bénéfiques présents, (ii) d'évaluer la nécessité d'effectuer un traitement en fonction des seuils d'intervention établis; (iii) de déterminer le meilleur moment pour intervenir en tenant compte des stades vulnérables des organismes cibles visés; (iv) de suivre l'évolution des abondances locales (MAPAQ, 2019). Le seuil de détection de la technique de dépistage utilisée doit être inférieur au seuil économique d'intervention établi. Dans ce cas, il ne faut pas oublier l'intérêt financier d'une technique de dépistage qui permet d'éviter des dépenses en moyens de lutte chimique ou autres (Bates *et al.*, 2005). En revanche, si les seuils d'intervention sont atteints fréquemment et que le traitement est quasi-automatique, l'intérêt d'un investissement dans la mise en place d'un suivi a une utilité réduite d'un point de vue financier (Greene *et al.*, 1985 ; Ritchie *et al.*, 2004).

Dans le cas des Pentatomidae, aucun seuil n'est encore établi, cependant l'industrie est intraitable concernant cette problématique car elle ne souhaite pas prendre le risque qu'une seule punaise Pentatomidae contamine ses produits. Ainsi, l'industrie utilise aujourd'hui un seuil de traitement équivalent à une punaise par piège à phéromone d'agrégation dans la semaine précédant la récolte. Une technique de dépistage efficace dans ce contexte est une technique qui va permettre de détecter s'il y a présence effective de punaises Pentatomidae dans la culture de pois frais lors de la semaine

précédant la récolte. Pour cela, il est nécessaire que la technique de dépistage ait un seuil de détection le plus bas possible (Suckling, 2000). Pour assurer une rentabilité à l'industrie, le coût de cette technique de dépistage doit impliquer une réduction du coût insecticide. Il serait également pertinent de détecter la présence de Pentatomidae le plus tôt possible dans la saison afin d'envisager des méthodes préventives (Borges *et al.*, 2011).

### 1.3.2.2 Effet de bordure

#### 1.3.2.2.1 *Définition*

La bordure est la zone qui sépare deux habitats naturels ou semi-naturels adjacents. Dans le cas des champs, la bordure est une zone entre deux espaces, dont au moins un est cultivé. L'origine d'une bordure peut être naturelle ou anthropique (Clark *et al.*, 2005) et leur composition peut varier selon si les bordures se définissent comme des bandes enherbées, des haies, des talus, des cours d'eau, des fossés, des zones boisées ou des zones urbaines (Clark *et al.*, 2005). Le terme « effet de bordure » a été créé à l'origine pour décrire l'augmentation de la richesse spécifique dans la zone située entre deux habitats naturels adjacents (Angelstam, 1992), comme une bordure de champ. En effet, ces zones intermédiaires partagent les caractéristiques abiotiques distinctes des deux habitats naturels voisins, et peuvent donc héberger une partie des deux communautés des habitats voisins. Mais étant donné sa situation intermédiaire, la bordure possède également des caractéristiques distinctives que l'on retrouve uniquement dans cette zone et qui lui permet d'accueillir de nouvelles espèces (Dauber et Wolters, 2004).

### 1.3.2.2.2 Pentatomidae et effet de bordure

La bordure et la nature des champs adjacents ont un fort impact sur les risques de dommages dans les cultures chez les Pentatomidae (Leskey *et al.*, 2012). En effet, la répartition des populations de Pentatomidae en champ est non-aléatoire avec une abondance locale décroissante de la bordure vers le centre du champ. Ce phénomène a déjà été démontré dans plusieurs cultures dont la tomate, le blé, le coton ou les vergers (Blaauw *et al.*, 2016 ; Joseph *et al.*, 2014 ; Nakasuji *et al.*, 1965 ; Reay-Jones, 2010 ; Reay-Jones *et al.*, 2009 ; Reeves *et al.*, 2010 ; Tillman, 2010a ; Venugopal *et al.*, 2015a). Cet effet de bordure encourage d'ailleurs les stratégies de lutte de type attracticide (Blaauw *et al.*, 2015 ; Morisson *et al.*, 2016). La présence de plantes hôtes en bordure a vite été proposée comme explication à cette distribution au vu des densités plus fortes observées à proximité de celles-ci (McPherson et McPherson, 2000). En effet, dans les monocultures, les bordures de champs offrent une plus grande diversité de plantes proposant nourriture, site de nidification, de croissance, de reproduction (Altieri et Letourneau, 1982) et d'hibernation (Barbosa, 2003). Du fait de leur caractère polyphage, les Pentatomidae se nourrissent en général de plusieurs plantes au cours de leur cycle de vie (Panizzi, 1997 ; Tillman *et al.*, 2009) y compris de plantes herbacées (McPherson et McPherson, 2000) retrouvées en bordure. Certaines Pentatomidae ont même besoin d'une suite temporelle d'hôtes spécifiques pour assurer leur survie (Jones et Sullivan, 1982 ; Kiritani et Sasaba, 1969). C'est le cas de la punaise verte *C. hilaris* (Pentatominae) en Virginie qui s'alimente successivement sur des cerisiers tardifs, du coton puis du soya, assurant ainsi des lieux d'élevage pour plusieurs générations d'immatures sur une période de 12 semaines (Underhill, 1934). Cependant, certaines

études ont montré que cet effet de bordure pouvait être absent avec une répartition uniforme entre la bordure et le centre du champ (Olson *et al.*, 2012 ; Reay-Jones, 2010 ; Reeves *et al.*, 2010 ; Cullen et Zalom, 2000). Des théories existent expliquant l'absence d'effet de bordure pour les Pentatomidae comme : 1- la présence d'ennemis naturels en bordure qui peuvent structurer la distribution spatiale des herbivores (Olson et Andow, 2008) ; 2- un effet de bordure de type réfléchissant lié à une quantité de ressources répartie uniformément et suffisante pour la colonisation du champ (Olson et Andow, 2008) ; 3- une migration vers l'intérieur du champ pour se nourrir pendant la période de préoviposition (Panizzi, 1997) ou plus tard lorsque les ressources viennent à manquer en bordure (Olson *et al.*, 2012). Concernant le lien avec les pièges à phéromone, peu d'information existe mais la nature du champ adjacent, la position des échantillonnages et la nature des pièges (forme, couleur, quantité et composition de la phéromone) sont connus pour avoir des influences notoires sur les captures (Čokl et Borges, 2017).

#### 1.4 Objectifs et hypothèses

Les objectifs de ce mémoire sont divisés en deux grandes parties. La première partie se focalise sur la composition spécifique des Pentatomidae et du rôle des facteurs abiotiques et biotiques sur l'abondance des Pentatomidae. La deuxième partie s'attarde sur les effets de bordure et la comparaison de quatre techniques de dépistage.

#### 1.4.1 Composition spécifique des Pentatomidae et facteurs écologiques associés au nombre de captures

L'objectif spécifique de cette partie est de caractériser la population de Pentatomidae en champ de pois au Québec à travers leur composition spécifique, leur dynamique de populations et l'influence des facteurs abiotiques/biotiques sur leur abondance locale. Plusieurs hypothèses ont été avancées en rapport avec ces objectifs afin d'être vérifiées.

- La composition spécifique est limitée à quelques espèces appartenant à la sous-famille des Pentatominae. En effet, dans la zone Néarctique, la plupart du temps seulement quelques espèces appartenant à cette sous-famille représentent la grande majorité des individus Pentatomidae capturés en champ. Par exemple, dans l'étude de Koch et Pahs (2015), deux espèces de Pentatominae représentent entre 98% et 100% des individus Pentatomidae retrouvés en champ de maïs dans le Minnesota.
- Les températures plus élevées, étant un facteur primordial pour le comportement des Pentatomidae (Niva et Takeda, 2003 ; Lee et Leskey, 2015 ; Santos *et al.*, 2018), favoriseront le nombre de captures en champ de pois.
- L'abondance locale des punaises sera plus élevée au stade de gousse dans les champs de pois. En effet, l'abondance des Pentatomidae a une tendance à augmenter lors du stade gousse dans des cultures proche du pois comme le soya (Panizzi *et al.*, 1993) et le gombo (Panizzi, 1997).
- L'abondance locale sera plus élevée en champ de pois si le champ adjacent est un champ de maïs plutôt qu'un champ de soya. Le maïs est effectivement une plante

hôte connue de nombreuses punaises Pentatomidae (Rea *et al.*, 2002 ; Koch et Pahs, 2015). De plus, les champs de maïs sont connus pour être des sites de colonisation en début de saison dû au semis hâtif (Venugopal *et al.*, 2015b). Cette situation favorise l'augmentation de la densité de punaises Pentatomidae dans les cultures adjacentes comme le coton, la tomate, l'arachide et le sorgho (Tillman, 2011 ; Venugopal *et al.*, 2014).

#### 1.4.2 Comparaison de techniques de dépistage et effet de bordure

L' objectif spécifique de cette partie est d'évaluer le potentiel de quatre techniques de dépistage de punaises phytophages en culture du pois que sont l'observation visuelle, le battage, le piège lumineux et le piège à phéromones d'agrégation. Plusieurs critères ont été utilisés afin de les comparer : le nombre de captures des différents stades de développement, le coût économique et la capacité à représenter l'abondance locale de la population en champ, notamment à représenter un effet de bordure. En accord avec les objectifs, des hypothèses ont également été émises pour cette partie.

- La meilleure technique de dépistage sera le piège à phéromone d'agrégation dû à une grande zone d'attraction (Borges *et al.*, 2011), un plus grand nombre de captures d'adultes et un coût économique faible.
- Les techniques d'observation visuelle et de battage permettront la capture d'individus immatures, ce que ne permettent pas les deux autres techniques de dépistage. En effet, les stades immatures étant peu mobiles par rapport aux adultes (Herbert et Harper, 1983), leur probabilité d'être capturés par des méthodes non-attractives est plus grande.

- La répartition spatiale des captures des individus en champ sera hétérogène avec un effet de bordure pour l'ensemble des techniques de dépistage. De nombreuses études récentes démontrent un effet de bordure avec des punaises Pentatomidae (Reeves *et al.*, 2010 ; Tillman *et al.*, 2010 ; Venugopal *et al.*, 2014). Cet effet de bordure est souvent lié à la présence de plantes hôtes des Pentatomidae dans la bordure ou les cultures adjacentes (Panizzi, 1997). Ces dernières offrent une grande diversité de plantes qui constituent des sites de nourriture, de nidification, de croissance, de reproduction (Altieri et Letourneau, 1982) et d'hibernation (Barbosa, 2003) pour les Pentatomidae (Panizzi, 1997 ; Tillman *et al.*, 2009 ; McPherson et McPherson, 2000).
- Les techniques de battage et d'observation visuelle étant des méthodes non attractives, le nombre de capture réalisé avec ces techniques représenteront au mieux l'abondance locale en champ de pois. Cela se vérifiera notamment par une corrélation forte du nombre de capture entre ces deux techniques comme énoncé dans Čokl et Borges (2017).

## 1.5 References

- Abram, P. K., Hoelmer, K. A., Acebes-Doria, A., *et al.* (2017). Indigenous arthropod natural enemies of the invasive brown marmorated stink bug in North America and Europe. *Journal of Pest Science*, 90(4), 1009-1020. <https://doi.org/10.1007/s10340-017-0891-7>
- Adebiyi, A. P., et Aluko, R. E. (2011). Functional properties of protein fractions obtained from commercial yellow field pea (*Pisum sativum* L.) seed protein isolate. *Food Chemistry*, 128(4), 902-908. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.03.116>

- Aldrich, J. R., Hoffmann, M. P., Kochansky, J. P., Lusby, W. R., Eger, J. E., et Payne, J. A. (1991). Identification and attractiveness of a major pheromone component for Nearctic *Euschistus* spp. stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae). *Environmental Entomology*, 20(2), 477–483. <https://doi.org/10.1093/ee/20.2.477>
- Aldrich, J. R., Zanuncio, J. C., Vilela, E. F., Torres, J. B., & Cave, R. D. (1997). Field tests of predaceous pentatomid pheromones and semiochemistry of *Podisus* and *Supputius* species (Heteroptera: Pentatomidae: Asopinae). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, 26, 1-14. <https://doi.org/10.1590/S0301-80591997000100001>
- Ali, M., et Ewiess, M. A. (1977). Photoperiodic and temperature effects on rate of development and diapause in the green stink bug, *Nezara viridula* L. (Heteroptera: Pentatomidae). *Zeitschrift für angewandte Entomologie*, 84(1-4), 256-264. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.1977.tb04286.x>
- Allard, G., Pellerin, D., Michaud, R., et Perron, M. (1998). Les fourrages : quelque chose à ne pas manquer. In *Proceedings of the Symposium québécois sur les bovins laitiers* (Vol. 22, pp. 15-37).
- Altieri, M. A., et Letourneau, D. K. (1982). Vegetation management and biological control in agroecosystems. *Crop Protection*, 1(4), 405–430. [https://doi.org/10.1016/0261-2194\(82\)90023-0](https://doi.org/10.1016/0261-2194(82)90023-0)
- Angelstam, P. (1992). Conservation of communities—the importance of edges, surroundings and landscape mosaic structure. In *Ecological principles of nature conservation* (pp. 9-70). Springer, Boston, MA. [https://doi.org/10.1007/978-1-4615-3524-9\\_2](https://doi.org/10.1007/978-1-4615-3524-9_2)
- Arif, M. A., Guarino, S., Colazza, S., et Peri, E. (2020). The Role of (E)-2-octenyl Acetate as a Pheromone of *Bagrada hilaris* (Burmeister): Laboratory and Field Evaluation. *Insects*, 11(2), 109. <https://doi.org/10.3390/insects11020109>
- Bae, S. D., Kim, H. J., Lee, G. H., & Park, S. T. (2007). Development of observation methods for density of stink bugs in soybean field. Korean journal of applied entomology, 46(1), 153-158. <https://doi.org/10.5656/KSAE.2007.46.1.153>
- Bakken, A. J., Schoof, S. C., Bickerton, M., Kamminga, K. L., Jenrette, J. C., Malone, S., Abney, M. A., Herbert, D. A., Reisig, D., Kuhar, T. P. et Walgenbach, J. F.

- (2015). Occurrence of brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) on wild hosts in non managed woodlands and soybean fields in North Carolina and Virginia. *Environmental Entomology*, 44(4), 1011-1021. <https://doi.org/10.1093/ee/nvv092>
- Barbosa, P. (2003). *Conservation Biological Control*. Academic Press, San Diego, USA. 395p.
- Barbour, K. S., Bradley Jr, J. R., et Bacheler, J. S. (1988). Phytophagous stink bugs in North Carolina cotton: an evaluation of damage potential. In *Proceedings-Beltwide Cotton Production Research Conferences* (USA).
- Barrigossi, J. A., T. Alves, D. F. Caixeta, and E. D. Quintela. 2013. Effects of *Tibraca limbaticornis* Stål (Heteroptera: Pentatomidae) infestations on rice (*Oryza sativa* L.) yield components. ESA 61st Annual Meeting, D0387, p. 174.
- Bastola, A., et Davis, J. A. (2018). Preference of the Redbanded Stink Bug (Hemiptera: Pentatomidae) for Selected Spring Host Plants. *Journal of economic entomology*, 111(4), 1716-1723.
- Bates, S. L., Zhao, J. Z., Roush, R. T., et Shelton, A. M. (2005). Insect resistance management in GM crops: past, present and future. *Nature biotechnology*, 23(1), 57. <https://doi.org/10.1038/nbt1056>
- Beketov, M. A., Kefford, B. J., Schäfer, R. B., et Liess, M. (2013). Pesticides reduce regional biodiversity of stream invertebrates. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(27), 11039-11043. <https://doi.org/10.1073/pnas.1305618110>
- Beltzer, A. H., Ríos de Salusso, M. L., et Bucher, E. H. (1988). Alimentacion del nacunda (*Podager nacunda*) en Paraná (Entre Ríos). *El Hornero*, 13(01), 047–052.
- Bengtsson, J., Ahnström, J., et Weibull, A.-C. (2005). The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*, 42(2), 261–269. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2005.01005.x>
- Bergmann, E. J., Venugopal, P. D., Martinson, H. M., Raupp, M. J., et Shrewsbury, P. M. (2016). Host plant use by the invasive *Halyomorpha halys* (Stål) on woody

- ornamental trees and shrubs. *PloS One*, 11(2). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0149975>
- Blaauw, B. R., Polk, D., et Nielsen, A. L. (2015). IPM-CPR for peaches: incorporating behaviorally-based methods to manage *Halyomorpha halys* and key pests in peach. *Pest Management Science*, 71(11), 1513-1522.
- Blaauw, B. R., Jones, V. P., et Nielsen, A. L. (2016). Utilizing immunomarking techniques to track *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) movement and distribution within a peach orchard. *PeerJ*, 4, e1997.
- Blackman R. L. et Eastop V. F. (2000). Aphids on the world's crops: An identification and information guide, Second edition. John Wiley et Sons, New York, 476 pp.
- Bommarco, R., Kleijn, D., et Potts, S. G. (2013). Ecological intensification: harnessing ecosystem services for food security. *Trends in Ecology et Evolution*, 28(4), 230–238. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2012.10.012>
- Bonduelle (2011). Document de référence 2010-2011. Repéré à [https://www.bonduelle.com/fileadmin/user\\_upload/SITE\\_CORPO/FINANCE/Document\\_de\\_reference/bonduelle-ddr2011-12.pdf](https://www.bonduelle.com/fileadmin/user_upload/SITE_CORPO/FINANCE/Document_de_reference/bonduelle-ddr2011-12.pdf) [consulté le 25/11/18].
- Boquel, S., et Latraverse, A. (2018). Effet d'une culture-piège (tournesol) en bordure de champ de pois sur les populations de punaises. Rapport final du projet collaboratif entre le CÉROM, la Fédération québécoise des producteurs de fruits et légumes de transformation, 19.
- Borges, M., et Aldrich, J. R. (1994). Attractant pheromone for Nearctic stink bug, *Euschistus obscurus* (Heteroptera: Pentatomidae): insight into a Neotropical relative. *Journal of chemical ecology*, 20(5), 1095-1102.
- Borges, M., Mori, K., Costa, M. L. M., et Sujii, E. R. (1998a). Behavioural evidence of methyl-2, 6, 10-trimethyltridecanoate as a sex pheromone of *Euschistus heros* (Het., Pentatomidae). *Journal of Applied Entomology*, 122(1–5), 335–338. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.1998.tb01508.x>
- Borges, M., F.G.V. Schmidt, E.R. Sujii, M.A. Medeiros, K. Mori, P.H.G. Zarbin, et J.T.B. Ferreira. (1998b). Field responses of stink bugs to the natural and synthetic pheromone of the neotropical brown stink bug, *Euschistus heros* (Heteroptera:

- Pentatomidae). *Physiological Entomology*, 23(3) : 202–207. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3032.1998.233086.x>
- Borges, M., Moraes, M. C. B., Peixoto, M. F., Pires, C. S. S., Sujii, E. R., et Laumann, R. A. (2011). Monitoring the Neotropical brown stink bug *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae) with pheromone-baited traps in soybean fields. *Journal of Applied Entomology*, 135(1-2), 68-80. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2010.01507.x>
- Botteon, V. W., Neves, J. A., et Godoy, W. A. C. (2017). Functional response and matrix population model of *Podisus nigrispinus* (Dallas, 1851) (Hemiptera: Pentatomidae) fed on *Chrysomya putoria* (Wiedemann, 1818) (Diptera: Calliphoridae) as alternative prey. *Neotropical Entomology*, 46(2), 137-143. <https://doi.org/10.1007/s13744-016-0440-8>
- Brader, L. (1979). Integrated pest control in the developing world. *Annual Review of Entomology*, 24(1), 225-254. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.24.010179.001301>
- Buchanan, A., Grieshop, M., et Szendrei, Z. (2018). Assessing annual and perennial flowering plants for biological control in asparagus. *Biological Control*, 127, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2018.08.013>
- Bundy, C. S., et McPherson, R. M. (2000). Dynamics and seasonal abundance of stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae) in a cotton–soybean ecosystem. *Journal of Economic Entomology*, 93(3), 697–706. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-93.3.697>
- Bundy, C. S., McPherson, R. M., et Herzog, G. A. (2000). An examination of the external and internal signs of cotton boll damage by stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae). *Journal of Entomological Science*, 35(4), 402–410. <https://doi.org/10.18474/0749-8004-35.4.402>
- Bundy, C. S. (2012). An annotated checklist of the stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae) of New Mexico. *The Great Lakes Entomologist*, 45(3 et 4), 7. <https://scholar.valpo.edu/tgle/vol45/iss2/7>
- Calliera, M., Luzzani, G., Sacchettini, G., et Capri, E. (2019). Resident's perceptions of non-dietary pesticide exposure risk. Knowledge gaps and challenges for

- targeted awareness-raising material in Italy. *Science of The Total Environment*, 685, 775-785. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.223>
- Cambridge, J. E., Francoeur, L., et Hamilton, G. C. (2017). Brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) attraction to various light stimuli. *Florida Entomologist*, 583-588.
- Campbell, J. H., & Wallace, V. H. (2020). Awareness, support, and perceived impact of the Connecticut pesticide ban. *HortTechnology*, 30(1), 96-101. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH04493-19>
- Casida, J. E. (2009). Pest toxicology: the primary mechanisms of pesticide action. *Chemical Research in Toxicology*, 22(4), 609–619. <https://doi.org/10.1021/tx8004949>
- Cato, A. J., Bateman, N. R., Lorenz, G. M., Hardke, J. T., Black, J. L., Thrash, B. C., Johnson, D. L., Gore, J., Studebaker, G., Fan, S. et Gaillard, P. R. (2019). Influence of sweep length on rice stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) capture and reliability of population density estimates. *Journal of Economic Entomology*, 112(6), 2713-2718. <https://doi.org/10.1093/jee/toz189>
- Chaux, C., et Foury, C. L. (1994). Cultures légumières et maraîchères. Tome III : Légumineuses potagères, légumes fruits. Tec et Doc Lavoisier, Paris, France, 563 p.
- Chen, J. H., Avila, G. A., Zhang, F., Guo, L. F., Sandanayaka, M., Mi, Q. Q., Shi, S.-S. et Zhang, J. P. (2020). Field cage assessment of feeding damage by *Halyomorpha halys* on kiwifruit orchards in China. *Journal of Pest Science*, 1-11. <https://doi.org/10.1007/s10340-020-01216-8>
- Cherry, R., et Nuessly, G. (2010). Establishment of a new stink bug pest, *Oebalus insularis* (Hemiptera: Pentatomidae), in Florida rice. *Florida Entomologist*, 93(2), 291–293. <https://doi.org/10.1653/024.093.0221>
- Chocorosqui, V. R., et Panizzi, A. R. (2004). Impact of cultivation systems on *Dichelops melacanthus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) population and damage and its chemical control on wheat. *Neotropical Entomology*, 33(4), 487-492. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2004000400014>

- Chouinard, G., Larose, M., Légaré, J. P., Bourgeois, G., Racette, G., & Barrette, M. (2018). Interceptions and captures of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in Quebec from 2008 to 2018. *Phytoprotection*, 98(1), 46-50. <https://doi.org/10.7202/1055355ar>
- Clark, R. G., C. Boutin, B. Jobin, D. J. Forsyth, D. Shutler, J. Y. Leeson, O. Olfert, and A. G. Thomas. (2005). Living on the edge: Field boundary habitats, biodiversity, and agriculture. Pages 113–133 in A. G. Thomas, editor. *Field boundary habitats: Implications for weed, insect and disease management. Volume 1. Topics in Canadian Weed Science*, Canadian Weed Science Society - Société canadienne de malherbologie, Sainte-Anne-de-Bellevue, Québec, Canada.
- Čokl, A., Virant-Doberlet, M., et McDowell, A. (1999). Vibrational directionality in the southern green stink bug, *Nezara viridula* (L.), is mediated by female song. *Animal Behaviour*, 58(6), 1277–1283.
- Čokl, A., Zorović, M., et Millar, J. G. (2007). Vibrational communication along plants by the stink bugs *Nezara viridula* and *Murgantia histrionica*. *Behavioural Processes*, 75(1), 40-54. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2007.01.003>
- Čokl, A., et Borges, M. (2017). *Stinkbugs: Biorational control based on communication processes*. CRC Press, Boca Raton, Floride, États-Unis, 276 p. <http://doi.org/10.1201/9781315120713>
- Corrêa-Ferreira, B. S., et Moscardi, F. (1996). Biological control of soybean stink bugs by inoculative releases of *Trissolcus basalis*. *Entomologia experimentalis et applicata*, 79(1), 1-7. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1996.tb00802.x>
- Cottrell, T. E., et Horton, D. L. (2011). Trap capture of brown and dusky stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) as affected by pheromone dosage in dispensers and dispenser source. *Journal of Entomological Science*, 46(2), 135–147. <https://doi.org/10.18474/0749-8004-46.2.135>
- Cranshaw, W. S., et E. B. Radcliffe. (1984). Insect contaminants of Minnesota processed peas. *Technical Bulletin*, Item No. AD-TB-2211, Agricultural Experiment Station, University of Minnesota <https://conservancy.umn.edu/bitstream/handle/11299/109698/TB340.pdf?sequence=1>

- Crowder, D. W. et Jabbour, R. (2014). Relationships between biodiversity and biological control in agroecosystems: Current status and future challenges. *Biological Control*, 75, 8–17. <https://doi.org/10.1016/j.bioccontrol.2013.10.010>
- Cullen, Eileen M., et Zalom, F. G. (2000). Phenology-based field monitoring for consperse stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) in processing tomatoes. *Environmental Entomology*, 29(3), 560–567. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-29.3.560>
- Cullen, E. M., et Zalom, F. G. (2005). Relationship between *Euschistus conspersus* (Hem., Pentatomidae) pheromone trap catch and canopy samples in processing tomatoes. *Journal of Applied Entomology*, 129(9–10), 505–514. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2005.01013.x>
- Cutler, G. C. (2013). Insects, insecticides and hormesis: evidence and considerations for study. *Dose-Response*, 11(2), 154–177. <https://doi.org/10.2203/dose-response.12-008>
- Daane, K. M., Yokota, G. Y., Bentley, W. J., Weinberger, G., Millar, J. G., et Beede, R. H. (2016). Stink bugs and leaffooted bugs. *Pistachio production manual*, 1<sup>st</sup> ed., Oakland, University of California – Agriculture & Natural Resources. 3545, 225–239.
- Dauber, J., et Wolters, V. (2004). Edge effects on ant community structure and species richness in an agricultural landscape. *Biodiversity et Conservation*, 13(5), 901–915. <https://doi.org/10.1023/B:BIOC.0000014460.65462.2b>
- Daza, E., et Pantoja, A. (1992). Hospederos alternos en pentatómido; implicaciones en el manejo de plagas. *Turrialba (IICA)*, 42 (3), 408–410. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/9904>
- De Castro Solar, R. R., Barlow, J., Andersen, A. N., Schoereder, J. H., Berenguer, E., Ferreira, J. N., et Gardner, T. A. (2016). Biodiversity consequences of land-use change and forest disturbance in the Amazon: A multi-scale assessment using ant communities. *Biological Conservation*, 197, 98–107. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.03.005>
- DeCoursey, R. M., et Esselbaugh, C. O. (1962). Descriptions of the nymphal stages of some North American Pentatomidae (Hemiptera-Heteroptera). *Annals of the Entomological Society of America*, 55(3), 323–342.

- DeCoursey, R. M. (1963). The life histories of *Banasa dimidiata* and *Banasa calva* (Hemiptera: Pentatomidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 56(5), 687-693. <https://doi.org/10.1093/aesa/56.5.687>
- Deutsch, C. A., Tewksbury, J. J., Tigchelaar, M., Battisti, D. S., Merrill, S. C., Huey, R. B., et Naylor, R. L. (2018). Increase in crop losses to insect pests in a warming climate. *Science*, 361(6405), 916-919. 10.1126/science.aat3466
- Ehler, L. E. (2000). Farmscape ecology of stink bugs in northern California. *Mem. Thomas Say Publ. Entomol. Entomol. Soc. Am. Press*, Lanham, MD.
- Eilenberg, J., Hajek, A., et Lomer, C. (2001). Suggestions for unifying the terminology in biological control. *BioControl*, 46(4), 387–400. <https://doi.org/10.1023/A:1014193329979>
- Esquivel, J. F., Medrano, E. G., et Bell, A. A. (2010). Southern green stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) as vectors of pathogens affecting cotton bolls—a brief review. *Southwestern Entomologist*, 35(3), 457-461. <https://doi.org/10.3958/059.035.0332>
- European Food Safety Authority (2008). Conclusion on pesticide peer review regarding the risk assessment of the active substance methomyl. *EFSA Scientific Report*, 222, 1-99r.
- Fagan, W. F., Cantrell, R. S., et Cosner, C. (1999). How habitat edges change species interactions. *The American Naturalist*, 153(2), 165-182.
- FAO (Food and Agriculture Organization). (2018). Production/Yield quantities of peas, green in World. <http://www.fao.org/faostat>
- FAO (Food and Agriculture Organization). (2020). AGP - Integrated Pest Management <http://www.fao.org/agriculture/crops/thematic-sitemap/theme/pests/ipm>
- Fogain, R., et Graff, S. (2011). First records of the invasive pest, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae), in Ontario and Quebec. *Journal of the Entomological Society of Ontario*. 142 : 45-48.
- FQPFLT (Fédération Québécoise des Producteurs de Fruit et Légumes de Transformation) (2018), Rapport annuel 2018. Repéré à <https://www.legumes-transformation.qc.ca> consulté le 15/02/19].

- Fucarino, A., Millar, J. G., McElfresh, J. S., et Colazza, S. (2004). Chemical and physical signals mediating conspecific and heterospecific aggregation behavior of first instar stink bugs. *Journal of chemical ecology*, 30(6), 1257-1269. <https://doi.org/10.1023/B:JOEC.0000030276.32665.cb>
- Gardner, W. A., Peeler, H. B., LaForest, J., Roberts, P. M., Sparks, A. N. Jr., Greene, J. K., Reisig, D., Suiter, D. R., Bacheler, J. S., Kidd, K., Ray, C. H., Hu, X. P., Kemerait, R. C., Scocco, E. A., Eger, J. E. Jr., Ruberson, J. R., Sikora, E. J., Herbert, D. A. Jr., Campana, C., Halbert, S., Stewart, S. D., Buntin, G. D., Toews M. D. et Bargeron, C. T. (2013). Confirmed distribution and occurrence of *Megacopta cribraria* (F.) (Hemiptera: Heteroptera: Plataspidae) in the southeastern United States. *Journal of Entomological Science* 48: 118 – 127. <https://doi.org/10.18474/0749-8004-48.2.118>
- Gariepy, T. D., Fraser, H., et Scott-Dupree, C. D. (2014). Brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) in Canada: recent establishment, occurrence, and pest status in southern Ontario. *The Canadian Entomologist*, 146(5), 579-582. <https://doi.org/10.4039/tce.2014.4>
- Gatersleben, I. P. K. (2003). Mansfeld's world database of agricultural and horticultural crops. *Leibniz Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research* ([http://mansfeld.ipk-gatersleben.de/mansfeld/mf-inf\\_e.htm](http://mansfeld.ipk-gatersleben.de/mansfeld/mf-inf_e.htm)) – accessed 26/02/20).
- Getzin, L. W., et Eric Halfhill, J. (1976). Removal of Insect Contaminants from Peas in the Processing Plane. *Journal of Economic Entomology*, 69(5), 647-651. <https://doi.org/10.1093/jee/69.5.647>
- Glover, J. P., Sword, G. A., et Brewer, M. J. (2019). Photoperiod-specific within-plant distribution of the green stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) on cotton. *Environmental Entomology*, 48(5), 1234-1240. <https://doi.org/10.1093/ee/nvz102>
- Glover, T. (1855). Accidents and diseases of the cotton plant. *Report on agriculture by the commissioner of patents for the year*, 230-234.
- Gonçalves, M. W., Gambale, P. G., Godoy, F. R., Alves, A. A., Rezende, P. H., Cruz, A. D. D., Maciel, N. M., Nomura, F., Bastos, R. P. et Silva, D. D. M. (2017). The agricultural impact of pesticides on *Physalaemus cuvieri* tadpoles (Amphibia:

- Anura) ascertained by comet assay. *Zoologia (Curitiba)*, 34 <https://doi.org/10.3897/zootaxa.34.e19865>
- Gosselin, B., C. Ouellet, M.F. Asselin. (2014). La punaise brune dans le maïs (sucré et de grandes cultures) (<https://www.agrireseau.net/Rap/documents/b14gc14.pdf>).
- Greene, C. R., Kramer, R. A., Norton, G. W., Rajotte, E. G., et Robert M, M. (1985). An economic analysis of soybean integrated pest management. *American Journal of Agricultural Economics*, 67(3), 567-572. <https://doi.org/10.2307/1241077>
- Greene, J. K., Turnipseed, S. G., Sullivan, M. J., et Herzog, G. A. (1999). Boll damage by southern green stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) and tarnished plant bug (Hemiptera: Miridae) caged on transgenic *Bacillus thuringiensis* cotton. *Journal of Economic Entomology*, 92(4), 941-944. <https://doi.org/10.1093/jee/92.4.941>
- Greene, J. K., Turnipseed, S. G., Sullivan, M. J., et May, O. L. (2001). Treatment thresholds for stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) in cotton. *Journal of Economic Entomology*, 94(2), 403-409. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-94.2.403>
- Guarino, S., Arif, M. A., Millar, J. G., Colazza, S., et Peri, E. (2018). Volatile unsaturated hydrocarbons emitted by seedlings of *Brassica* species provide host location cues to *Bagrada hilaris*. *PloS One*, 13(12). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0209870>
- Guichard, L., Dedieu, F., Jeuffroy, M. H., Meynard, J. M., Reau, R., et Savini, I. (2017). Le plan Ecophyto de réduction d'usage des pesticides en France : décryptage d'un échec et raisons d'espérer. *Cahiers Agricultures*, 26(1), 14002. 10.1051/cagri/2017004
- Herbert, A. D. et Harper, J. D. (1983). Modification of the shake cloth sampling technique for soybean insect research. *Journal of Economic Entomology*, 76(3), 667-670. <https://doi.org/10.1093/jee/76.3.667>
- Hulme, P. E. (2009). Trade, transport, and trouble: managing invasive species pathways in an era of globalization. *Journal of Applied Ecology*, 46(1), 10-18. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2008.01600.x>
- Hunt, T., B. Wright, et K. Jarvi. (2011). Stink bug populations developing in soybeans and corn. *Crop Watch*, 4 August 2011. University of Nebraska Lincoln, NE.

- ([http://cropwatch.unl.edu/archive/-/asset\\_publisher/VHeSpfv0Agju/content/4620945](http://cropwatch.unl.edu/archive/-/asset_publisher/VHeSpfv0Agju/content/4620945)). [Consulté 13 Mars 2020]
- Inkley, D. B. (2012). Characteristics of home invasion by the brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Entomological Science*, 47(2), 125-130. <https://doi.org/10.18474/0749-8004-47.2.125>
- ISQ (Institut de la Statistique du Québec) et MAPAQ (Ministère de l’Agriculture, des Pêcheries et de l’Alimentation du Québec (2016), Profil sectoriel de l’industrie horticole au Québec Repéré à <http://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/agriculture/profil-horticole2016.pdf> [consulté le 04/04/21].
- Jawahery, M. (1990). Biology and ecological adaptation of the green stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) in Québec and Ontario. *Annals of the Entomological Society of America*, 83(2), 201-206. <https://doi.org/10.1093/aesa/83.2.201>
- James, D. G., Heffer, R., et Amaike, M. (1996). Field attraction of *Biprorulus bibax* Breddin (Hemiptera: Pentatomidae) to synthetic aggregation pheromone and (E)-2-hexenal, a pentatomid defense chemical. *Journal of Chemical Ecology*, 22(9), 1697–1708. <https://doi.org/10.1007/BF02272408>
- Jones, W. A., et Sullivan, M. J. (1982). Role of host plants in population dynamics of stink bug pests of soybean in South Carolina. *Environmental Entomology*, 11(4), 867–875. <https://doi.org/10.1093/ee/11.4.867>
- Joseph, S. V., Stallings, J. W., Leskey, T. C., Krawczyk, G., Polk, D., Butler, B., et Bergh, J. C. (2014). Spatial distribution of brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) injury at harvest in mid-Atlantic apple orchards. *Journal of Economic Entomology*, 107(5), 1839-1848. <https://doi.org/10.1603/EC14154>
- Kandel, H. 2010. *Soybean production: field guide for North Dakota and Northwestern Minnesota*. North Dakota State University Extension Service. <https://www.ag.ndsu.edu/extensionentomology/field-crops-insect-pests/Documents/soybean/a-1172-soybean-production-field-guide> (repéré le 2 Mar. 2020).
- Kamminga, K., A. D. Herbert, Jr., S. Malone, T. P. Kuhar, and J. Greene. (2009). Field Guide to Stink Bugs of Agricultural Importance in the Upper Southern Region

- and Mid-Atlantic States. College of Agriculture and Life Sciences, Virginia Tech, Blacksburg, VA. <http://hdl.handle.net/10919/50280>
- Kamminga, K. L., Davis, J. A., Stock, S. P., et Richter, A. R. (2012). First report of a mermithid nematode infecting *Piezodorus guildinii* and *Acrosternum hilare* (Hemiptera: Pentatomidae) in the United States. *Florida Entomologist*, 95(1), 214-217. <https://doi.org/10.1653/024.095.0137>
- Karp, D. S., Rominger, A. J., Zook, J., Ranganathan, J., Ehrlich, P. R., et Daily, G. C. (2012). Intensive agriculture erodes  $\beta$ -diversity at large scales. *Ecology Letters*, 15(9), 963-970. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2012.01815.x>
- Kennedy, J. S. (1978). The concepts of olfactory ‘arrestment and attraction.’ *Physiological Entomology*, 3(2), 91–98. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3032.1978.tb00138.x>
- Khrimian A., Zhang A., Weber D. C., Ho H.-Y., Aldrich J. R., Vermillion K. E., Siegler M. A., Shirali S., Guzman F., Leskey T. C. (2014). Discovery of the aggregation pheromone of the brown marmorated stink bug (*Halyomorpha halys*) through the creation of stereoisomeric libraries of 1-bisabolen-3-ols. *J Nat Prod* 77:1708–1717. <https://doi.org/10.1021/np5003753>
- Kiritani K., Hokyo H., Kimura K. et Nakasuji F. (1965). Imaginal dispersal of southern green stink bug, *Nezara viridula* (L.) in relation to feeding and oviposition. *Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology*, 9: 291 – 297.
- Kiritani, K., et Sasaba, T. (1969). The differences in bio-and ecological characteristics between neighbouring populations in the southern green stink bug, *Nezara viridula* L. *Japanese Journal of Ecology*, 19(5), 177–184. [https://doi.org/10.18960/seitai.19.5\\_177](https://doi.org/10.18960/seitai.19.5_177)
- Knight, K. M., et Gurr, G. M. (2007). Review of *Nezara viridula* (L.) management strategies and potential for IPM in field crops with emphasis on Australia. *Crop Protection*, 26(1), 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2006.03.007>
- Koch, R.L., et T. Pahs. (2014). Species composition, abundance, and seasonal dynamics of stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) in Minnesota soybean fields. *Environmental Entomology*, 43(4) : 883–888. <https://doi.org/10.1603/EN14082>

- Koch, R. L., et Pahs, T. (2015). Species composition and abundance of stink bugs (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae) in Minnesota field corn. *Environmental entomology*, 44(2), 233-238. <https://doi.org/10.1093/ee/nvv005>
- Koch, R. L., Pezzini, D. T., Michel, A. P., et Hunt, T. E. (2017). Identification, biology, impacts, and management of stink bugs (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae) of soybean and corn in the midwestern United States. *Journal of Integrated Pest Management*, 8(1). <https://doi.org/10.1093/jipm/pmx004>
- Koch, R. L., Ambourn, A., et Burlington, J. (2018). Detections of *Bagrada hilaris* (Hemiptera: Pentatomidae) in Minnesota. *Journal of Entomological Science*, 53(2), 278-280. <https://doi.org/10.18474/JES17-131.1>
- Kogan, M. (1998). Integrated pest management: historical perspectives and contemporary developments. *Annual review of entomology*, 43(1), 243-270. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.43.1.243>
- Koppel, A. L., Herbert Jr, D. A., Kuhar, T. P., et Kamminga, K. (2009). Survey of stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) egg parasitoids in wheat, soybean, and vegetable crops in southeast Virginia. *Environmental Entomology*, 38(2), 375-379. <https://doi.org/10.1603/022.038.0209>
- Krumbias, A. (1987). Host plant, seasonal migration and control of the berry bug *Dolycoris baccarum* L. in Cyprus. *FAO Plant Protection Bulletin (FAO)*.
- Krupke, C. H., Brunner, J. F., Doerr, M. D., et Kahn, A. D. (2001). Field attraction of the stink bug *Euschistus conspersus* (Hemiptera: Pentatomidae) to synthetic pheromone-baited host plants. *Journal of Economic Entomology*, 94(6), 1500-1505. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-94.6.1500>
- Lafond, J., et Pageau, D. (2010). Fertilisation phosphatée et potassique dans la culture du pois sec. *Canadian Journal of Plant Science*, 90(5), 629-636. <https://doi.org/10.4141/CJPS09152>
- Lancashire, P. D., Bleiholder, H., Boom, T. V. D., Langelüddeke, P., Stauss, R., Weber, E., et Witzenberger, A. (1991). A uniform decimal code for growth stages of crops and weeds. *Annals of applied Biology*, 119(3), 561-601. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1991.tb04895.x>

- Lau, E. T. C., Karraker, N. E., et Leung, K. M. Y. (2015). Temperature-dependent acute toxicity of methomyl pesticide on larvae of three Asian amphibian species. *Environmental toxicology and chemistry*, 34(10), 2322-2327. <https://doi.org/10.1002/etc.3061>
- Lee, W., Kang, J., Jung, C., Hoelmer, K., Lee, S. H., et Lee, S. (2009). Complete mitochondrial genome of brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae), and phylogenetic relationships of hemipteran suborders. *Molecules and Cells*, 28(3), 155-165. <https://doi.org/10.1007/s10059-009-0125-9>
- Lee, D.-H., Short, B. D., Joseph, S. V., Bergh, J. C., et Leskey, T. C. (2013). Review of the biology, ecology, and management of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in China, Japan, and the Republic of Korea. *Environmental Entomology*, 42(4), 627–641. <https://doi.org/10.1603/EN13006>
- Lee, D. H., et Leskey, T. C. (2015). Flight behavior of foraging and overwintering brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae). *Bulletin of entomological research*, 105(5), 566-573. <https://doi.org/10.1017/S0007485315000462>
- Leskey, T. C., et Hogmire, H. W. (2005). Monitoring stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) in mid-Atlantic apple and peach orchards. *Journal of Economic Entomology*, 98(1), 143–153. <https://doi.org/10.1093/jee/98.1.143>
- Leskey, T. C., et Hogmire, H. W. (2007). Response of the brown stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) to the aggregation pheromone, methyl (2 E, 4 Z)-decadienoate. *Journal of Entomological Science*, 42(4), 548–557. <https://doi.org/10.18474/0749-8004-42.4.548>
- Leskey, T.C., G.C. Hamilton, A.L. Nielsen, D.F. Polk, C. Rodriguez-Saona, J.C. Bergh, D.A. Herbert, T.P. Kuhar, D. Pfeiffer, G.P. Dively, C.R.R. Hooks, M.J. Raup, P.M. Shrewsbury, G. Krawczyk, P.W. Shearer, J. Whalen, C. Koplinka-Loehr, E. Myers, D. K.A. Hoelmer, D.H. Lee, et S.E. Wright. (2012). Pest status of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* in the USA. *Outlooks on Pest Management*, 23(5): 218–226. <https://doi.org/10.1564/23oct07>
- Lichtfouse, E., Navarrete, M., Debaeke, P., Souchère, V., Alberola, C., et Ménassieu, J. (2009). Agronomy for sustainable agriculture: a review. In *Sustainable*

- agriculture* (pp. 1-7). Springer, Dordrecht. [https://doi.org/10.1007/978-90-481-2666-8\\_1](https://doi.org/10.1007/978-90-481-2666-8_1)
- Losey, J. E., et Vaughan, M. (2006). The economic value of ecological services provided by insects. *Bioscience*, 56(4), 311–323. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2006\)56\[311:TEVOES\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2006)56[311:TEVOES]2.0.CO;2)
- Ludwick, D., Morrison III, W. R., Acebes-Doria, A. L., Agnello, A. M., Bergh, J. C., Buffington, M. L., Hamilton, G. C., Harper, J. K., Hoelmer, K. A., Krawczyk, G., Kuhar, T. P., Pfeiffer, D. G., Nielsen, A. L., Rice, K. B., Rodriguez-Saona, C., Shearer, P. W., Shrewsbury, P. M., Talamas, E. J., Walgenbach, J. F., Wiman, N. G. et Leskey, T. C. (2020). Invasion of the brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) into the United States: developing a national response to an invasive species crisis through collaborative research and outreach efforts. *Journal of Integrated Pest Management*, 11(1), pmaa001. <https://doi.org/10.1093/jipm/pmaa001>
- Luttrell, R. G., Teague, T. G., et Brewer, M. J. (2015). Cotton insect pest management. *Cotton*, 57, 509-546. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr57.2014.0072>
- Macavei, L. I., Baetan, R., Oltean, I., Florian, T., Varga, M., Costi, E., et Maistrello, L. (2015). First detection of *Halyomorpha halys* Stål, a new invasive species with a high potential of damage on agricultural crops in Romania. *Lucrări Științifice, Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară” Ion Ionescu de la Brad” Iași, Seria Agronomie*, 58, 105-108.
- Maciel, A. A., de Lemos, R. N., Souza, J. R. D., Costa, V. A., Barrigossi, J. A., et Chagas, E. F. D. (2007). Parasitismo de ovos de *Tibraca limbativentris* Stål (Hemiptera: Pentatomidae) na cultura do arroz no Maranhão. *Neotropical Entomology*, 36(4), 616-618.
- Mahajan, R., Dar, A. A., Mukthar, S., Zargar, S. M., et Sharma, S. (2018). *Pisum Improvement Against Biotic Stress: Current Status and Future Prospects*. In *Pulse Improvement* (pp. 109-136). Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-01743-9\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-030-01743-9_6)
- Maistrello, L., Vaccari, G., Caruso, S., Costi, E., Bortolini, S., Macavei, L., Foca, G., Ulrici, A., Paolo Bortolotti, P., Nannini, R., Casoli, L., Fornaciari, M., Mazzoli Lorenzo, G. et Dioli, Paride. (2017). Monitoring of the invasive *Halyomorpha*

- halys*, a new key pest of fruit orchards in northern Italy. *Journal of Pest Science*, 90(4), 1231-1244. <https://doi.org/10.1007/s10340-017-0896-2>
- MAPAQ (Ministère de l’Agriculture, des Pêches et de l’Alimentation du Québec) (2011). Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture 2011-2021. Ministère de l’Agriculture, des Pêcheries et de l’Alimentation du Québec. Repéré à [https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Publications/Strategie\\_phytosanitaire.pdf](https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Publications/Strategie_phytosanitaire.pdf) [consulté le 14/09/18].
- MAPAQ (Ministère de l’Agriculture, des Pêches et de l’Alimentation du Québec) (2014). *Monographie de l’industrie du légume de transformation au Québec*. Ministère de l’Agriculture, des Pêcheries et de l’Alimentation du Québec. Repéré à [https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Publications/Monographie\\_legumestransformation\\_web.pdf](https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Publications/Monographie_legumestransformation_web.pdf) [consulté le 31/08/18].
- MAPAQ (Ministère de l’Agriculture, des Pêches et de l’Alimentation du Québec) (2019). Le dépistage des ennemis des cultures pour des interventions ciblées. Ministère de l’Agriculture, des Pêcheries et de l’Alimentation du Québec. Repéré à <https://www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/ProtectionCultures/Troussepesticides/Fiche4.pdf> [consulté le 14/02/20].
- Marie-Victorin, F. (1997). Flore laurentienne. Troisième édition mise à jour et annotée par L. Brouillet, SG Hay, I. Goulet, M. Blondeau, J. Cayouette et J. Labrecque. *Les Presses de l’Université de Montréal, Montréal*.
- Martin, G., Barth, K., Blanc, M., Dumont, B., Hübner, S., Magne, M. A., Mosnier, C., Primi, R., Schanz, L., Werne, S. et Winckler, C. (2019). Diversified farming systems for improved sustainability of agriculture: potentialities and challenges. 6th Farming Systems Design Symposium, Montevideo, Uruguay, 18-21 August 2019
- McBrien, H. L. et Millar, J. G. (1999). Pheromones of non-Lepidopteran insects pests of agriculture. CAB International, Wallingfor, England. 300p
- McBrien, H. L., Čokl, A., et Millar, J. G. (2002). Comparison of substrate-borne vibrational signals of two congeneric stink bug species, *Thyanta pallidovirens* and *T. custator accerra* (Heteroptera: Pentatomidae). *Journal of Insect Behavior*, 15(6), 715–738. <https://doi.org/10.1023/A:1020513218454>

- McPherson, J. E., et McPherson, R. (2000). *Stink bugs of economic importance in America north of Mexico*. CRC Press, Boca Raton, Floride, États-Unis, 272p. <https://doi.org/10.1201/9781420042429>
- McPherson, J.E., et R.H. Mohlenbrock. (1976). A list of the Scutelleroidea of the la rue-pine hills ecological area with notes on biology. *The Great Lakes Entomologist*, 9(3): 125–69 <https://scholar.valpo.edu/tgle/vol9/iss3/1>
- McPherson, R. M., Pitis, J. R., Newsom, L. D., Chapin, J. B., et Herzog, D. C. (1982). Incidence of tachinid parasitism of several stink bug (Heteroptera: Pentatomidae) species associated with soybean. *Journal of Economic Entomology*, 75(5), 783–786. <https://doi.org/10.1093/jee/75.5.783>
- MDDELCC (Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les Changement Climatique) (2015). Stratégie québécoise sur les pesticides 20152018. Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements Climatiques, 24 p. [http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/developpement/strategie\\_gouvernementale/exemples\\_actions.pdf](http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/developpement/strategie_gouvernementale/exemples_actions.pdf) [consulté le 19/10/18].
- Meier, U., Bleiholder, H., Buhr, L., Feller, C., Hack, H., Heß, M. et al., (2009). The BBCH system to coding the phenological growth stages of plants—history and publications. *Journal für Kulturpflanzen*, 61(2), 41-52.
- Michel, A., R. Bansal, et R.B. Hammond. (2013). Stink bugs on soybean and other field crops. Ohio State University Extension Fact Sheet, FC\_ENT-x-13 ([Http://Oardc.Osu.Edu/Ag/Images/StB\\_Factsheet\\_June\\_26.Pdf](Http://Oardc.Osu.Edu/Ag/Images/StB_Factsheet_June_26.Pdf)) [Consulté 31 Mai 2020].
- Millar, J. G., McBrien, H. L., Ho, H. Y., Rice, R. E., Cullen, E., Zalom, F. G., et Uokl, A. (2002). Pentatomid bug pheromones in IPM: possible applications and limitations. *Bulletin of the International Organization of Biological Control*, Pheromone working Group Bulletin, 25(9), 241-250.
- Mizell III, R. F., Riddle, T. C., & Blount, A. S. (2008, December). Trap cropping system to suppress stink bugs in the southern coastal plain. In *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* (Vol. 121, pp. 377-382).
- Moore, P. D., Yedjou, C. G., et Tchounwou, P. B. (2010). Malathion-induced oxidative stress, cytotoxicity, and genotoxicity in human liver carcinoma (HepG2)

- cells. *Environmental toxicology*, 25(3), 221-226. <https://doi.org/10.1002/tox.20492>
- Morehead, J. A. (2016). Efficacy of organic insecticides and repellents against brown marmorated stink bug in vegetables (Doctoral dissertation, Virginia Tech). <http://hdl.handle.net/10919/71810>
- Morrill, A. W. (1910). *Plant-bugs injurious to cotton bolls* (No. 86). US Department of Agriculture, Bureau of Entomology.
- Morrison, W. R., Lee, D.-H., Short, B. D., Khrimian, A., et Leskey, T. C. (2016). Establishing the behavioral basis for an attract-and-kill strategy to manage the invasive *Halyomorpha halys* in apple orchards. *Journal of Pest Science*, 89(1), 81–96. <https://doi.org/10.1007/s10340-015-0679-6>
- Morrison, W. R., Allen, M., et Leskey, T. C. (2018). Behavioural response of the invasive *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) to host plant stimuli augmented with semiochemicals in the field. *Agricultural and Forest Entomology*, 20(1), 62-72. <https://doi.org/10.1111/afe.12229>
- Muehlbauer, F. J., et Tullu, A. (1997). *Pisum sativum L. NewCrop Factsheet*, Purdue University, Center for new crops et plant products. <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/cropfactsheets/pea.html>
- Munyaneza, J., et McPherson, J. E. (1994). Comparative study of life histories, laboratory rearing, and immature stages of *Euschistus servus* and *Euschistus variolarius* (Hemiptera: Pentatomidae). *Great Lakes Entomologist*, 26(4), 263.
- Musolin, D. L., Tougou, D., et Fujisaki, K. (2010). Too hot to handle? Phenological and life-history responses to simulated climate change of the southern green stink bug *Nezara viridula* (Heteroptera: Pentatomidae). *Global Change Biology*, 16(1), 73-87. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.01914.x>
- Musolin D. L. (2012). Surviving winter: diapause syndrome of the southern green stink bug *Nezara viridula* in the laboratory, in the field, and under climate change conditions. *Physiological Entomology*, 37: 309 – 322. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3032.2012.00846.x>
- Musolin, D. L., Konjević, A., et Karpun, N. N. (2018). Invasive brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae) in Russia,

- Abkhazia, and Serbia: history of invasion, range expansion, early stages of establishment, and first records of damage to local crops. *Arthropod Plant Interact* 12: 517–529. <https://doi.org/10.1007/s11829-017-9583-8>
- Nakasuji, F., Hokyo, N., et Kiritani, K. (1965). Spatial distribution of three plant bugs in relation to their behavior. *Researches on Population Ecology*, 7(2), 99–108. <https://doi.org/10.1007/BF02518793>
- Ni, X., Cottrell, T. E., Toews, M. D., Tillman, P. G., et Buntin, G. D. (2016). Diurnal activities of the brown stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) in and near tasseling corn fields. *Journal of Entomological Science*, 51(3), 226–237. <https://doi.org/10.18474/JES06-03.1>
- Ni, X., Cottrell, T. E., Buntin, G. D., Li, X., Wang, W., et Zhuang, H. (2017). Monitoring of brown stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) population dynamics in corn to predict its abundance using weather data. *Insect science*.
- Ni, X., Cottrell, T. E., Buntin, G. D., Li, X., Wang, W., et Zhuang, H. (2019). Monitoring of brown stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) population dynamics in corn to predict its abundance using weather data. *Insect Science*, 26(3), 536–544. <https://doi.org/10.1111/1744-7917.12545>
- Nielsen, A. L., et Hamilton, G. C. (2009). Seasonal occurrence and impact of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in tree fruit. *Journal of Economic Entomology*, 102(3), 1133–1140. <https://doi.org/10.1603/029.102.0335>
- Nielsen, A. L., Hamilton, G. C., et Shearer, P. W. (2011). Seasonal phenology and monitoring of the non-native *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in soybean. *Environmental Entomology*, 40(2), 231–238. <https://doi.org/10.1603/EN10187>
- Nielsen, A. L., Dively, G., Pote, J. M., Zinati, G., et Mathews, C. (2016). Identifying a potential trap crop for a novel insect pest, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae), in organic farms. *Environmental entomology*, 45(2), 472–478.
- Niva, C. C., et Takeda, M. (2003). Effects of photoperiod, temperature and melatonin on nymphal development, polyphenism and reproduction in *Halyomorpha halys* (Heteroptera: Pentatomidae). *Zoological Science*, 20(8), 963–971. <https://doi.org/10.2108/zsj.20.963>

- Northeast IPM Center. (2020). Management of brown marmorated stink bug in the US in specialty crops. StopBMSB.org.
- OCDE (Organisation de Coopération et de Développement Économique). (2007). Harmonised Environmental Indicators for Pesticide Risk. Repéré à [http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=env/jm/mono\(2007\)27etdoclanguage=en](http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=env/jm/mono(2007)27etdoclanguage=en) [consulté le 05/09/18].
- INSPQ (2010). Mesures de réduction de l'exposition aux pesticides dans les aliments : synthèse. Repéré à [https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1166\\_MesuresReducPesticidesAliments\\_Synthese.pdf](https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1166_MesuresReducPesticidesAliments_Synthese.pdf) [consulté le 13/09/18].
- Olson, D. M., et Andow, D. A. (2008). Patch edges and insect populations. *Oecologia*, 155(3), 549–558. <https://doi.org/10.1007/s00442-007-0933-6>
- Olson, D. M., Ruberson, J. R., et Andow, D. A. (2012). Effects on stink bugs of field edges adjacent to woodland. *Agriculture, Ecosystems et Environment*, 156, 94–98. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.05.005>
- OMS (Organisation Mondiale de la Santé). (2016). *9th FAO/WHO joint meeting on pesticide management, 12-16 October 2015, Nanjing, China: report* (No. WHO/HTM/NTD/WHOPES/2016.1). World Health Organization. [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/204713/WHO\\_HTM\\_NTD\\_WHOPES\\_2016.1\\_eng.pdf](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/204713/WHO_HTM_NTD_WHOPES_2016.1_eng.pdf)
- Outward, R., Sorenson, C. E., et Bradley, J. R. (2008). Effects of vegetated field borders on arthropods in cotton fields in eastern North Carolina. *Journal of Insect Science*, 8(1). <https://doi.org/10.1673/031.008.0901>
- Owusu-Manu, E. (1977). Notes on some factors influencing egg production and development in *Bathycoelia Thalassina* (Herrich-Schaeffer) (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Natural History*, 11(4), 425–444. <https://doi.org/10.1080/00222937700770341>
- Paiero, S. M., Marshall, S. A., McPherson, J. E., et Ma, M.-S. (2013). Stink bugs (Pentatomidae) and parent bugs (Acanthosomatidae) of Ontario and adjacent areas: A key to species and a review of the fauna. *Canadian Journal of Arthropod Identification*, 24, 1-183.

- Palumbo, J. C., Perring, T. M., Millar, J. G., et Reed, D. A. (2016). Biology, ecology, and management of an invasive stink bug, *Bagrada hilaris*, in North America. *Annual Review of Entomology*, 61, 453-473. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-010715-023843>
- Panizzi, A. R., Ferreira, B., Gazzoni, D. L., De Oliveira, E. B., Newman, G. G., et Turnipseed, S. G. (1977). Insetos da soja no Brasil. *Embrapa Soja-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento* (INFOTECA-E). CNPSo, Londrina, PR, Bol Téc 1, 20p
- Panizzi, A.R., et F. Slansky Jr. (1985). Review of phytophagous pentatomids (Hemiptera: Pentatomidae) associated with soybean in the Americas. *Florida Entomologist*, 68 : 184–214. <https://doi.org/10.2307/3494344>
- Panizzi, A. R., et Alves, R. M. (1993). Performance of nymphs and adults of the southern green stink bug (Heteroptera: Pentatomidae) exposed to soybean pods at different phenological stages of development. *Journal of Economic Entomology*, 86(4), 1088-1093. <https://doi.org/10.1093/jee/86.4.1088>
- Panizzi, A. R., Niva, C. C., et Hirose, E. (1995). Feeding preference by stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae) for seeds within soybean pods. *Journal of Entomological Science*, 30(3), 333-341. <https://doi.org/10.18474/0749-8004-30.3.333>
- Panizzi, A. R. (1997). Wild hosts of pentatomids: ecological significance and role in their pest status on crops. *Annual Review of Entomology*, 42(1), 99–122. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.42.1.997>
- Panizzi, A. R. (2000). Suboptimal nutrition and feeding behavior of hemipterans on less preferred plant food sources. *Anais Da Sociedade Entomológica Do Brasil*, 29(1), 1–12.
- Panizzi, A.R., J.E. McPherson, D.G. James, M. Javahery, et R.M. McPherson. (2000). Stink bugs (Pentatomidae). *Heteroptera of Economic Importance*, pp. 828-840. Boca Raton, London, New York, Washington DC: CRC Press
- Panizzi, A.R. (2015). Growing problems with stink bugs (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae): species invasive to the US and potential neotropical invaders. *American Entomologist*, 61(4), 223-233. <https://doi.org/10.1093/ae/tmv068>

- Pease, C. G., et Zalom, F. G. (2010). Influence of non-crop plants on stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) and natural enemy abundance in tomatoes. *Journal of applied entomology*, 134(8), 626-636.
- Penca, C., Hodges, A. C., Leppla, N. C., et Cottrell, T. E. (2020). Trap-based economic injury levels and thresholds for *Euschistus servus* (Hemiptera: Pentatomidae) in Florida peach orchards. *Journal of Economic Entomology*. 113(3), 1347-1355. <https://doi.org/10.1093/jee/toaa044>
- Pilkay, G. L., Reay-Jones, F. P., et Greene, J. K. (2014). Host preference of the parasitoid *Trichopoda pennipes* (Diptera: Tachinidae) with *Euschistus servus* and *Nezara viridula* (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of entomological science*, 49(1), 56-62. <https://doi.org/10.18474/0749-8004-49.1.56>
- Pisa, L. W., Amaral-Rogers, V., Belzunces, L. P., Bonmatin, J. M., Downs, C. A., Goulson, D., Kreutzweiser, D. P., Krupke, C., Liess, M., McField, M., Morrissey, C.A., Noome, D.A., Settele, J., Simon-Delso, N., Stark J. D., Van der Sluijs J. P. Van Dyck H., Wiemers, M. (2015). Effects of neonicotinoids and fipronil on non-target invertebrates. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(1), 68-102. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3471-x>
- Pyke, B., Sterling, W., et Hartstack, A. (1980). Beat and shake bucket sampling of cotton terminals for cotton flea hoppers, other pests, and predators. *Environmental Entomology*, 9(5), 572-576. <https://doi.org/10.1093/ee/9.5.572>
- Ramankutty, N., Mehrabi, Z., Waha, K., Jarvis, L., Kremen, C., Herrero, M., et Rieseberg, L. H. (2018). Trends in global agricultural land use: implications for environmental health and food security. *Annual review of plant biology*, 69, 789-815. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042817-040256>
- Rea, J. H., Wratten, S. D., Sedcole, R., Cameron, P. J., Davis, S. I., et Chapman, R. B. (2002). Trap cropping to manage green vegetable bug *Nezara viridula* (L.) (Heteroptera: Pentatomidae) in sweet corn in New Zealand. *Agricultural and Forest Entomology*, 4(2), 101–107. <http://doi.org/10.1046/j.1461-9563.2002.00130.x>
- Reay-Jones, F. P. F., Greene, J. K., Toews, M. D., et Reeves, R. B. (2009). Sampling stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) for population estimation and pest

- management in southeastern cotton production. *Journal of Economic Entomology*, 102(6), 2360–2370. <https://doi.org/10.1603/029.102.0643>
- Reay-Jones, F. P. F. (2010). Spatial and temporal patterns of stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) in wheat. *Environmental Entomology*, 39(3), 944–955. <https://doi.org/10.1603/EN09274>
- Reay-Jones, F.P.F., M.D. Toews, J.K. Greene, et R.B. Reeves. (2010). Spatial dynamics of stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) and associated boll injury in southeastern cotton fields. *Environmental Entomology*, 39(3) : 956–969. <https://doi.org/10.1603/EN09237>
- Reay-Jones, F. P. F. (2014). Spatial distribution of stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) in wheat. *Journal of Insect Science*, 14(98), 1-22.
- Rechcigl, J. E., et Rechcigl, N. A. (Eds.). (2016). *Insect pest management: techniques for environmental protection*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781439822685>
- Reeves, R. B., Greene, J. K., Reay-Jones, F. P. F., Toews, M. D., et Gerard, P. D. (2010). Effects of adjacent habitat on populations of stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae) in cotton as part of a variable agricultural landscape in South Carolina. *Environmental Entomology*, 39(5), 1420–1427. <https://doi.org/10.1603/EN09194>
- Ribeiro, S., Sousa, J. P., Nogueira, A. J. A., et Soares, A. (2001). Effect of endosulfan and parathion on energy reserves and physiological parameters of the terrestrial isopod *Porcellio dilatatus*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 49(2), 131-138. <https://doi.org/10.1006/eesa.2001.2045>
- Ribeiro, J. C. T., Nunes-Freitas, A. F., Fidalgo, E. C. C., & Uzêda, M. C. (2019). Forest fragmentation and impacts of intensive agriculture: Responses from different tree functional groups. *Plos one*, 14(8), e0212725. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212725>
- Rice, K. B., C.J. Bergh, E.J. Bergmann, D.J. Biddinger, C. Dieckhoff, G. Dively, H. Fraser, T. Gariepy, G. Hamilton, T. Haye, A. Herbert, K. Hoelmer, C.R. Hooks, A. Jones, G. Krawczyk, T. Kuhar, H. Martinson, W. Mitchell, A.L. Nielsen, D.G. Pfeiffer, M.J. Raup, C. Rodriguez-Saona, P. Shearer, P. Shrewsbury, P.D. Venugopal, J. Whalen, N.G. Wiman, T.C. Leskey, et J.F. Tooker. (2014).

- Biology, ecology, and management of brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Integrated Pest Management*, 5(3): A1–A13. <https://doi.org/10.1603/IPM14002>
- Ritchie, J.W., G.Y. Abawi, S.C. Dutta, T.R. Harris, and M. Bange. (2004). Risk management strategies using seasonal climate forecasting in irrigated cotton production: A tale of stochastic dominance. *Aust. J. Agric. Resour. Econ.* 48(1):65–93. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8489.2004.00236.x>
- Roch, J.-F. (2016). *Guide d'identification des punaises à bouclier du Québec (Hemiptera : Pentatomoidea)*. Entomofaune du Quebec (EQ) inc., Saguenay, Québec, Canada 244 p.
- Rodríguez, S., Gualotuna, T., et Grilo, C. (2017). A system for the monitoring and predicting of data in precision agriculture in a rose greenhouse based on wireless sensor networks. *Procedia Computer Science*, 121, 306-313.
- Rojas, M. G., Morales-Ramos, J. A., et King, E. G. (2000). Two meridic diets for *Perillus bioculatus* (Heteroptera: Pentatomidae), a predator of *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Biological Control*, 17(1), 92–99. <https://doi.org/10.1006/bcon.1999.0780>
- SAgE Pesticide. (2020). Toxicité des substances actives. Disponible sur <http://www.sagepesticides.qc.ca>
- Santos, I. T. B. F. D., Pinheiro, H. S. S., Santos, V. B. D., Santana, L. K. N. D., Poderoso, J. C. M., et Riberio, G. T. (2018). Effects of temperature on the development of *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae): implications for mass rearing. *Florida Entomologist*, 101(3), 458-463. <https://doi.org/10.1653/024.101.0303>
- Sargent, C., Martinson, H. M., et Raupp, M. J. (2014). Traps and trap placement may affect location of brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) and increase injury to tomato fruits in home gardens. *Environmental Entomology*, 43(2), 432–438. <https://doi.org/10.1603/EN13237>
- Schotzko, D. J., & O'Keeffe, L. E. (1990). Effect of pea and lentil development on reproduction and longevity of *Thyanta pallidovirens* (Stål) (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae). *Journal of economic entomology*, 83(4), 1333-1337. <https://doi.org/10.1093/jee/83.4.1333>

- Scotti, R., Bonanomi, G., Scelza, R., Zoina, A., et Rao, M. A. (2015). Organic amendments as sustainable tool to recovery fertility in intensive agricultural systems. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 15(2), 333-352. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162015005000031>
- Shearer, P. W., et Jones, V. P. (1996). Suitability of macadamia nut as a host plant of *Nezara viridula* (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Economic Entomology*, 89(4), 996–1003. <https://doi.org/10.1093/jee/89.4.996>
- Silva, F.A.C., J.J. Da Silva, R.A. Depieri, et A.R. Panizzi. (2012). Feeding activity, salivary amylase activity, and superficial damage to soybean seed by adult *Edessa meditabunda* (F.) and *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae). *Neotropical Entomology*, 41(5) : 386–390. <https://doi.org/10.1007/s13744-012-0061-9>
- Sosa-Gómez, D. R., Corrêa-Ferreira, B. S., Kraemer, B., Pasini, A., Husch, P. E., Delfino Vieira, C. E., Martinez, B. R. et Negrão Lopes, I. O. (2019). Prevalence, damage, management, and insecticide resistance of stink bug populations (Hemiptera: Pentatomidae) in commodity crops. *Agricultural and Forest Entomology*. 22(2), 99-118. <https://doi.org/10.1111/afe.12366>
- Sparling, D. W., Fellers, G. M., et McConnell, L. L. (2001). Pesticides and amphibian population declines in California, USA. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 20(7), 1591–1595. <https://doi.org/10.1002/etc.5620200725>
- Smith, P., House, J. I., Bustamante, M., Sobocká, J., Harper, R., Pan, G., West, P., Clark, J., Adhya, T., Rumpel, C., Paustian, K., Kuikman, P., Cotrufo, M.F., Elliott, J.A., McDowell, R., Griffiths, R., Asakawa, S., Bondeau, A. Jain, A.K., Meersmans, J. et Pugh, T.A.M. (2016). Global change pressures on soils from land use and management. *Global Change Biology*, 22(3), 1008-1028. <https://doi.org/10.1111/gcb.13068>
- Stehle, S., et Schulz, R. (2015). Agricultural insecticides threaten surface waters at the global scale. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(18), 5750-5755.
- Sugie, H., M. Yoshida, K. Kawasaki, H. Noguchi, S. Moriya, K. Takagi, H. Fukuda, A. Fujiie, M. Yamanaka, Y. Ohira, T. Tsutsumi, K. Tsuda, K. Fukumoto, M. Yamashita, et H. Suzuki. (1996). Identification of the aggregation pheromone of

- the brown-winged green bug, *Plautia stali* Scott (Heteroptera: Pentatomidae). *Applied Entomology and Zoology*, 31(3) : 427–431. <https://doi.org/10.1303/aez.31.427>
- Suckling, D. M. (2000). Issues affecting the use of pheromones and other semiochemicals in orchards. *Crop Protection*, 19(8-10), 677-683. <https://doi.org/10.1073/pnas.1500232112>
- Takita, M., Sugie, H., Tabata, J., Ishii, S., & Hiradate, S. (2008). Isolation and estimation of the aggregation pheromone from *Eysarcoris lewisi* (Distant) (Heteroptera: Pentatomidae). *Applied entomology and zoology*, 43(1), 11-17. <https://doi.org/10.1303/aez.2008.11>
- Tchounwou, P. B., Patlolla, A. K., Yedjou, C. G., et Moore, P. D. (2015). Environmental exposure and health effects associated with Malathion toxicity. In *Toxicity and Hazard of Agrochemicals*. 71.
- Tecic, D.L., et J.E. McPherson. (2018). Resurvey of the pentatomoidea (Heteroptera) of the la rue-pine hills research natural area in Union County, Illinois. *The Great Lakes Entomologist*, 37(1): 30-70. <https://scholar.valpo.edu/tgle/vol37/iss1/4>
- Tillman, P. G. (2008). Populations of stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae) and their natural enemies in peanuts. *Journal of Entomological Science*, 43(2), 191–207. <https://doi.org/10.18474/0749-8004-43.2.191>
- Tillman, P. G., Northfield, T. D., Mizell, R. F., et Riddle, T. C. (2009). Spatiotemporal patterns and dispersal of stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae) in peanut-cotton farms. *Environmental Entomology*, 38(4), 1038–1052. <https://doi.org/10.1603/022.038.0411>
- Tillman, P. G. (2010a). Composition and abundance of stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae) in corn. *Environmental Entomology*, 39(6), 1765–1774. <https://doi.org/10.1603/EN09281>
- Tillman, P. G. (2010b). Parasitism and predation of stink bug (Heteroptera: Pentatomidae) eggs in Georgia corn fields. *Environmental Entomology*, 39(4), 1184–1194. <https://doi.org/10.1603/EN09323>
- Tillman, P. G., Aldrich, J. R., Khrimian, A., et Cottrell, T. E. (2010). Pheromone attraction and cross-attraction of *Nezara*, *Acrosternum*, and *Euschistus* spp. stink

- bugs (Heteroptera: Pentatomidae) in the field. *Environmental entomology*, 39(2), 610-617. <https://doi.org/10.1603/EN09114>
- Tillman, P. G. (2011). Influence of corn on stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae) in subsequent crops. *Environmental entomology*, 40(5), 1159-1176. <https://doi.org/10.1603/EN10243>
- Tilman, D., Fargione, J., Wolff, B., D'Antonio, C., Dobson, A., Howarth, R., et al., (2001). Forecasting agriculturally driven global environmental change. *Science*, 292(5515), 281–284. 10.1126/science.1057544
- Todd, J. W., et Herzog, D. C. (1980). Sampling phytophagous Pentatomidae on soybean. In *Sampling Methods in Soybean Entomology*, (Kogan, M. et Herzog, D.C., Eds), Springer, New York, NY, États-Unis, pp. 438-478 [https://doi.org/10.1007/978-1-4612-9998-1\\_23](https://doi.org/10.1007/978-1-4612-9998-1_23)
- Tozoou, P., W. Poutouli, P. Akantetou, B. Ayeva, N.A. Nadio, M.E. Bokobana, B. Bonfoh, K. Koba, et K. Sanda. (2014). Évaluation des dégâts des punaises (Heteroptera) sur les capsules vertes de cotonnier en fonction des traitements chimiques au Togo. *Sciences de La Vie, de La Terre et Agronomie*, 2 (2). <http://publication.lecames.org/index.php/svt/article/viewFile/420/279>
- Trachantong, W., Saenphet, S., Saenphet, K., et Chaiyapo, M. (2017). Lethal and sublethal effects of a methomyl-based insecticide in *Hoplobatrachus rugulosus*. *Journal of toxicologic pathology*, 30(1), 15-24. <https://doi.org/10.1293/tox.2016-0039>
- Tscharntke, T., Klein, A. M., Kruess, A., Steffan-Dewenter, I., et Thies, C. (2005). Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity–ecosystem service management. *Ecology Letters*, 8(8), 857–874. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00782.x>
- Tsiafouli, M.A., Thébault, E., Sgardelis, S.P., de Ruiter, P.C., van der Putten, W.H., Birkhofer, K., Hemerik, L., de Vries, F.T., Bardgett, R.D., Brady, M.V., Bjornlund, L., Jørgensen, H.B., Christensen, S., d'Hertefeldt, T., Hotes, S., Hol, W.H. G., Frouz, J., Liiri, M., Mortimer, S.R., Setälä, H., Tzanopoulos, J., Uteseny, K., Pižl, V., Stray, J., Wolters, V., Hedlund, K. (2015). Intensive agriculture reduces soil biodiversity across Europe. *Global Change Biology* 21, 973-985. <https://doi.org/10.1111/gcb.12752>

- Underhill, G. W. (1934). The green stinkbug. *Virginia Agricultural Experiment Station Bulletin*, 294, 26pp.
- Valencia-Quintana R, Gómez-Arroyo S, Sánchez-Alarcón S, Milić M, Olivares JLG, Waliszewski SM, Cortés-Eslava J, Villalobos-Pietrini R, Calderón-Segura ME. (2016). Assessment of genotoxicity of Lannate-90® and its plant and animal metabolites in human lymphocyte cultures. *Arh Hig Rada 8 Toksikol*; 67:116-25. <https://doi.org/10.1515/aiht-2017-68-3060>
- Van Emden, H. F., et Harrington, R. (2007). Aphids as crop pests. CAB International.
- Van Lenteren, J. C., Bolckmans, K., Köhl, J., Ravensberg, W. J., et Urbaneja, A. (2018). Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. *BioControl*, 63(1), 39-59. <https://doi.org/10.1007/s10526-017-9801-4>
- Venugopal, P. D., Coffey, P. L., Dively, G. P., et Lamp, W. O. (2014). Adjacent habitat influence on stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) densities and the associated damage at field corn and soybean edges. *PLoS One*, 9(10), e109917. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0109917>
- Venugopal, P. D., Martinson, H. M., Bergmann, E. J., Shrewsbury, P. M., et Raupp, M. J. (2015a). Edge effects influence the abundance of the invasive *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in woody plant nurseries. *Environmental entomology*, 44(3), 474-479. <https://doi.org/10.1093/ee/nvv061>
- Venugopal, P. D., Dively, G. P., et Lamp, W. O. (2015b). Spatiotemporal dynamics of the invasive *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in and between adjacent corn and soybean fields. *Journal of economic entomology*, 108(5), 2231-2241. <https://doi.org/10.1093/jee/tov188>
- Vidogbéna, F., Parrot, L., Adégbidi, A., Tossou, R., Assogba Komlan, F., Ngouajio, M., Martin, T., Simon, S. et Zander, K. K. (2014). Farmers' preferences for eco-friendly nets as an alternative to insecticides in Africa. 3rd International Conference. Environment and Natural Resources Management in Developing and Transition Economies. [http://enrmde2014.sciencesconf.org/conference/enrmde2014/pages/programme\\_en\\_1.pdf](http://enrmde2014.sciencesconf.org/conference/enrmde2014/pages/programme_en_1.pdf)

- Wallingford, A. K., Kuhar, T. P., et Schultz, P. B. (2012). Toxicity and field efficacy of four neonicotinoids on harlequin bug (Hemiptera: Pentatomidae). *Florida Entomologist*, 95(4), 1123-1127. <https://doi.org/10.1653/024.095.0442>
- Weber, E., et Bleiholder, H. (1990). Explanations of the BBCH decimal codes for the growth stages of maize, rape, faba beans, sunflowers and peas with illustrations. *Gesunde Pflanzen*, 42(9), 308–321.
- Weber, D. C., Walsh, G. C., DiMeglio, A. S., Athanas, M. M., Leskey, T. C., et Khrimian, A. (2014). Attractiveness of harlequin bug, *Murgantia histrionica*, aggregation pheromone: Field response to isomers, ratios, and dose. *Journal of Chemical Ecology*, 40(11-12), 1251-1259. <https://doi.org/10.1007/s10886-014-0519-9>
- Weber DC, Khrimian A, Blassioli-Moraes MC, Millar JG. (2018) Semiochemistry of Pentatomoidea. In: McPherson J. E., eds. *Biology of invasive stink bugs and related species* (Pentatomoidea), FL, USA: CRC Press, 677–725.
- Wermelinger, B., Wyniger, D., et Forster, B. (2008). First records of an invasive bug in Europe: *Halyomorpha halys* Stål (Heteroptera: Pentatomidae), a new pest on woody ornamentals and fruit trees? *Mitteilungen-Schweizerische Entomologische Gesellschaft*, 81 : 1-8.
- Woodside, A. M. (1947). Weed hosts of bugs which cause cat-facing of peaches in Virginia. *Journal of Economic Entomology*, 40(2), 231–233.
- Yu, G. Y., et Zhang, J. M. (2007). The brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Heteroptera: Pentatomidae) in PR China. In "International workshop on biological control of invasive species of forests" (Eds. Y. Wu et X.-y. Wang), 20–25 September 2007, Beijing, China.
- Zanuncio, J., Alves, J. B., Zanuncio, T. V., et Garcia, J. F. (1994). Hemipterous predators of eucalypt defoliator caterpillars. *Forest Ecology and Management*, 65(1), 65–73.
- Zanuncio, J. C., Tavares, W. D. S., Fernandes, B. V., Wilcken, C. F., et Zanuncio, T. V. (2014). Production and use of Heteroptera predators for the biological control of *Eucalyptus* pests in Brazil. *Ekoloji*, 98-104. <http://dx.doi.org/10.5053/ekoloji.2014.9112>

- Zahn, D. K., Moreira, J. A., et Millar, J. G. (2008). Identification, synthesis, and bioassay of a male-specific aggregation pheromone from the harlequin bug, *Murgantia histrionica*. *Journal of chemical ecology*, 34(2), 238-251. <https://doi.org/10.1007/s10886-007-9415-x>
- Zhang, W., Jiang, F., & Ou, J. (2011). Global pesticide consumption and pollution: with China as a focus. *Proceedings of the international academy of ecology and environmental sciences*, 1(2), 125.
- Zhao, Q., Wang, J., Wang, M. Q., Cai, B., Zhang, H. F., et Wei, J. F. (2018). Complete mitochondrial genome of *Dinorrhynchus dybowskyi* (Hemiptera: Pentatomidae: Asopinae) and phylogenetic analysis of Pentatomomorpha species. *Journal of Insect Science*, 18(2), 44. <https://doi.org/10.1093/jisesa/iey031>
- Zhu, G., Bu, W., Gao, Y., et Liu, G. (2012). Potential geographic distribution of brown marmorated stink bug invasion (*Halyomorpha halys*). *PLoS One*, 7(2), e31246. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0031246>

CHAPITRE II COMPOSITION SPÉCIFIQUE, ABONDANCES  
SAISONNIÈRES ET INFLUENCE DES FACTEURS ABIOTIQUES CHEZ  
LES PUNAISES À BOUCLIER (HEMIPTERA : PENTATOMIDAE) EN  
CHAMP DE POIS AU QUÉBEC

Aurélien Stirnemann<sup>1</sup>, Annie-Ève Gagnon<sup>2</sup>, Geneviève Labrie<sup>3</sup> et Éric Lucas<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire de lutte biologique, Département des sciences biologiques, Université du Québec à Montréal, Montréal, Québec, Canada H3C 3P8

<sup>2</sup>Centre de recherche et de développement de Saint-Jean-sur-Richelieu, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Saint-Jean-sur-Richelieu, Québec, Canada J3B 3E6

<sup>3</sup>Centre de recherche agroalimentaire de Mirabel, Mirabel, Québec, Canada J7N 2X8

Mots-clés : *Ravageurs*, Pisum sativum, *Dynamique de population*, Euschistus servus euschistoides

## 2.1 Résumé

### 2.1.1 Abstract

The recent increase of distribution range and abundance of a family of stinkbug, Pentatomidae, began to become problematic since 2013 in fresh pea fields in Quebec, Canada. Lack of knowledge about these insects and alternatives to chemical treatments have led to preventive applications of broad-spectrum insecticides in these fields. The objectives of this study were to establish the specific composition and the temporal dynamics of Pentatomidae in fresh peas grown in Southern Quebec. A monitoring was done using pheromone traps containing aggregation pheromones and visual observations in 2016-2017. The dominant species (99.5%) was the brown stink bug *Euschistus servus euschistoides* (Vollenhoven) 1868. Pheromone traps captured more individuals during the vegetative and flowering stages than during the pod stage. More individuals were captured by pheromone traps when mean temperature increase. This study highlights the low diversity of Pentatomidae in fresh pea fields, indicating that it could be possible to develop Integrated Pest Management (IPM) strategy with monitoring tools and alternatives to the current phytosanitary treatment to control this species.

### 2.1.2 Résumé

L'augmentation récente des abondances et des aires de répartition des populations d'une famille de punaises, les Pentatomidae, a commencé à devenir problématique depuis 2013 dans la culture de pois frais au Québec, Canada. Le manque de

connaissance sur ces insectes et d'alternatives à la lutte chimique ont conduit à des applications d'insecticides à large spectre dans ces champs. Les objectifs de cette étude visaient à établir la composition spécifique et la dynamique temporelle des Pentatomidae en champ de pois frais cultivé dans le sud du Québec. Pour ce faire, des suivis du nombre de captures par piège à phéromones d'agrégation et par observation visuelle ont été effectués en 2016-2017. La punaise brune *Euschistus servus euschistoides* (Vollenhoven) 1868 représente l'espèce dominante (99,5%) dans les champs de pois du Québec. Les pièges à phéromones ont capturé davantage d'individus lors des stades végétatifs et à la floraison que lors du stade fructification. Un plus grand nombre d'individus a été capturé par les pièges à phéromone lorsque la température était plus élevée. Cette étude a permis de mettre en lumière la faible diversité de Pentatomidae dans les champs de pois, premier pas pour l'initiation d'un programme de lutte intégrée par un programme de suivi des ravageurs et le développement de solutions alternatives au traitement phytosanitaire actuel pour la gestion de cette espèce.

## 2.2 Introduction

Les punaises Pentatomidae (Hemiptera) comprennent des ravageurs majeurs de plusieurs cultures d'importance économique à l'échelle mondiale (Panizzi, 1997), comme la punaise brune *Euschistus servus* (Say) 1832 [Hemiptera : Pentatomidae] dans le maïs et le soya, la punaise verte *Nezara viridula* (L.) 1758 [Hemiptera : Pentatomidae] dans le sorgho et le soya ou *Euschistus heros* (F.) 1798 [Hemiptera : Pentatomidae] dans le coton (Borges *et al.*, 1998; Bundy et McPherson, 2000; Tillman,

2010; Tozou et al., 2014). Les Pentatomidae provoquent la chute de graines et/ou de fruits des plants affectés et génèrent des malformations par la succion des fluides végétaux (McPherson et McPherson, 2000 ; Panizzi et al., 2000) et la sécrétion d'enzymes salivaires (Silva et al., 2012), entraînant des pertes directes de rendement (Panizzi, 1997). Le complexe de punaises Pentatomidae se positionne au deuxième rang des organismes les plus nuisibles dans le coton aux États-Unis (Cook et Cutts, 2018). En Géorgie, les dommages économiques causés par trois espèces de Pentatomidae équivalaient à des pertes de 2,3 millions de dollars américains par an uniquement pour le soya (Bundy et McPherson, 2000). L'importance économique des dommages causés par les punaises stimule la recherche pour le développement de méthodes permettant de réduire les populations de ces ravageurs tout en réduisant l'utilisation de pesticides potentiellement néfastes à l'environnement (Corrêa-Ferreira et Moscardi, 1995 ; Knight et Gurr, 2007 ; Panizzi et Corrêa-Ferreira, 1997).

Il s'avère d'autant plus important d'étudier les Pentatomidae en milieu agricole depuis l'invasion récente de la punaise marbrée, *Halyomorpha halys* (Stål) 1855 [Hemiptera : Pentatomidae] aux États-Unis et au Canada (Chouinard et al., 2018). Cette espèce possède un spectre d'hôtes très large incluant de nombreuses plantes cultivées (Lee et al., 2013 ; Yu et Zhang, 2007); y compris le pois (Lee et al., 2013) ; et cause des dommages importants aux cultures (Bariselli et al., 2016 ; Lee et al., 2013 ; Morrison et al., 2018). Outre la propagation de nouvelles espèces envahissantes, l'abondance des espèces de Pentatomidae indigènes comme la punaise verte *Chinavia hilaris* (Say) 1831, [Hemiptera : Pentatomidae], *E. servus* et *Thyanta custator* (Fabricius) 1803 [Hemiptera : Pentatomidae] augmente dans différentes régions d'Amérique du Nord,

comme dans le centre-ouest des États-Unis (Hunt *et al.*, 2011 ; Michel *et al.*, 2013). Cette augmentation est aussi observée depuis quelques années en Amérique du Sud avec des espèces comme la punaise à bande rouge *Piezodorus guildinii* Westwood (1837) [Hemiptera : Pentatomidae] et la punaise du riz *Oebalus ypsilongriseus* De Geer, (1773) [Hemiptera : Pentatomidae] (Panizzi, 2015).

Dans la culture de pois frais au Québec, les punaises Pentatomidae ne sont pas considérées comme des organismes nuisibles majeurs. Cependant, il existe un problème de contamination des produits alimentaires. Ce phénomène s'observe dans d'autres cultures comme le blé avec le charançon du blé *Sitophilus* sp. (L.) 1758 [Coleoptera : Curculionidae] qui cause un problème majeur dans l'industrie de stockage de grains (Brader *et al.*, 2002) et qui est déjà présent dans les cultures avant la récolte (Likhayo et Hodges, 2000). Dans le cas du pois frais, les punaises se confondent avec les petits pois par leur taille et leur couleur similaires. Même si les punaises dans le pois au Québec ne causent pas de dégâts directs aux cultures, des pesticides à large spectre sont appliqués afin d'éliminer ce possible contaminant avant la récolte. En 2015, plus de 25% des zones de culture de pois au Québec (autour de 1 300 ha) ont été traitées avec des insecticides à large spectre comme le méthomyl (Lannate ® Toss-N-Go<sup>md</sup>, DuPont Canada) quelques jours avant la récolte. Ces insecticides présentent des effets négatifs sur l'environnement (Van Scy *et al.*, 2013) et sur la santé humaine (Silva et Beauvais, 2010), mais aucune alternative de pesticide à risque réduit n'est actuellement disponible aux États-Unis et au Canada pour lutter contre ces Pentatomidae (Tillman *et al.*, 2008).

Le Canada était le 20<sup>e</sup> producteur mondial avec plus de 13 000 ha cultivés en 2014 pour des recettes de près de 24 millions \$ [Institut de la Statistique du Québec (ISQ) et Ministère de l’Agriculture, des Pêcheries et de l’Alimentation (MAPAQ), 2014], où le Québec représentait la première province productrice (MAPAQ, 2014). Malgré cette importance économique substantielle, les connaissances sur les Pentatomidae en champ de pois frais sont rares dans la zone Néarctique. En effet, la dernière étude sur cette famille de punaise en champ de pois frais dans cette zone date de 1984 dans le Minnesota (Cranshaw et Radcliffe, 1984).

Il apparaît donc essentiel d’identifier les principales espèces de Pentatomidae pouvant affecter la culture de pois frais au Québec et d’étudier leur dynamique de population. Les objectifs spécifiques de cette étude étaient: i) de caractériser la composition spécifique des punaises Pentatomidae; ii) de déterminer la dynamique de leurs populations et leur phénologie; et iii) d’étudier l’influence des facteurs abiotiques sur le nombre de captures de Pentatomidae dans la culture du pois frais.

## 2.3 Matériel et Méthode

### 2.3.1 Sites d’échantillonnage

Au total, 20 parcelles commerciales de pois frais ont été échantillonnées, soit dix par an (2016 et 2017) (*Tableau 2-1*). Ces champs étaient situés en Montérégie-Est (45,23; -73,06), principale région productrice de pois au Québec. Les cultivars ont été

sélectionnés par l'industrie de transformation et les dates de semis se sont étendues du 29 avril au 12 mai 2016 et du 29 avril au 24 mai 2017 (*Tableau 2-1*).

Tableau 2.1. Caractéristiques des différents sites d'échantillonnage des Pentatomidae dans la culture du pois frais au Québec dans la région de Montérégie-Est. DDD : Date de début de dépistage ; DFD : Date de fin de dépistage ; LAT. : Latitude ; LONG. : Longitude ; CA : Culture adjacente ; MG : Maïs-grain

ANNÉE	SITE	DDD	CULTIVAR	DFD	LAT.	LONG.	CA
2016	1	06-10	PA0826	06-27	45.722	-72.934	MG
	2	06-10	PA0826	06-28	45.707	-72.957	Soya
	3	06-10	PA0826	07-06	45.742	-73.047	Soya
	4	06-15	PA0826	06-30	45.775	-73.080	MG
	5	06-15	PA0826	06-27	45.802	-73.088	MG
	6	06-15	GEER	07-04	45.722	-73.167	Soya
	7	06-07	Nitro	07-08	45.979	-72.996	MG
	8	06-07	Nitro	07-08	45.957	-72.930	Soya
	9	06-07	Nitro	07-06	45.915	-72.962	MG
	10	06-15	PA0826	07-06	45.762	-73.180	MG
2017	11	06-13	PA0826	06-29	45.733	-72.991	Soya
	12	06-22	Ambiance	07-20	45.851	-72.759	MG
	13	06-22	Ambiance	07-20	45.867	-72.772	Soya
	14	06-15	Nitro	07-10	45.762	-73.180	MG
	15	06-13	PA0826	07-04	45.793	-72.995	MG
	16	06-15	Lil'Mo	07-10	45.871	-73.105	Soya

	17	06-22	Ambiance	07-19	45.864	-72.768	Soya
	18	06-21	Nitro	07-17	45.926	-72.999	Soya
	19	06-26	Ambiance	07-18	45.859	-72.815	MG
	20	06-26	Ambiance	07-18	45.877	-72.802	MG

### 2.3.2 Pièges à phéromones

Deux pièges pyramidaux ont été installés dans chaque champ à l'étude (piège DEAD-INN; 120 cm de hauteur; AgBio Inc.®) avec un mélange composé majoritairement de deux phéromones d'agrégation (« XtraCombo », AgBio Inc.®): la phéromone d'agrégation de la punaise marbrée produite par les mâles qui contient principalement les deux composés suivants : (3S, 6S, 7R, 10S)-10, 11-époxy-1-bisabolen-3-ol et (3S, 6S, 7R, 10R)-10, 11-époxy-1-bisabolen-3-ol (Khrimian *et al.*, 2014) ; et la phéromone d'agrégation de *Plautia stali* Scott 1874 [Hemiptera: Pentatomidae] dont le 2,4,6, E,E,Z méthyl-decatrienoate (MDT) est le principal composant (Sugie *et al.*, 1996). Ces phéromones sont considérées comme des phéromones généralistes capables d'attirer plusieurs espèces de la famille des Pentatomidae (Aldrich *et al.*, 1991 ; Harris et Todd, 1980 ; Zahn *et al.*, 2008). Par exemple, les pièges avec du méthyl (E,Z)-2,4-decadienoate (MDD) peuvent capturer des adultes de *C. hilaris* et de *N. viridula* en champ (Tillman *et al.*, 2010). Le sachet de phéromone ainsi qu'une plaquette insecticide (dichlorvos 10%, Vaportape®) ont été disposés dans le contenant en plastique au sommet du piège à phéromones. La plaquette insecticide pour limiter les fuites et les interactions avec d'autres arthropodes. Un premier piège a été installé à 20 cm de la bordure du champ (tel qu'actuellement utilisé par l'industrie) appelé *piège de*

*bordure*. Un second piège, appelé *piège central*, a été installé à l'intérieur du champ, à 50 m de la bordure et à 150 m du premier piège pour éviter les biais liés à la présence d'un autre piège (Nielsen *et al.*, 2011). Les phéromones étaient changées toutes les quatre semaines. Les insectes piégés étaient récupérés chaque semaine à partir du moment où les plants de pois avaient atteint une hauteur de 10 cm, et ce, jusqu'à la récolte ou au traitement insecticide. Pour l'ensemble des sites à l'étude, un minimum de quatre échantillonnages (quatre semaines) pour chaque champ a été réalisé.

### 2.3.3 Observations visuelles

Trois transects partant de la bordure du champ vers le centre de la culture de pois ont été mis en place dans chaque champ à l'étude avec quatre stations de dépistage par transect, situées à moins de 50 m de la bordure et délimitées par un cerceau couvrant une surface d'environ 1 256 cm<sup>2</sup> (*Figure 2-1*). L'observation de l'ensemble des plants de pois pour chaque point a été réalisée une fois par semaine selon la même fréquence que pour les pièges phéromones. Une observation consistait en un examen minutieux de chaque plant compris dans le cerceau, en retournant chacune des feuilles. Sur chacun

de ces points d'observation, tous les stades des punaises Pentatomidae trouvées étaient récoltées manuellement.

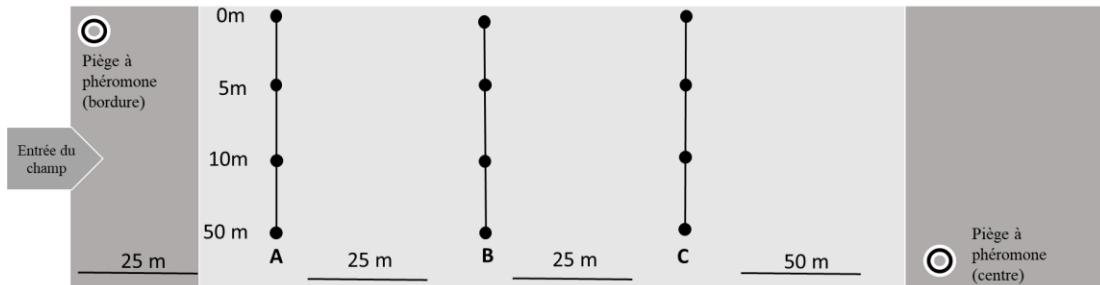


Figure 2.1. Dispositif expérimental pour l'échantillonnage de Pentatomidae en champ de pois frais en Montérégie-Est à l'aide d'observations visuelles et de pièges à phéromones. Les points noirs représentent les points d'échantillonnage d'observation visuelle

### 2.3.4 Facteurs abiotiques

*Champs adjacents.* L'impact des cultures entourant les champs de pois sur la présence de Pentatomidae a été évalué en réalisant un dépistage d'un champ adjacent pour chacune des parcelles de pois. Des champs de soya et de maïs-grain ont été dépistés à raison de quatre champs de soya et six de maïs-grain en 2016 ainsi que cinq champs de maïs-grain et cinq de soya en 2017 (*Tableau 2.1*). Le suivi des Pentatomidae a été réalisé dans les cultures adjacentes situées dans une zone de 0 à 10 m de la bordure du champ de pois, sur 10 points d'observation visuelle aléatoires (un plant par point). Pour chaque plant, les punaises ont été collectées manuellement et la présence ou non de dégâts notée.

*Données climatiques.* Les moyennes des températures et des précipitations cumulées ont été calculées pour chaque période entre deux échantillonnages. Les données

climatiques ont été récoltées grâce aux stations météorologiques d'AgroMétéo Québec [Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC), ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ), Solutions Mesonet et Environnement Canada]. Les coordonnées GPS précises des stations météo se retrouvent à l'annexe 1.

*Phénologie.* Les stades phénologiques du pois et de la culture adjacente (soya ou maïs-grain) ont été notés pour chaque date d'échantillonnage selon Meier *et al.*, (2009).

*Identification.* Les individus récoltés ont été transférés au laboratoire. Le décompte des individus a été réalisé pour chaque technique de dépistage et leur identification a été effectuée grâce à la clé d'identification de Paiero *et al.*, (2013). Tous les individus immatures ont été maintenus dans des conditions contrôlées (23 °C, 16L: 8D), avec un apport en haricots, graines de citrouille et eau, jusqu'à ce qu'ils atteignent le stade adulte pour une identification optimale (Munyaneza et McPherson, 2017). Pour chaque espèce trouvée, l'identification d'au moins un individu a été validée par le laboratoire d'expertise et de diagnostic en phytoprotection du Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ). Des spécimens de référence ont été conservés au laboratoire de lutte biologique, UQAM.

### 2.3.5 Analyses statistiques

*Composition spécifique.* Les abondances relatives (nombre d'individus d'une espèce donnée par la somme totale des individus toutes espèces confondues) des espèces retrouvées ont été calculées séparément pour les techniques de piège à phéromones et d'observation visuelle, et ce, pour l'ensemble des champs. La fréquence de détection

par espèce (c'est-à-dire le pourcentage de champs où l'on a retrouvé au moins un individu d'une espèce donnée au cours de l'ensemble de la saison) a également été calculée séparément pour les deux techniques de dépistage utilisées. Les effectifs totaux des captures pour chaque espèce ont été comparés par un test exact de Fisher afin de vérifier si les deux techniques représentaient une composition spécifique significativement différente.

*Dynamique temporelle.* Pour les pièges à phéromones, le nombre de captures par piège par jour a été calculé pour chaque relevé en fonction du nombre de jours entre deux relevés. L'ensemble de la saison a été découpé en cinq semaines. La moyenne pour chaque semaine a été calculée en prenant en compte le nombre de captures par piège par jour par champ. Concernant l'observation visuelle, la moyenne des captures sur les 12 stations par champ a été calculée pour chaque semaine. Pour l'ensemble des sites, les moyennes ont été calculées en séparant les deux années d'échantillonnage. Le facteur « date » a été considéré comme une des variables explicatives dans les modèles linéaires détaillés ci-dessous. Le nombre de champs échantillonnés diffère pour chaque semaine car durant certaine semaine il pouvait y avoir deux échantillonnages du même champ. Ainsi le nombre de relevé pour chaque période et chaque technique sont les suivants : pour les pièges à phéromones, en 2016 par ordre chronologique ( $n=5$ ,  $n=14$ ,  $n=12$ ,  $n=2$ ,  $n=0$ ) et en 2017 ( $n=5$ ,  $n=17$ ,  $n=10$ ,  $n=8$ ,  $n=6$ ). Idem, pour l'observation visuelle avec en 2016 ( $n=5$ ,  $n=13$ ,  $n=13$ ,  $n=11$ ,  $n=2$ ) et en 2017 ( $n=4$ ,  $n=17$ ,  $n=10$ ,  $n=8$ ,  $n=6$ ).

*Influence des facteurs abiotiques et biotiques.* Une analyse via une régression multiple (modèle linéaire) par la méthode d'élimination régressive (Pino *et al.*, 1999) a été utilisée pour obtenir les meilleures variables prédictives expliquant le nombre de captures par piège par jour pour les pièges à phéromones. Les prédicteurs utilisés étaient les suivants : le stade phénologique du pois, la date de semis, le site, le cultivar, la date de relevé, la moyenne des températures par semaine, les précipitations journalières moyennes par semaine, la température maximale de la semaine, le pourcentage de jours pluvieux, les précipitations cumulées entre deux jours d'échantillonnage. Des comparaisons avec des modèles comprenant des effets aléatoires de type MLMG (Modèle Linéaire Mixte Généralisé) ont été effectuées pour vérifier la nécessité d'inclure des effets aléatoires dans les modèles. L'ensemble des régressions générées ont été comparées entre elles selon les valeurs de l'AIC (Aikake Information Criterion). Par la méthode des moindres carrés, il a été possible de mettre en évidence les différences entre le nombre de catégories des variables catégorielles (phénologie et cultivar). Une correction de type Bonferroni a été appliquée pour les variables catégorielles de trois groupes ou moins et une correction de type Tukey a été appliquée pour les variables catégorielles de quatre groupes ou plus.

## 2.4 Résultats

### 2.4.1 Composition spécifique

La punaise brune *Euschistus servus euschistoides* (Vollenhoven) 1868 [Hemiptera: Pentatomidae] représentait l'espèce prédominante de Pentatomidae capturée au cours

de l'étude pour la technique du piège à phéromones (99,58%, n = 937 ; *Tableau 2-2*) et pour l'observation visuelle (100,00%, n=42 ; *Tableau 2-2*). Deux autres espèces de Pentatomidae ont été observées dans les pièges à phéromones, avec une abondance relative et une fréquence de détection beaucoup plus faibles, soit la punaise à trois taches *Euschistus tristigmus luridus* (Say) 1832 [Hemiptera: Pentatomidae] (0,32%, n = 4) et la punaise à épaulettes rouges *Thyanta custator acerra* (Fabricius) 1803 [Hemiptera: Pentatomidae] (0,11%, n = 1) (*Tableau 2-2*). La punaise *E. servus euschistoides* a été retrouvée dans l'ensemble des champs échantillonnés durant les deux années à l'étude (*Tableau 2-2*). Cependant, l'espèce *T. custator acerra* n'a été retrouvée qu'une seule fois en 2017 alors que l'espèce *E. tristigmus luridus* a été retrouvée dans 20,00% des champs échantillonnés en 2016 et 10,00% en 2017 (*Tableau 2-2*). La fréquence de détection d'au moins une punaise par champ, toutes espèces confondues, avec la technique d'observation visuelle était de 100,00% en 2016 alors qu'elle descend à 70,00% en 2017. Les abondances relatives pour les deux espèces ne présentaient pas de différence significative entre les deux techniques de dépistage ( $\chi^2$  = 38,05; p=0,1071). Au vu de la dominance d'une seule espèce, soit *E. servus euschistoides*, seules les captures de cette espèce ont été considérées pour la suite des résultats.

Tableau 2.2. Composition spécifique des Pentatomidae échantillonnées en 2016-2017 par piège à phéromones d'agrégation et par observation visuelle en champ de pois frais au Québec dans la région de Montérégie-Est.

Technique de dépistage	Espèce	Abondance relative (%)		Fréquence de détection (% de champ)	
		2016	2017	2016	2017
Piège à phéromones d'agrégation	<i>Euschistus servus euschistoides</i>	99,64	99,50	100,00	100,00
	<i>Euschistus tristigmus luridus</i>	0,36	0,25	20,00	10,00
	<i>Thyanta custator acerra</i>	0,00	0,25	0,00	10,00
Observation visuelle	<i>Euschistus servus euschistoides</i>	100,00	100,00	100,00	70,00

#### 2.4.2 Dynamique temporelle

Les premiers adultes de Pentatomidae ont été capturés le 16 juin 2016 et le 13 juin 2017, soit lors de la première période d'échantillonnage. La capture d'adultes a atteint son maximum entre le 21 et le 28 juin pour les deux années (*Figure 2-2*). La date de relevé a eu une influence significative sur le nombre de captures par jour par piège en 2016 ( $F_{(2,23)}=4,645$ ;  $p=0,045$ ) mais pas en 2017 ( $F_{(3,41)}=0,003$ ;  $p=0,958$ ). Lors des derniers échantillonnages avant la récolte du pois, des punaises pouvaient toujours être observées dans l'ensemble des champs, y compris dans les champs pour lesquels la date de récolte était plus tardive (par exemple : 20 juillet 2017). Il est à noter que seuls des adultes ont été capturés par les pièges à phéromones d'agrégation alors qu'avec la technique d'observation visuelle, les adultes représentaient 15% des captures. Concernant, l'observation visuelle, les premiers dépistages ont été réalisés le 7 juin en 2016 et le 13 juin en 2017 (*Figure 2-2B*). Aucun pic de capture n'a été observé au

courant de la saison avec cette technique de dépistage. Ceci s'expliquerait par les faibles captures de Pentatomidae enregistrées lors de l'observation visuelle.

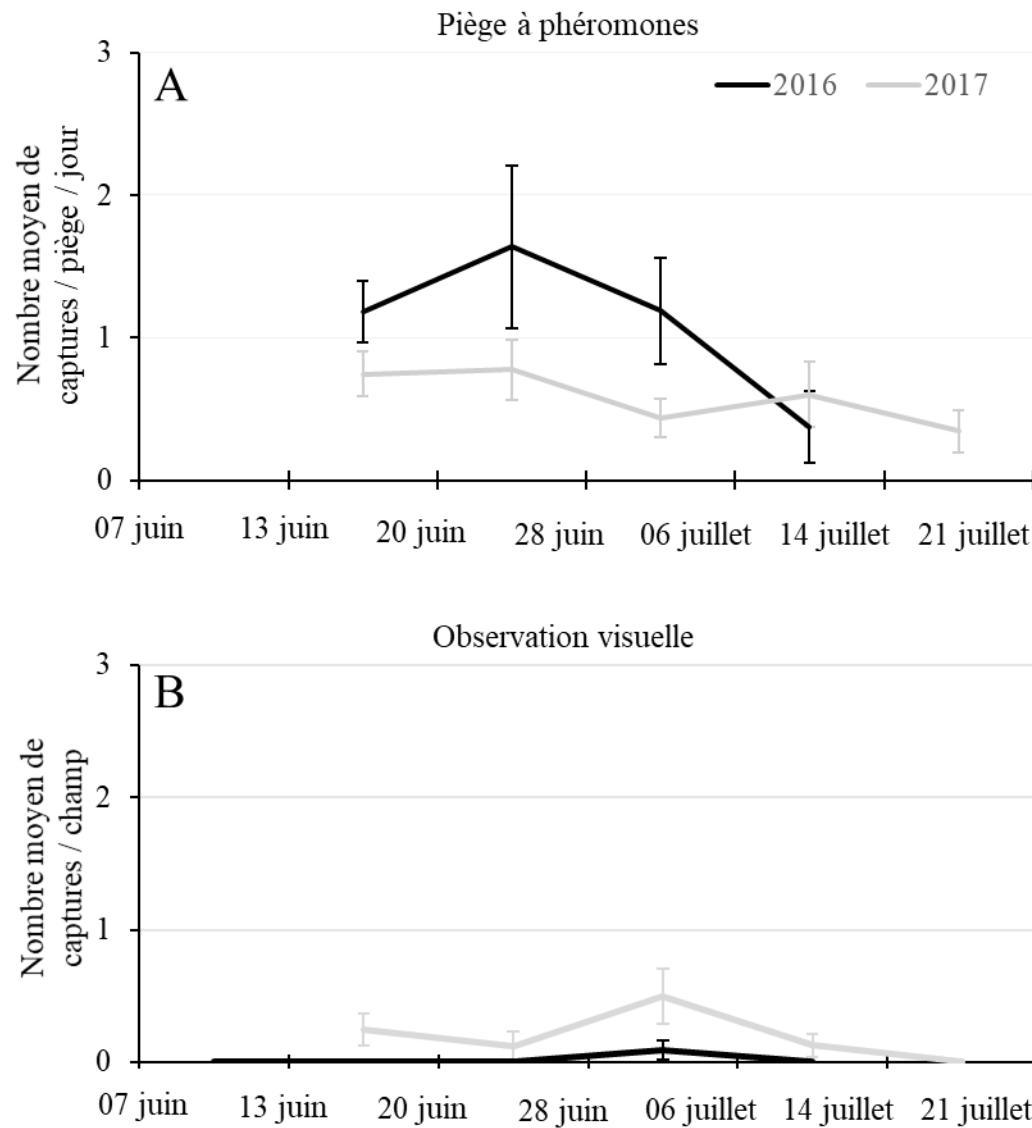


Figure 2.2. Nombre moyen ( $\pm$  erreur-type) de Pentatomidae capturées **A**) par piège à phéromones d'agrégation par jour et **B**) par observation visuelle dans les champs de pois frais en Montérégie-Est durant les saisons 2016 et 2017.

### 2.4.3 Facteurs abiotiques

L'analyse des facteurs abiotiques a été réalisée uniquement sur les captures de pièges à phéromones dû au nombre de captures trop faible avec la technique d'observation visuelle. Concernant la phénologie du pois, le nombre de captures par piège par jour a présenté des différences significatives selon le stade phénologique du pois ( $F_{(2,68)} = 10,764$ ;  $p = 0,0001$ ). Le nombre de captures était trois fois plus élevé au stade végétatif ( $t_2 = -3,777$ ;  $p = 0,0010$ ) et quatre fois plus élevé au stade floraison ( $t_2 = 3,394$ ;  $p = 0,0034$ ) comparativement au stade fructification (*Figure 2-3A*). Selon le cultivar du pois, le nombre de captures différait significativement ( $F_{(4,64)} = 5,131$  ;  $p = 0,0013$ ). Le nombre de punaises capturées par jour par piège était plus important pour les cultivars Nitro ( $t_4 = -3,207$ ,  $p = 0,0173$ ) et PA0826 ( $t_4 = -2,856$ ,  $p = 0,0442$ ) que pour le cultivar Ambiance avec des moyennes respectives de  $0,98 \pm 0,08$ ,  $0,85 \pm 0,13$  et  $0,58 \pm 0,07$  (*Figure 2-3B*).

Une température moyenne plus élevée entre deux périodes d'échantillonnage était corrélée avec le nombre de captures par piège par jour ( $F_{(1,70)} = 6,354$  ;  $p = 0,0144$ ) (*Figure 2-3C*). La plage de températures moyennes entre deux périodes d'échantillonnages variait de  $15,87^{\circ}\text{C}$  à  $22,85^{\circ}\text{C}$ .

Dans les champs adjacents, aucun dommage n'a été observé dans le soya et 0,6 plant sur 10 en moyenne a été touché dans les champs de maïs-grain en 2016 et 2017. Ces dommages étaient des trous d'alimentation sur les parties végétatives. Aucune punaise n'a été capturée par observation visuelle dans les champs adjacents en 2016 alors que

deux adultes ont été capturés en 2017. Parmi ces captures, l'une d'entre elles appartenait à l'espèce commune retrouvée en champ de pois, *E. servus euschistoides* et l'autre appartenait à une espèce de punaise prédatrice, la punaise soldat, *Podisus maculiventris* (Say) 1832 [Hemiptera: Pentatomidae].

Les facteurs de date de semis et de précipitation cumulée n'ont pas eu d'influence sur le nombre de captures de Pentatomidae (*Tableau 2-3*).

Tableau 2.3. Résultats statistiques d'un modèle linéaire généralisé pour chaque prédicteur sélectionné pour expliquer le nombre de captures d'*E. servus euschistoides* par jour par piège à phéromones (DDL = degré de liberté). Valeur associée au modèle général :  $R^2 = 0,5017$  ;  $p < 0,0001$ . Un astérisque représente un effet significatif avec  $p < 0,05$ .

Paramètres	DDL	Valeur F	Valeur p
Température moyenne hebdomadaire	1	6,354	0,0144*
Phénologie	2	10,764	0,0001*
Cultivar	4	5,131	0,0013*
Précipitation accumulée par semaine	1	3,127	0,0821
Date de relevé	2	4,235	0,0190*
Date de semis	1	0,406	0,5263

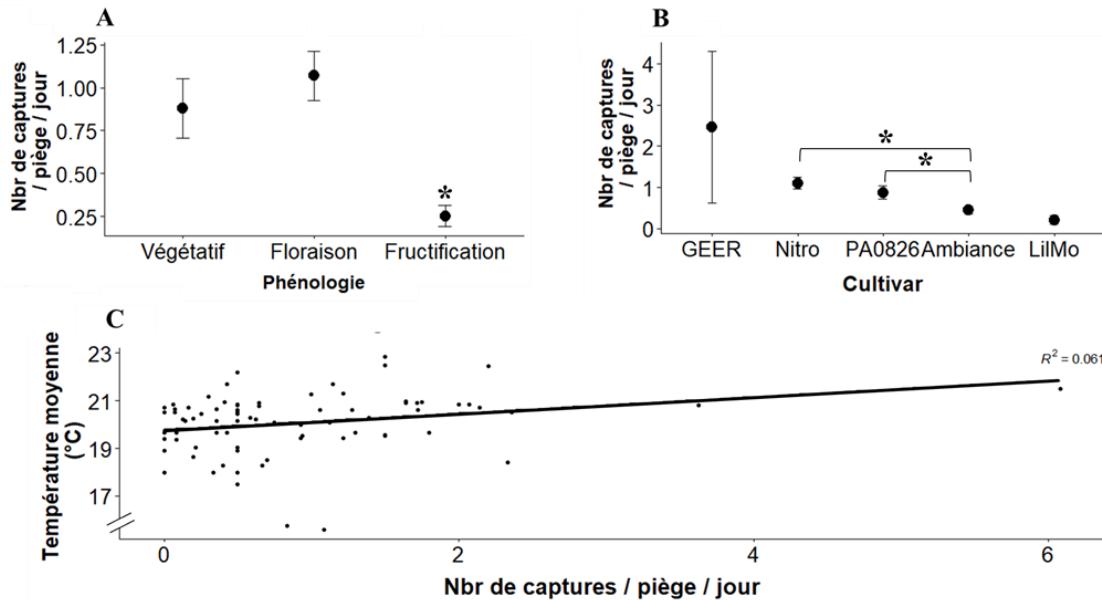


Figure 2.3. Influence des facteurs abiotiques sur le nombre de captures de Pentatomidae dans des champs de pois frais dans la région de Montérégie-Est durant les saisons 2016 et 2017. **A.** Nombre de captures par piège à phéromones par jour selon le stade phénologique du pois. Stade végétatif (n = 14) ; Stade floraison (n = 53) ; Stade fructification (n = 12). **B.** Nombre de captures par piège à phéromones par jour selon les différents cultivars. PA0826 (n=19) ; GEER (n=3) ; Nitro (n=22) ; Ambiance (n=23) ; Lil'Mo (n=5). **C.** Régression linéaire de la température moyenne hebdomadaire en fonction du nombre de captures par piège à phéromones par jour. Les erreurs-types sont représentées pour les Figures A et B. Les astérisques indiquent des différences significatives selon un test posthoc par la méthode des moindres carrés avec une correction de Bonferroni ( $p < 0.05$ ) pour la phénologie et avec une correction de Tukey ( $p < 0.05$ ) pour les cultivars.

## 2.5 Discussion

Cette étude démontre que la famille des Pentatomidae présente une faible diversité spécifique en champ de pois au Québec et que l'espèce dominante est *E. servus euschistoides*. De plus, parmi les facteurs abiotiques analysés, certains ont une influence sur le nombre de captures par piège à phéromones comme le cultivar utilisé, la température hebdomadaire et le stade du pois; tandis que d'autres n'ont aucun effet tel la date de semis et les précipitations cumulées dans la semaine.

La diversité spécifique de la communauté de Pentatomidae est très faible en champ de pois frais au Québec. En effet cette communauté est prédominée par l'espèce *E. servus euschistoides*, une Pentatominae phytopophage commune au nord-est de la zone Néarctique (Koch *et al.*, 2017 ; Mcpherson et Ahmad, 2012). Cette prédominance se retrouve dans d'autres cultures telles que le maïs-grain et le soya dans le Minnesota, où *E. servus euschistoides* représente entre 68 et 100% des individus de la famille des Pentatomidae (Koch et Pahs, 2014, 2015 ; Koch et Rich, 2015). Néanmoins ce phénomène de dominance est aussi observé dans plusieurs cultures à travers d'autres espèces du même genre comme au Brésil dans les champs de canola où *E. heros*, représente 50% des espèces de Pentatomidae capturées (Bianchi *et al.*, 2019). Cette prépondérance peut s'expliquer par un paysage dominé par des monocultures intensives (soya, maïs, pois), ce qui favoriserait la densité de seulement quelques espèces au détriment des autres espèces phytophages (Andow, 1991). En effet, la diversité végétale liée à la complexification du paysage permet d'augmenter la diversité des espèces nuisibles tout en diminuant leurs abondances (Altieri et Nicholls, 2018 ;

Gurr *et al.*, 2017). Cette étude permet de suggérer fortement que l'espèce *E. servus euschistoides* est celle pouvant poser un problème aux industries en ce qui concerne la contamination des récoltes de pois. Néanmoins, aucun échantillon d'insectes contaminant les produits alimentaires n'a pu être récupéré de l'usine afin de confirmer cette hypothèse, malgré les signalements spontanés de l'industrie.

Avec la présence d'un seul pic de captures, suivi d'une diminution quasi-continue du nombre de captures par piège par jour, cette étude suggère également l'existence d'une seule génération durant la phase de croissance du pois frais au Québec pour l'espèce dominante *E. servus euschistoides*. Cette espèce est connue au Québec pour avoir une génération par année dans le maïs sucré (Gosselin *et al.*, 2014). L'espèce *E. servus* présente un nombre de générations variable selon les latitudes considérées. Au Kansas (Rolston et Kendrick, 1961), dans l'Iowa, l'Illinois (McPherson et Mohlenbrock, 1976 ; McPherson *et al.*, 1982 ; Tecic et McPherson, 2018) et en Caroline du Nord (McPherson et McPherson, 2000), *E. servus* présente deux générations par année, tandis que certains auteurs suggèrent la présence d'une seule génération plus au nord (Koch *et al.*, 2017). Il serait nécessaire de faire des études supplémentaires pour déterminer le nombre exact de générations, avec des échantillonnages plus étalés avant et après la saison de croissance du pois dans les habitats adjacents (champs, forêts). Concernant la saisonnalité, les premières observations de *E. servus euschistoides* ont eu lieu dès le début de la saison (13 juin) en 2017, ce qui suggère que les Pentatomidae sont présentes dans le champ avant cette date.

Il n'est pas surprenant de retrouver une corrélation positive entre le nombre de captures de Pentatomidae dans les pièges à phéromones et la température. Comme chez tous les insectes, la température est un paramètre déterminant chez les Pentatomidae (Andrewartha et Birch, 1986), que ce soit sur leur durée de développement (Azrag *et al.*, 2017 ; Da Silva et Daane, 2014 ; Panizzi et Slansky, 1985 ; Reed *et al.*, 2017 ; Santos *et al.*, 2018 ; Zerbino *et al.*, 2013) ou sur leur physiologie (Hori et Inamura, 1991 ; Sibilia *et al.*, 2018). Dans une étude menée par Venugopal *et al.*, (2016), cette relation positive entre la température moyenne mensuelle et le nombre de captures est également retrouvée chez la sous-espèce *E. servus servus* en champ de soya dans le nord-est des États-Unis. Le nombre de captures augmente avec la température, probablement lié à une augmentation des déplacements des adultes. En effet la température est connue pour avoir un effet sur les paramètres de dispersion des insectes phytophages (Venugopal *et al.*, 2016) comme la vitesse de vol (Babu, 2018). Des températures plus élevées seraient alors associées à des déplacements plus importants et donc potentiellement à une répartition plus homogène des punaises dans les champs. Cette étude conforte l'idée que la température est un paramètre essentiel à la biologie de cette sous-espèce et doit être considérée dans de possibles modèles prédictifs de répartition et d'abondance (Owens *et al.*, 2013) comme c'est déjà le cas pour d'autres espèces de Pentatomidae phytophages à travers le monde (Baek *et al.*, 2017; Nielsen *et al.*, 2016; Tavanpour *et al.*, 2019).

Le nombre de captures par piège à phéromones était plus élevé lorsque le pois était au stade végétatif et au stade de floraison que lorsqu'il était au stade de fructification. Cependant, il est connu que les punaises apprécient particulièrement le stade de

fructification dans d'autres cultures telles que le haricot, le soya ou le maïs (Lee *et al.*, 2013 ; Nielsen et Hamilton, 2009 ; Panizzi, 1997 ; Todd et Herzog, 1980). Cela suggère que l'espèce *E. servus euschistoides* ne se nourrit pas des gousses de pois, mais plutôt des parties végétatives comme c'est le cas pour le maïs au Québec (Gosselin *et al.*, 2014). L'espèce *E. servus* est retrouvée dans d'autres cultures au stade végétatif comme le coton (Greene *et al.*, 2006) ou le soya (Corrêa-Ferreira et De Azevedo, 2002). Elle est également connue pour se nourrir des parties végétatives de certaines espèces de plantes cultivées comme l'arachide (Tillman, 2008 ; Tillman et Cottrell, 2016) ou le maïs (Blinka, 2008 ; Clower, 1958 ; Negrón et Riley, 1987 ; Ni *et al.*, 2010). Pour d'autres espèces, les parties végétatives servent de lieu de ponte, comme *N. viridula* dans le maïs (Tillman, 2010), ce qui peut être aussi le cas pour *E. servus* (Tillman, 2010). A propos du stade de floraison, l'espèce *E. servus* peut être présente dans les cultures mentionnées ci-dessus, mais c'est seulement chez le coton où elle se nourrit des fleurs (Willrich *et al.*, 2004).

Il est à noter que dans l'étude de Nielsen *et al.*, en 2016, plusieurs cultures pièges ont été testées, dont le pois, et le nombre de captures par observation visuelle d'*E. servus* était nul dans cette culture ou très faible par rapport aux autres cultures testées (millet perlé, sorgho, gombo, mélange de tournesol). Le nombre de captures par observation visuelle en champ de pois ayant également été très faible dans notre étude, il est possible que les variations de populations observées dans les pièges à phéromones ne soient pas forcément liées au stade phénologique du pois.

Les plantes de bordure et leurs phénologies pourraient être un facteur plus important expliquant la variation d'abondance en champ. Les sources de nourritures plus diversifiées en bordure de champ sont souvent utilisées par les Pentatomidae comme le montrent de nombreuses études (Koch *et al.*, 2017 ; Tillman et Cottrell, 2016 ; Venugopal *et al.*, 2014). En raison de leur caractère polyphage, les Pentatomidae se nourrissent généralement de plusieurs plantes au cours de leur cycle de vie (Panizzi, 1997 ; Tillman *et al.*, 2009), y compris des plantes herbacées (McPherson et McPherson, 2000) trouvées en bordure de champ. C'est d'ailleurs la raison pour laquelle l'espèce *E. servus* peut coloniser plusieurs espèces végétales du paysage et ne pas nécessairement être concentrée dans une culture donnée (Jones et Sullivan, 1982 ; McPherson et McPherson, 2000). Les plantes de bordure de champ pourraient également jouer le rôle de site de nidification ou de site d'alimentation pour les premiers stades immatures (Rice *et al.*, 2014). En effet, la bordure a un effet significatif sur l'abondance de nombreuses punaises Pentatomidae dans plusieurs cultures comme le blé, la tomate ou le coton (Leskey *et al.*, 2012 ; Nakasuji *et al.*, 1965 ; Reay-Jones *et al.*, 2010 ; Reeves *et al.*, 2010). La quasi-absence d'individus dans les champs adjacents renforce l'idée que la bordure soit un habitat privilégié d'*E. servus euschistoides*.

Le nombre de captures varie selon les cultivars utilisés dans la culture du pois. Au sein d'une même espèce de plante cultivée, les différentes variétés peuvent faire l'objet de préférences chez les Pentatomidae. Par exemple, une différence d'abondance a été observée en fonction du génotype de soya chez *N. viridula* au Brésil (de Santana Souza *et al.*, 2013). Un constat similaire a été répertorié entre le coton Bt et le coton non-Bt chez *N. viridula* et *E. servus* en laboratoire (Huang et Toews, 2012). Ces différences

d'abondance se retrouvent également au niveau des dommages comme pour différents cultivars de haricots (*Phaseolus vulgaris* L.) (Ramos *et al.*, 2017) au Brésil et certaines cultures de fruits à coque (Chambers *et al.*, 2011; Jones et Caprio, 1994). Ces préférences alimentaires sont justifiées par les caractéristiques physiologiques et morphologiques des cultivars comme la différence de composés volatils plus ou moins attractifs émis par les plantes, l'épaisseur de l'épiderme des gousses de soya ou la densité en trichomes (de Santana Souza *et al.*, 2013). Par ce constat, la sélection de cultivars pourrait être envisagée dans un programme de lutte intégrée afin de limiter le nombre de punaises Pentatomidae en champ de pois.

Cette étude a montré que 99% des Pentatomidae présentes en champ de pois frais appartiennent à une seule espèce : *E. servus euschistoides*. L'absence de dégât dans le pois ainsi que la présence plus forte lors du stade végétatif et floraison montrent que les populations de cette espèce sont sûrement majoritairement inféodées à la bordure où elles trouvent refuge, nourriture et site d'hibernation. De plus, la sélection de cultivars semble être une première approche facilement applicable pour réduire la présence de Pentatomidae en champ de pois frais. Pour finir, l'importance des bordures n'est sûrement pas à négliger pour cette espèce d'une importance agronomique croissante. Des études supplémentaires sur la répartition spatiale des Pentatomidae en champ de pois permettrait d'éclairer et de conforter le rôle de réservoir de celle-ci ainsi que d'ouvrir des nouvelles possibilités de gestion de ce ravageur, comme le traitement insecticide localisé ou la sélection de plantes hôtes de bordure particulièrement attractives.

## 2.6 Annexe

Tableau 2.4. Coordonnées GPS des stations météorologiques AgWeather dans la région de Montérégie-Est.

<b>Station météorologique</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>
Saint-Bernard-de-Michaudville	45.858045	-73.063694
Saint-Bruno-de-Montarville	45,525798	-73,338152
Saint-Liboire	45,652769	-72,759261
Saint-David	45,951258	-72,851859

## 2.7 Remerciements

Merci à tous les membres du laboratoire de lutte biologique du département des sciences biologiques de l'UQAM (Université du Québec à Montréal) et du CÉROM Inc. (Centre de recherche sur les grains) et plus spécifiquement à Marianne Bessette qui a assuré une grande partie de l'échantillonnage. Cette recherche a été financée par le programme MITACS Accelerate. Ce projet a été réalisé dans le cadre du programme Prime-Vert avec l'aide financière du Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ) dans le cadre de la Stratégie phytosanitaire pour l'agriculture du Québec 2011-2021.

## 2.8 Références

- Aldrich, J.R., M.P. Hoffmann, J.P. Kochansky, W.R. Lusby, J.E. Eger, et J.A. Payne. (1991). Identification and attractiveness of a major pheromone component for Nearctic *Euschistus* spp. stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae). *Environmental Entomology*, 20(2) : 477–483. <https://doi.org/10.1093/ee/20.2.477>
- Altieri, M., et C. Nicholls. (2018). *Biodiversity and pest management in agroecosystems*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781482277937>
- Andow, D.A. (1991). Yield Loss to arthropods in vegetationally diverse agroecosystems. *Environmental Entomology*, 20(5) : 1228–1235. <https://doi.org/10.1093/ee/20.5.1228>
- Andrewartha, H.G., et L.C. Birch. (1986). *The ecological web: more on the distribution and abundance of animals*. University of Chicago Press.
- Azrag, A.G., L.K. Murungi, H.E. Tonnang, D. Mwenda, et R. Babin. (2017). Temperature-dependent models of development and survival of an insect pest of African tropical highlands, the coffee antestia bug *Antestiopsis thunbergii* (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Thermal Biology*, 70 : 27–36. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2017.10.009>
- Babu, A. (2018). Farmscape ecology of *Euschistus servus* (Hemiptera: Pentatomidae) in a corn, wheat, soybean ecosystem and development of a sampling plan in corn. pp. 63-109. *Ph.D. dissertation*. North Carolina State University, Raleigh
- Baek, S., A. Hwang, H. Kim, H. Lee, et J.H. Lee. (2017). Temperature-dependent development and oviposition models of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 20(2) : 367–375. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2017.02.009>
- Bale, J. S., G.J. Masters, I.D. Hodkinson, C. Awmack, T.M. Bezemer, V.K. Brown, J. Butterfield, A. Buse, J.C. Coulson, J. Farrar, J.E.G. Good, R. Harrington, S. Hartley, T.H. Jones, R.L. Lindroth, M.C. Press, L. Symrnioudis, A.D. Watt, et J.B. Whittaker. (2002). Herbivory in global climate change research: direct effects of rising temperature on insect herbivores. *Global change biology*, 8(1) : 1-16. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2002.00451.x>

- Bariselli, M., R. Bugiani, et L. Maistrello. (2016). Distribution and damage caused by *Halyomorpha halys* in Italy. *Eppo Bulletin*, 46(2) : 332–334. <https://doi.org/10.1111/epp.12289>
- Bianchi, F.M., A.L. Marsaro Júnior, J. Grazia, P.R.V.S. Pereira, et A.R. Panizzi. (2019). Diversity of stink bugs (Pentatomidae) associated with canola: looking for potential pests. *Neotropical Entomology*, 48(2) : 219–224. <https://doi.org/10.1007/s13744-018-0642-3>
- Blinka, E.L. (2008). Biological and ecological studies on green stink bug, *Acrosternum hilare*, and brown stink bug, *Euschistus servus* (Hemiptera: Pentatomidae), in eastern North Carolina cropping systems. pp. 152–160. Ph.D. dissertation, North Carolina State University, Raleigh
- Borges, M., F.G.V. Schmidt, E.R. Sujii, M.A. Medeiros, K. Mori, P.H.G. Zarbin, et J.T.B. Ferreira. (1998). Field responses of stink bugs to the natural and synthetic pheromone of the neotropical brown stink bug, *Euschistus heros* (Heteroptera: Pentatomidae). *Physiological Entomology*, 23(3) : 202–207. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3032.1998.233086.x>
- Brader, B., R.C. Lee, R. Plarre, W. Burkholder, G.B. Kitto, C. Kao, L. Polston, E. Dorneanu, I. Szabo, B. Mead, B. Rouse, D. Sullins, et R. Denning. (2002). A comparison of screening methods for insect contamination in wheat. *Journal of Stored Products Research*, 38(1) : 75–86. [https://doi.org/10.1016/S0022-474X\(01\)00006-6](https://doi.org/10.1016/S0022-474X(01)00006-6)
- Bundy, C.S., et R.M. McPherson. (2000). Dynamics and seasonal abundance of stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae) in a cotton–soybean ecosystem. *Journal of Economic Entomology*, 93(3) : 697–706. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-93.3.697>
- Chambers, U., V.M. Walton, et S.A. Mehlenbacher. (2011). Susceptibility of hazelnut cultivars to filbertworm, *Cydia latiferreana*. *HortScience*, 46(10) : 1377–1380. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.46.10.1377>
- Chouinard, G., M. Larose, J.-P. Légaré, G. Bourgeois, G. Racette, et M. Barrette. (2018). Interceptions and captures of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in Quebec from 2008 to 2018. *Phytoprotection*, 98(1), 46-50. <https://doi.org/10.7202/1055355ar>

- Clower, D.F. (1958). Damage to corn by the southern green stink bug. *Journal of Economic Entomology*, 51(4) : 471–473. <https://doi.org/10.1093/jee/51.4.471>
- Cook, D. et M. Cutts. (2018). Cotton insect loss estimates. (<https://www.entomology.msstate.edu/resources/pdf/2018/table32.pdf>). [Consulté 15 Juin 2020]
- Corrêa-Ferreira, B.S., et J. De Azevedo. (2002). Soybean seed damage by different species of stink bugs. *Agricultural and Forest Entomology*, 4(2) : 145–150. <https://doi.org/10.1046/j.1461-9563.2002.00136.x>
- Corrêa-Ferreira, B.S., et F. Moscardi. (1995). Seasonal occurrence and host spectrum of egg parasitoids associated with soybean stink bugs. *Biological Control*, 5(2) : 196–202. <https://doi.org/10.1006/bcon.1995.1024>
- Cranshaw, W. S., et E. B. Radcliffe. (1984). Insect contaminants of Minnesota processed peas. *Technical Bulletin*, Item No. AD-TB-2211, Agricultural Experiment Station, University of Minnesota <https://conservancy.umn.edu/bitstream/handle/11299/109698/TB340.pdf?sequence=1>
- Da Silva, P.G., et K.M. Daane. (2014). Life history parameters of *Chinavia hilaris* (Hemiptera: Pentatomidae), a stink bug injurious to pistachios in California. *Journal of Economic Entomology*, 107(1) : 166–173. <https://doi.org/10.1603/EC13272>
- De Santana Souza, E., E.L. Lopes Baldin, J.P. Gonçalves Franco da Silva, et A.L. Lourenço. (2013). Feeding preference of *Nezara viridula* (Hemiptera: Pentatomidae) and attractiveness of soybean genotypes. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 73(4) : 351–357. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392013000400004>
- Gosselin, B., C. Ouellet, M.F. Asselin. (2014). La punaise brune dans le maïs (sucré et de grandes cultures) (<https://www.agrireseau.net/Rap/documents/b14gc14.pdf>).
- Greene, J.K., C.S. Bundy, P.M. Roberts, et B.R. Leonard. (2006). Identification and management of common boll feeding bugs in cotton. (<http://www.clemson.edu/psapublishing/Pages/Entom/EB158.pdf>).

- Gurr, G.M., S.D. Wratten, D.A. Landis, et M. You. (2017). Habitat management to suppress pest populations: progress and prospects. *Annual Review of Entomology*, 62(1) : 91–109. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-031616-035050>
- Harris, V.E., et J.W. Todd. (1980). Temporal and numerical patterns of reproductive behavior in the southern green stink bug, *Nezara viridula* (Hemiptera: Pentatomidae). *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 27(2) : 105–116. <https://doi.org/10.1007/bf02954.x>
- Hori, K., et R. Inamura. (1991). Effects of stationary photoperiod on reproductive diapause, nymphal growth, feeding and digestive physiology of *Eysarcoris lewisi* distant (Heteroptera: Pentatomidae). *Applied Entomology and Zoology*, 26(4) : 493–499. <https://doi.org/10.1303/aez.26.493>
- Huang, T.I., et M.D. Toews. (2012). Feeding preference and movement of *Nezara viridula* and *Euschistus servus* (Hemiptera: Pentatomidae) on individual cotton plants. *Journal of Economic Entomology*, 105(3) : 847–853. <https://doi.org/10.1603/EC11433>
- Hunt, T., B. Wright, et K. Jarvi. (2011). Stink bug populations developing in soybeans and corn. Crop Watch, 4 August 2011. University of Nebraska Lincoln, NE. ([http://cropwatch.unl.edu/archive-/asset\\_publisher/VHeSpfv0Agju/content/4620945](http://cropwatch.unl.edu/archive-/asset_publisher/VHeSpfv0Agju/content/4620945)). [Consulté 13 Mars 2019]
- ISQ (Institut de la Statistique du Québec) et MAPAQ (Ministère de l’Agriculture, des Pêcheries et de l’Alimentation du Québec. (2016). Profil sectoriel de l’industrie horticole au Québec. (<http://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/agriculture/profil-horticole2016.pdf>) [Consulté 3 Mars 2019].
- Jones, V.P., et L.C. Caprio. (1994). Southern green stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) feeding on hawaiian macadamia nuts: the relative importance of damage occurring in the canopy and on the ground. *Journal of Economic Entomology*, 87(2) : 431–435. <https://doi.org/10.1093/jee/87.2.431>
- Jones, W.A., et M.J. Sullivan. (1982). Role of host plants in population dynamics of stink bug pests of soybean in South Carolina. *Environmental Entomology*, 11(4) : 867–875. <https://doi.org/10.1093/ee/11.4.867>
- Khrimian, A., A. Zhang, D.C. Weber, H.Y. Ho, J.R. Aldrich, K.E. Vermillion, M.A. Siegler, S. Shirali, F. Guzman, et T.C. Leskey. (2014). Stereoisomeric libraries

- of 1, 10-bisaboladien-3-ols and 10, 11-epoxy-1-bisabolen-3-ols for semiochemical discovery. Aggregation pheromone of brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Stål). *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 77, 1708–1717.
- Khrimian, A., J.R. Aldrich, A. Zhang, T.C. Leskey, et D.C. Weber. (2016). Compositions and methods to attract the brown marmorated stink bug (BMSB), *Halyomorpha halys*. U.S. Patent No. 9,451,771. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Knight, K.M., et G.M. Gurr. (2007). Review of *Nezara viridula* (L.) management strategies and potential for IPM in field crops with emphasis on Australia. *Crop Protection*, 26(1) : 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2006.03.007>
- Koch, R.L., et T. Pahs. (2014). Species composition, abundance, and seasonal dynamics of stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) in Minnesota soybean fields. *Environmental Entomology*, 43(4) : 883–888. <https://doi.org/10.1603/EN14082>
- Koch, R.L., et T. Pahs. (2015). Species composition and abundance of stink bugs (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae) in Minnesota field corn. *Environmental Entomology*, 44(2) : 233–238. <https://doi.org/10.1093/ee/nvv005>
- Koch, R.L., D.T. Pezzini, A.P. Michel, et T.E. Hunt. (2017). Identification, biology, impacts, and management of stink bugs (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae) of soybean and corn in the midwestern United States. *Journal of Integrated Pest Management*, 8 : 1-14. <https://doi.org/10.1093/jipm/pmx004>
- Koch, R.L., et W.A. Rich. (2015). Stink bug (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae) feeding and phenology on early maturing soybean in Minnesota. *Journal of Economic Entomology*, 108(5) : 2335–2343. <https://doi.org/10.1093/jee/tov218>
- Lee, D.H., B.D. Short, S.V. Joseph, J.C. Bergh, et T.C. Leskey. (2013). Review of the biology, ecology, and management of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in China, Japan, and the Republic of Korea. *Environmental Entomology*, 42(4) : 627–641. <https://doi.org/10.1603/EN13006>
- Leskey, T.C., G.C. Hamilton, A.L. Nielsen, D.F. Polk, C. Rodriguez-Saona, J.C. Bergh, D.A. Herbert, T.P. Kuhar, D. Pfeiffer, G.P. Dively, C.R.R. Hooks, M.J. Raup, P.M. Shrewsbury, G. Krawczyk, P.W. Shearer, J. Whalen, C. Koplinka-Loehr, E. Myers, D. K.A. Hoelmer, D.H. Lee, et S.E. Wright. (2012). Pest status of the

- brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* in the USA. *Outlooks on Pest Management*, 23(5) : 218–226. <https://doi.org/10.1564/23oct07>
- Likhayo, P.W., et R.J. Hodges. (2000). Field monitoring *Sitophilus zeamais* and *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) using refuge and flight traps baited with synthetic pheromone and cracked wheat. *Journal of Stored Products Research*, 36(4), 341-353. 10.1016/S0022-474X(99)00052-1
- MAPAQ (Ministère de l’Agriculture, des Pêches et de l’Alimentation du Québec) (2014). Monographie de l’industrie du légume de transformation au Québec. Ministère de l’Agriculture, des Pêcheries et de l’Alimentation du Québec. Repéré à [https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Publications/Monographie\\_legumestransformation\\_web.pdf](https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Publications/Monographie_legumestransformation_web.pdf) [Consulté 15 Mai 2019].
- Mcpherson, J.E., et I. Ahmad. (2012). Comparison of male genitalia of *Euschistus* spp. in the midwestern United States (Hemiptera : Heteroptera : Pentatomidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 105(3) : 395–402. <https://doi.org/10.1603/AN11181>
- McPherson, J.E., et R. McPherson. (2000). *Stink bugs of economic importance in America north of Mexico*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420042429>
- McPherson, J.E., et R.H. Mohlenbrock. (1976). A list of the Scutelleroidea of the la rue-pine hills ecological area with notes on biology. *The Great Lakes Entomologist*, 9(3) : 125–69 <https://scholar.valpo.edu/tgle/vol9/iss3/1>
- McPherson, R., J.R. Pitis, L.D. Newsom, J.B. Chapin, et D.C. Herzog. (1982). Incidence of tachinid parasitism of several stink bug (Heteroptera: Pentatomidae) species associated with soybean. *Journal of Economic Entomology*, 75(5) : 783–786. <https://doi.org/10.1093/jee/75.5.783>
- Meier, U., H. Bleiholder, L. Buhr, C. Feller, H. Hack, M. Heß, P.D. Lancashire, U. Schnock, R. Stauß, T. Van Den Boom, T. Weber, et P. Zwerger. (2009). The BBCH system to coding the phenological growth stages of plants—history and publications. *Journal Für Kulturpflanzen*, 61(2) : 41–52.
- Michel, A., R. Bansal, et R.B. Hammond. (2013). Stink bugs on soybean and other field crops. Ohio State University Extension Fact Sheet, FC\_ENT-x-13

- ([Http://Oardc.Osu.Edu/Ag/Images/StB\\_Factsheet\\_June\\_26.Pdf](Http://Oardc.Osu.Edu/Ag/Images/StB_Factsheet_June_26.Pdf)) [Consulté 31 Mai 2019].
- Morrison, W.R., B.R. Blaauw, A.L. Nielsen, E. Talamas, et T.C. Leskey. (2018). Predation and parasitism by native and exotic natural enemies of *Halyomorpha halys* (Stål) (Hemiptera: Pentatomidae) eggs augmented with semiochemicals and differing host stimuli. *Biological Control*, 121 : 140–150. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2018.02.016>
- Munyaneza, J., et J.E. McPherson. (2017). Comparative study of life histories, laboratory rearing, and immature stages of *Euschistus servus* and *Euschistus variolarius* (Hemiptera: Pentatomidae). *The Great Lakes Entomologist*, 26(4) : 2. <https://scholar.valpo.edu/tgle/vol26/iss4/2>
- Nakasuiji, F., N. Hokyo, et K. Kiritani. (1965). Spatial distribution of three plant bugs in relation to their behavior. *Population Ecology*, 7(2) : 99–108. <https://doi.org/10.1007/BF02518793>
- Negrón, J.F., et T.J. Riley. (1987). Southern green stink bug, *Nezara viridula* (Heteroptera: Pentatomidae), feeding in corn. *Journal of Economic Entomology*, 80(3) : 666–669. <https://doi.org/10.1093/jee/80.3.666>
- Ni, X., K. Da, G.D. Buntin, T.E. Cottrell, P.G. Tillman, D.M. Olson, R. Powell Jr, R.D. Lee, P.D. Jeffrey, et B.T. Scully. (2010). Impact of brown stink bug (Heteroptera: Pentatomidae) feeding on corn grain yield components and quality. *Journal of Economic Entomology*, 103(6) : 2072–2079. <https://doi.org/10.1603/EC09301>
- Nielsen, A.L., et G.C. Hamilton. (2009). Life history of the invasive species *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in northeastern United States. *Annals of the Entomological Society of America*, 102(4) : 608–616. <https://doi.org/10.1603/008.102.0405>
- Nielsen, A.L., G.C. Hamilton, et P.W. Shearer. (2011). Seasonal phenology and monitoring of the non-native *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in soybean. *Environmental Entomology*, 40(2) : 231–238. <https://doi.org/10.1603/EN10187>
- Nielsen, A.L., S. Chen, S.J. Fleischer. (2016). Coupling developmental physiology, photoperiod, and temperature to model phenology and dynamics of an invasive

- heteropteran, *Halyomorpha halys*. *Frontiers in Physiology*, 7 :165  
<https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00165>
- Nielsen, A.L., G. Dively, J.M. Pote, G. Zinati, et C. Mathews. (2016). Identifying a potential trap crop for a novel insect pest, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae), in organic farms. *Environmental Entomology*, 45(2) : 472–478.  
<https://doi.org/10.1093/ee/nvw006>
- Owens, D.R., D.A. Herbert Jr, T.P. Kuhar, et D.D. Reisig. (2013). Effects of temperature and relative humidity on the vertical distribution of stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) within a soybean canopy and implications for field sampling. *Journal of Entomological Science*, 48(2) : 90–98.  
<https://doi.org/10.18474/0749-8004-48.2.90>
- Paiero, S.M., S.A. Marshall, J.E. McPherson, et M.S. Ma. (2013). Stink bugs (Pentatomidae) and parent bugs (Acanthosomatidae) of Ontario and adjacent areas: A key to species and a review of the fauna. *Canadian Journal of Arthropod Identification*, 24 : 1–183. [10.3752/cjai.2013.24](https://doi.org/10.3752/cjai.2013.24)
- Panizzi, A.R. (1997). Wild hosts of pentatomids: ecological significance and role in their pest status on crops. *Annual Review of Entomology*, 42(1) : 99–122.  
<https://doi.org/10.1146/annurev.ento.42.1.99>
- Panizzi, A.R. (2015). Growing problems with stink bugs (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae): species invasive to the US and potential neotropical invaders. *American Entomologist*, 61(4), 223-233. <https://doi.org/10.1093/ae/tmv068>
- Panizzi, A.R., et B.S. Corrêa-Ferreira. (1997). Dynamics in the insect fauna adaptation to soybean in the tropics. *Trends in Entomology*, 1 : 71–88.
- Panizzi, A.R., et F. Slansky Jr. (1985). Review of phytophagous pentatomids (Hemiptera: Pentatomidae) associated with soybean in the Americas. *Florida Entomologist*, 68 : 184–214. <https://doi.org/10.2307/3494344>
- Panizzi, A.R., J.E. McPherson, D.G. James, M. Javahery, et R.M. McPherson. (2000). Stink bugs (Pentatomidae). *Heteroptera of Economic Importance*, pp. 828-840. Boca Raton, London, New York, Washington DC: CRC Press
- Pino, M.R., L. Landesa, J.L. Rodriguez, F. Obelleiro, et R.J. Burkholder. (1999). The generalized forward-backward method for analyzing the scattering from targets

- on ocean-like rough surfaces. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 47(6), 961–969. <https://doi.org/10.1109/8.777118>
- Ramos, Y.G., J.R. Gómez, et I. Klingen. (2017). Seeding dates and cultivars effects on stink bugs population and damage on common bean *Phaseolus vulgaris* L. *Neotropical Entomology*, 46(6) : 701–710. <https://doi.org/10.1007/s13744-017-0512-4>
- Reay-Jones, F.P.F., M.D. Toews, J.K. Greene, et R.B. Reeves. (2010). Spatial dynamics of stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) and associated boll injury in southeastern cotton fields. *Environmental Entomology*, 39(3) : 956–969. <https://doi.org/10.1603/EN09237>
- Reed, D.A., F. Ganjisaffar, J.C. Palumbo, et T.M. Perring. (2017). Effects of temperatures on immature development and survival of the invasive stink bug *Batrachoides hilaris* (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Economic Entomology*, 110(6) : 2497–2503. <https://doi.org/10.1093/jee/tox289>
- Reeves, R.B., J.K. Greene, F.P.F Reay-Jones, M.D. Toews, et P.D. Gerard. (2010). Effects of adjacent habitat on populations of stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae) in cotton as part of a variable agricultural landscape in South Carolina. *Environmental Entomology*, 39(5) : 1420–1427. <https://doi.org/10.1603/EN09194>
- Rice, K. B., C.J. Bergh, E.J. Bergmann, D.J. Biddinger, C. Dieckhoff, G. Dively, H. Fraser, T. Gariepy, G. Hamilton, T. Haye, A. Herbert, K. Hoelmer, C.R. Hooks, A. Jones, G. Krawczyk, T. Kuhar, H. Martinson, W. Mitchell, A.L. Nielsen, D.G. Pfeiffer, M.J. Raup, C. Rodriguez-Saona, P. Shearer, P. Shrewsbury, P.D. Venugopal, J. Whalen, N.G. Wiman, T.C. Leskey, et J.F. Tooker. (2014). Biology, ecology, and management of brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Integrated Pest Management*, 5(3) : A1–A13. <https://doi.org/10.1603/IPM14002>
- Rolston, L. H., et R.L. Kendrick. (1961). Biology of the brown stink bug, *Euschistus servus* Say. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 34(3) : 151–157. <https://www.jstor.org/stable/25083222>
- Santos, Í.T.B.F.D., H.S.S. Pinheiro, V.B.D Santos, L.K.N.D Santana, J.C.M Poderoso, et G.T. Riberio. (2018). Effects of temperature on the development of *Podisus*

- nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae): implications for mass rearing. *Florida Entomologist*, 101(3) : 458–463. <https://doi.org/10.1653/024.101.0303>
- Sibilia, C.D., K.A. Brosko, C.J. Hickling, L.M. Thompson, K.L. Grayson, et J.R. Olson. (2018). Thermal physiology and developmental plasticity of pigmentation in the harlequin bug (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Insect Science*, 18(4) : 4. <https://doi.org/10.1093/jisesa/iey066>
- Silva, F.A.C., J.J. Da Silva, R.A. Depieri, et A.R. Panizzi. (2012). Feeding activity, salivary amylase activity, and superficial damage to soybean seed by adult *Edessa meditabunda* (F.) and *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae). *Neotropical Entomology*, 41(5) : 386–390. <https://doi.org/10.1007/s13744-012-0061-9>
- Silva, M.H., et S.L. Beauvais. (2010). Human health risk assessment of endosulfan. I: Toxicology and hazard identification. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 56(1), 4-17. <https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2009.08.013>
- Sugie, H., M. Yoshida, K. Kawasaki, H. Noguchi, S. Moriya, K. Takagi, H. Fukuda, A. Fujiie, M. Yamanaka, Y. Ohira, T. Tsutsumi, K. Tsuda, K. Fukumoto, M. Yamashita, et H. Suzuki. (1996). Identification of the aggregation pheromone of the brown-winged green bug, *Plautia stali* Scott (Heteroptera: Pentatomidae). *Applied Entomology and Zoology*, 31(3) : 427–431. <https://doi.org/10.1303/aez.31.427>
- Tavanpour, T., A. Sarafrazi, M.R. Mehrnejad, et S. Imani. (2019). Distribution modelling of *Acrosternum* spp. (Hemiptera: Pentatomidae) in south of Iran. *Biologia*, 1–9. <https://doi.org/10.2478/s11756-019-00266-3>
- Tecic, D.L., et J.E. McPherson. (2018). Resurvey of the pentatomoidea (Heteroptera) of the la rue-pine hills research natural area in Union County, Illinois. *The Great Lakes Entomologist*, 37(1) : 30-70. <https://scholar.valpo.edu/tgle/vol37/iss1/4>
- Tillman, P.G. (2006). Sorghum as a trap crop for *Nezara viridula* L. (Heteroptera: Pentatomidae) in cotton in the southern United States. *Environmental Entomology*, 35(3) : 771–783. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-35.3.771>
- Tillman, P.G. (2008). Observations of stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae) ovipositing and feeding on peanuts. *Journal of Entomological Science*, 43(4) : 447–452. <https://doi.org/10.18474/0749-8004-43.4.447>

- Tillman, P.G. (2010). Composition and abundance of stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae) in corn. *Environmental Entomology*, 39(6) : 1765–1774. <https://doi.org/10.1603/EN09281>
- Tillman, P.G. (2010). Parasitism and predation of stink bug (Heteroptera: Pentatomidae) eggs in Georgia corn fields. *Environmental Entomology*, 39(4) : 1184–1194. <https://doi.org/10.1603/EN09323>
- Tillman, P.G. (2011). Influence of corn on stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae) in subsequent crops. *Environmental Entomology*, 40(5) : 1159–1176. <https://doi.org/10.1603/EN10243>
- Tillman, P.G. (2013). Likelihood of stink bugs colonizing crops: a case study in southeastern farmscapes. *Environmental Entomology*, 42(3) : 438–444. <https://doi.org/10.1603/EN12269>
- Tillman, P.G., et T.E. Cottrell. (2016). Stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) in pheromone-baited traps near crop field edges in Georgia, USA. *Florida Entomologist*, 99(3) : 363–371. <https://doi.org/10.1653/024.099.0304>
- Tillman, P.G., T.D. Northfield, R.F. Mizell, et T.C. Riddle. (2009). Spatiotemporal patterns and dispersal of stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae) in peanut-cotton farmscapes. *Environmental Entomology*, 38(4) : 1038–1052. <https://doi.org/10.1603/022.038.0411>
- Tillman, P.G., J.R. Aldrich, A. Khrimian, et T.E. Cottrell. (2010). Pheromone attraction and cross-attraction of *Nezara*, *Acrosternum*, and *Euschistus* spp. stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae) in the field. *Environmental Entomology*, 39(2) : 610–617. <https://doi.org/10.1603/EN09114>
- Tillman, P.G., A. Khrimian, T.E. Cottrell, X. Lou, R.F. Mizell, et C.J. Johnson. (2015). Trap cropping systems and a physical barrier for suppression of stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) in cotton. *Journal of Economic Entomology*, 108(5) : 2324–2334. <https://doi.org/10.1093/jee/tov217>
- Todd, J. W., et D.C. Herzog. (1980). Sampling phytophagous Pentatomidae on soybean. In *Sampling methods in soybean entomology* 37(1) : 438–478. [https://doi.org/10.1007/978-1-4612-9998-1\\_23](https://doi.org/10.1007/978-1-4612-9998-1_23)

- Tozoou, P., W. Poutouli, P. Akantetou, B. Ayeva, N.A. Nadio, M.E. Bokobana, B. Bonfoh, K. Koba, et K. Sanda. (2014). Évaluation des dégâts des punaises (Heteroptera) sur les capsules vertes de cotonnier en fonction des traitements chimiques au Togo. *Sciences de La Vie, de La Terre et Agronomie*, 2 (2). <http://publication.lecames.org/index.php/svt/article/viewFile/420/279>
- Van Scy, A.R., M. Yue, X. Deng, et R.S. Tjeerdema. (2013). Environmental fate and toxicology of methomyl. In *Reviews of environmental contamination and toxicology* 222 : 93-109. Springer, New York, NY. [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4717-7\\_3](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4717-7_3)
- Venugopal, P.D., P.L. Coffey, G.P. Dively, et W.O. Lamp. (2014). Adjacent habitat influence on stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) densities and the associated damage at field corn and soybean edges. *PLoS One*, 9(10) : e109917. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0109917>
- Venugopal, P.D., G.P. Dively, A. Herbert, S. Malone, J. Whalen, et W.O. Lamp. (2016). Contrasting role of temperature in structuring regional patterns of invasive and native pestilential stink bugs. *PLoS One*, 11 (2), e0150649. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0150649>
- Willrich, M.M., B.R. Leonard, et J. Temple. (2004). Injury to preflowering and flowering cotton by brown stink bug and southern green stink bug. *Journal of Economic Entomology*, 97(3) : 924–933. <https://doi.org/10.1093/jee/97.3.924>
- Yu, G., et J. Zhang. (2007). The brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Heteroptera: Pentatomidae) in P.R. China. In "International workshop on biological control of invasive species of forests". (Eds. Y. Wu et X.-y. Wang), 20–25 September 2007, Beijing, China.
- Zahn, D.K., J.A. Moreira, et J.G. Millar. (2008). Identification, synthesis, and bioassay of a male-specific aggregation pheromone from the harlequin bug, *Murgantia histrionica*. *Journal of Chemical Ecology*, 34(2) : 238–251. <https://doi.org/10.1007/s10886-007-9415-x>
- Zerbino, M.S., N.A Altier, et A.R. Panizzi. (2013). Effect of photoperiod and temperature on nymphal development and adult reproduction of *Piezodorus guildinii* (Heteroptera: Pentatomidae). *Florida Entomologist*, 96(2) : 572–583

CHAPITRE III WHICH IS THE BEST SAMPLING TECHNIQUE FOR  
PHYTOPHAGOUS STINK BUGS (HEMIPTERA: PENTATOMIDAE) IN  
FRESH PEA FIELDS?

A. Stirnemann<sup>1</sup>, G. Labrie<sup>2</sup>, A.È. Gagnon<sup>3</sup>, É. Lucas<sup>1</sup>

1. Laboratoire de lutte biologique, Département des sciences biologiques, Université du Québec à Montréal, Montréal, Québec, Canada H3C 3P8  
stirnemann.aurelien@uqam.ca lucas.eric@uqam.ca .

2. Centre de recherche agroalimentaire de Mirabel, Mirabel, Québec, Canada J7N 2X8  
glabrie@cram-mirabel.com

3. Centre de recherche et de développement de Saint-Jean-sur-Richelieu, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Saint-Jean-sur-Richelieu, Québec, Canada J3B 3E6 annie-eve.gagnon@canada.ca

Keywords: *Stink bugs, Edge effect, Monitoring techniques, Pisum sativum*

### 3.1 Abstract

For the past fifteen years, phytophagous stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) caused contamination problems in fresh pea fields in Quebec, Canada. Consequently, since 2013, the industry applies insecticides just before harvest. The decision to apply an insecticide or not is based on the detection of stink bugs in the field. For that, numerous monitoring techniques are available, and it is often difficult to choose the best one. We carried out a two-year field study in Montérégie on 20 fresh pea fields to compare four different monitoring techniques based on their effectiveness and economic cost. Data demonstrated that pheromone traps represent the most economic and effective monitoring technique for adult stink bug. However, there were contradictory results between pheromone traps and the other techniques at the edge of the field. This would suggest that the pheromone traps in field edge could be influenced by signals sent from host plants and from other adult stink bugs. This study demonstrated that the selection of the best sampling technique is a major factor for adequately assess insect populations.

### 3.2 Introduction

As part of an Integrated Pest Management (IPM) system, before controlling potential pests with phytosanitary interventions, it is necessary to assess pest presence and abundance during the vulnerable stages of the crop (Dent, 2000). Different monitoring techniques allow the tracking of pest populations in time and space. The goal of an

effective and reliable monitoring technique is to anticipate pest density which can cause economic losses higher than treatment cost (Petrovskii *et al.*, 2012). Once the pest density exceeds the threshold, the decision is to intervene and implement a control action, usually application of chemical pesticides. An efficient monitoring technique would represent a strong financial advantage since it would prevent unnecessary costs from insecticide application or other pest control methods (Bates *et al.*, 2005). Then identifying a reliable methods to estimate the pest population size is essential to avoid unjustified pesticides application while preventing pest outbreaks.

There are two different types of technique for insect monitoring, which are (i) attractive techniques such as pheromone trap, light trap, and sticky trap and (ii) non-attractive techniques such as visual observation, beat sampling or sweep net. Attractive technique is non-destructive (McCrary, 2018) for the field and it can detect insect even if population density is low (McCrary, 2018). Attractive techniques have often minor costs (McCrary, 2018 ; Cooper & Whitmore, 1990) and limit bias such as those associated with a researcher observational or monitoring skills (Roulston *et al.*, 2007), which are usual drawbacks of non-attractive techniques (Zink & Rosenheim, 2004 ; Ni *et al.*, 2016). Moreover, attractive techniques can attract insects over a long distance (Leskey & Hogmire, 2005). One drawback of these traps is that they provide an estimation of relative rather than absolute population densities (Borges *et al.*, 2011; Southwood, 1978; Petrovskii *et al.*, 2012; Topping & Suderland, 1992). These traps can also introduce but a bias in the population sampling (Baum & Wallen, 2011). For instance, use of sexual pheromones attract only males (Adachi *et al.*, 2007; Suckling *et al.*, 2019). In comparison, non-attractive techniques have the advantage to provide an

accurate estimate of the absolute population density (Mc Cravy, 2018; Borges *et al.*, 2011, Wipfli *et al.*, 1989). However, previous studies demonstrated that non-attractive techniques failed at efficiently sampling highly mobile species (Rudd & Jenson, 1977). In light of those details, selecting the right monitoring technique can be challenging (McCrary, 2018).

For some pest such as stink bugs, several monitoring techniques are available, such as sweep net, beat sampling, pheromone trap, light trap or sticky trap according to crop and economic thresholds established (Herbert & Harper, 1983, Bundy & McPherson, 2000; Cullen & Zalom, 2005; Nielsen *et al.*, 2011; Rea *et al.*, 2002). Stink bugs represent a major pests threatening economically important crops around the world (Panizzi, 1997). By sucking plant fluids (McPherson & McPherson, 2000; Panizzi *et al.*, 2000), they inject an enzyme in the phloem which causes malformations of seeds and fruits to fall from the plants, leading to yield losses (Panizzi *et al.*, 2000). Stink bugs are especially difficult to manage because they are highly mobile and polyphagous pests (McPherson & McPherson, 2000).

Monitoring techniques relying on the use of semiochemical compounds (mass trapping, the lure and kill technique) are recommended by many stink bugs experts. Sexual and aggregation pheromones are the two types of semiochemical compounds used in stink bug traps. Sexual pheromones attract mature males or females for copulation (Borges *et al.*, 2011). An aggregation pheromone is produced by males and attract both sexes along with nymphs, and is used for defense, reproduction and foraging (Cökl & Borges, 2017b). Pheromone traps have many advantages: they are cheap, they have a great

attractive force (Leskey & Hogmire, 2005), they work well at low pest density and below the economic threshold (Borges *et al.*, 2011; Cullen & Zalom, 2005; Cullen & Zalom, 2000). Furthermore, if the field is inhabited by phytophagous stink bugs complex (Brenan *et al.*, 2013), one pheromone trap is still efficient thanks to cross attraction (Tillman *et al.*, 2010). These monitoring techniques are sufficiently time-sensitive to assess the presence of the pest at a certain time, yielding to a better efficiency in the control of insect population. Thus, these techniques allow early interventions to reduce the total number of pesticide applications during the growing season (Borges *et al.*, 2011).

Most studies advocate for the use of pheromone traps, they still have drawbacks. For example, stink bugs have a high rate of escape from the traps (Leskey & Hogmire, 2005). This problem could significantly reduce stink bugs captures in pheromone traps and underestimate the stink bug populations as a monitoring tool in pest management programs.

In Quebec, one species of stink bug, the brown stink bug *Euschistus servus euschistoides* (Vollenhoven) 1868 (Pentatomidae: Pentatominae), is particularly detrimental to fresh pea industry. The brown stink bug is known to be a pest for several crops such as corn, soybean, peanut, wheat (Jones & Sullivan, 1982; Olson *et al.*, 2011; Reisig, 2011) and cause economic losses. However, the case of Quebec is special because their presences in pea field does not cause direct damages. The issue in this crop is a contamination at harvest (Stirnemann *et al.*, 2020). In Quebec, the current method for validating the presence of stink bugs in pea fields is the use of pheromone

trap. However, this technique has never been validated and the accuracy with which it assesses the stink bugs population density in the field remains to be established. Regarding the economic and environmental impacts of insecticide use in crop fields, it is crucial to better characterize the monitoring methods used to sample phytophagous stink bugs in pea fields. The importance of such studies is growing due to the recent increase in the abundance of native stink bug species such as the brown stink bug *Euschistus servus* (Say) 1832, or green stink bug *Chinavia hilaris* (Say) 1831 in North America (Hunt *et al.*, 2011; Michel *et al.*, 2013).

The objectives of this study were to compare four monitoring techniques for stink bugs in fresh pea fields in Quebec according to i) the developmental stage of stink bugs captured; ii) their representativeness of the distribution of stink bugs in the field and iii) their cost. The results will allow us to determine a valid and sustainable monitoring technique for IPM of stink bugs in fresh pea fields.

### 3.3 Materials and methods

#### 3.3.1 Sampling sites

A total of twenty commercial plots in different fields of processing fresh peas were set-up for this study, distributed evenly between the two years (2016 & 2017). These fields were in the region of Montérégie-Est, which is the main pea growing region in the province of Québec, Canada. Cultivars selected by the industry were Ambiance ( $n = 5$ ), Geer ( $n = 1$ ), Lil'Mo ( $n = 1$ ), Nitro ( $n = 5$ ) and PA0826 ( $n = 8$ ). Sowing dates

extended from 29 April to 12 May in 2016 and from 29 April to 24 May in 2017. For details on site coordinates, see Stirnemann *et al.* (2020, Chapitre 2).

### 3.3.2 Monitoring techniques

In all fields, three monitoring techniques were tested simultaneously during both years: visual observation, beat sampling and pheromone trap.

Light traps were tested only in 2017 ( $n=10$ ). In each field, the sampling layout included three transects spaced 25 m apart placed perpendicular to the field edge and parallel to the road. The field edge is an area between the pea field and the adjacent field (soybean or corn). Each transect was marked for sampling plots (visual observation and beat sampling) at distances of 0, 5, 10 and 50 m from field edge to field center for a total of 12 sampling points per field (Figure 3.1). Sampling was conducted weekly from the moment that peas reached a height of 10 cm until harvest for at least four sampling dates in each field.

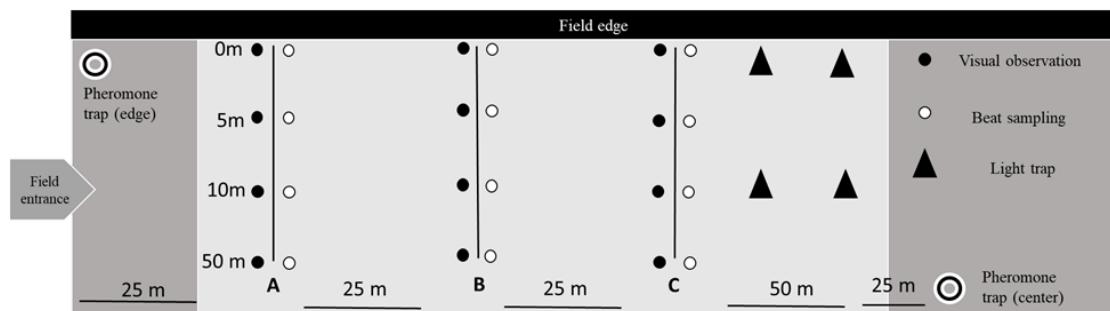


Figure 3.1 : Sampling plan for the Pentatomidae captures in fresh pea fields (2016-2017) in Quebec, Canada with four different monitoring techniques: visual observation, beat sampling, pheromone traps and light traps.

Visual observation. For each sampling plot, stink bugs (adults and nymphs) were collected manually on all pea plants found in a circular quadrat (40 cm diameter, 1,256 cm<sup>2</sup>).

Beat sampling. Along the same transect, beat samplings were performed two meters apart from the visual observation quadrats (*Figure 3.1*). The material for beat sampling consisted of a sheet of white canvas stretched by two pieces of wood with a width of 26 cm and a length of 102 cm, which was placed under the leaves of pea plants between two rows. Plants were hit five times on both sides of the row to provoke arthropods falling on the sheet.

Pheromone traps. Two pyramidal traps (DEAD-INN Pyramid Trap – 120 cm height; AgBio<sup>®</sup>) were installed in sampled fields with a mix of two aggregation pheromones (« XtraCombo », AgBio Inc.<sup>®</sup>) : the male brown stink bug *H. halys* aggregation pheromone which have two main compound : (3S, 6S, 7R, 10S)-10, 11-epoxy-1-bisabolen-3-ol et (3S, 6S, 7R, 10R)-10, 11-epoxy-1-bisabolen-3-ol (Khrimian *et al.*, 2014) ; and the male brown-winged green bug *Plautia stali* Scott 1874 (Hemiptera: Pentatomidae) aggregation pheromone which have 2,4,6, E,E,Z méthyl-decatrienoate (MDT) as main compound (Sugie *et al.*, 1996). These pheromones are considered generalist, as they can attract various species of stink bugs (Aldrich *et al.*, 1991; Harris & Todd, 1980; Zahn *et al.*, 2008). An insecticidal ear tag (Dichlorvos 10%,

Vaportape®) was added to the pheromone traps to limit escape and interactions with other arthropods captured. A first pheromone trap was installed 0.2 m from the edge at the entrance of the field (as currently used by the industry) (edge trap), and a second trap was placed inside the field at 150 m from the first trap to avoid interference (Nielsen *et al.*, 2011) and 50 m from the edge (center trap) (*Figure 3.1*). Pheromones were changed every four weeks.

**Light traps.** Light traps were made from bottles and solar lamps (1.2 lumen) according to a precise construction method (Supplementary materials). Four traps were planted in the ground for each field, 0 and 10 m from the edge, between pea field and adjacent field, on two different transects and 50 m apart those used for visual observations and beat sampling (*Figure 3.1*). This technique was performed only in 2017.

### 3.3.3 Identification

All collected individuals from each monitoring technique were transferred to the laboratory and identified to the species level using morphological traits (Paiero *et al.*, 2013). All immature individuals were kept under controlled conditions (23 ° C, 16L: 8D), with a supply of beans, pumpkin seeds, and water, until they reached the adult stage for optimal identification (Munyaneza & McPherson, 1994). For each species found, the identification of at least one individual has been validated by the Laboratoire d'expertise et de diagnostic en phytoprotection of the Quebec Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (MAPAQ). Voucher specimens have been deposited in the biological control laboratory, UQAM, Montreal, Canada.

### 3.3.4 Economic analysis

The costs considered for each monitoring technique were the amount (\$ CAN) for short and long-term material use as well as labor. The short-term material, called consumables, is what must be bought every year. The long-term material, called material, is what must be bought only once and will be reused from one year to the next (i.e. pheromone traps). To see in detail the cost for each technique, see *Table 3.1 (Supplementary materials)*. Costs are based on three monitoring events per season and calculated for one hectare. The number of stations or traps per hectare are based on the following recommended rates: two for pheromone traps (Borges *et al.*, 2011; Wilson *et al.*, 2017; Walgenbach, 2017), ten for light traps (Bowden, 1982; Truxa & Fiedler, 2012), 12 for beat sampling and 12 for visual observations. Labor was calculated by multiplying time spent in field and hourly rate of local agronomists (138\$/hr without grant) (Labrie *et al.*, 2017). We consider time spent to (1) move between traps or stations, (2) collect stink bugs, (3) install the trap or prepare the station. We calculated the cost for one year, and the cumulative costs of using each technique for five years.

Statistics. *Efficiency of captures.* For light traps and pheromone traps, the mean stink bugs capture per trap per day was compared with a Wilcoxon test. The same test was used to compare the number of captures for the beat sampling and the visual observation, but with the mean of captures per week per field.

*Distance.* For beat sampling and visual observation, captures were summed for the whole season for each distance per field (n=20 for each distance). Then, to verify the

edge effect on the number of captures, ANOVA was applied to compare the mean of captures per distance. Before performing the statistical analysis, the homogeneity of variances was verified with the Levene tests and the normality of model's residuals was verified with the Shapiro-Wilk test. To compare the number of captures of stink bugs between distances, a post-hoc Tukey test was applied. For light trap and pheromone trap, Kruskall-Wallis test was applied to compare position effect of trap, with mean number of captures per trap per day. All statistical analyses were performed in R (R Core Team, 2019).

### 3.4 Results

#### 3.4.1 Stink bugs captures

On average, pheromone traps captured 30 times more individuals per trap per day than light traps ( $W_{44} = 184.5$ ;  $p = <0.0001$ ; *Figure 3.2A*). Pheromone traps and light traps captured only adult stages (*Figure 3.2C*). In contrast, visual observation and beat sampling captured nymphs (*Figure 3.2C*), but the number caught was similar between the two techniques ( $W_{88} = 3694.5$ ;  $p = 0.308$ ; *Figure 3.2B*). Nonetheless, more adults

were captured with beat sampling than visual observation ( $W_{88} = 4691$ ;  $p = 0.001$ ; *Figure 3.2B*).

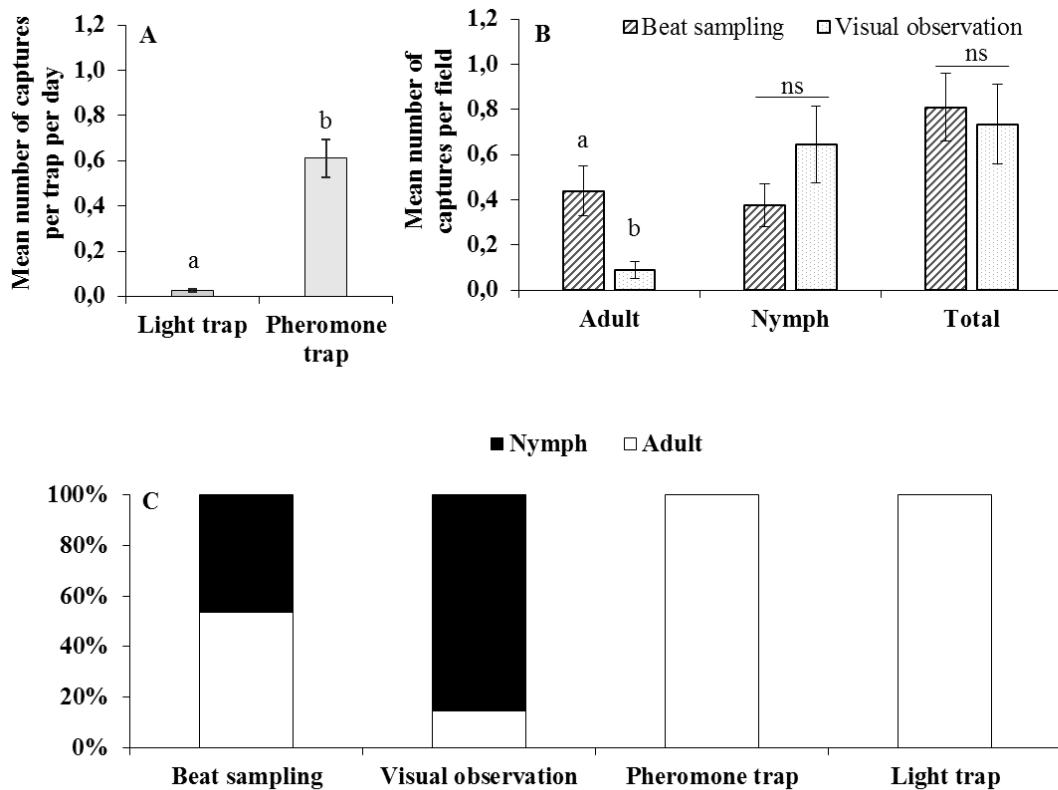


Figure 3.2. Comparison of the number of captures of nymphs and adults between four monitoring techniques : visual observation, beat sampling, pheromone trap, light trap. **A.** Mean number of stink bugs captured per light trap and pheromone trap per day per field. **B.** Mean number of stink bugs (nymphs and adults) captured with beat sampling and visual observation per week per field **C.** Proportion of nymph and adult stink bugs captured in fresh pea field according to different monitoring techniques. Different letters above histograms indicate significant differences ( $p < 0.05$ ) under a Tukey test.

### 3.4.2 Edge effect

With visual observation, there was no significative difference in the number of captures between sampling points, no matter the distance from the edge considered but a tendance can be observed with decreasing numbers of captures when we move away from the edge ( $F_3 = 1.3$ ;  $p = 0.089$ ; *Figure 3.3A*). With beat sampling there were more captures in the edge (0 m) than at 10 m ( $F_3 = 3,92$ ;  $p = 0.01$ ) and 50 m ( $F_3 = 3,92$ ;  $p = 0.006$ ) (*Figure 3.3B*). There was also an edge effect with light traps, with ten times more captures in the light trap at 10m than the light trap at 0m from the edge ( $W_{45} = 1333.5$ ;  $p = 0.002$ ; *Figure 3.3C*). On the opposite, there was three times more stink bugs in pheromone traps in the center trap than in the edge trap ( $W_{77} = 1567$ ;  $p < 0.0001$ ; *Figure 3.3D*).

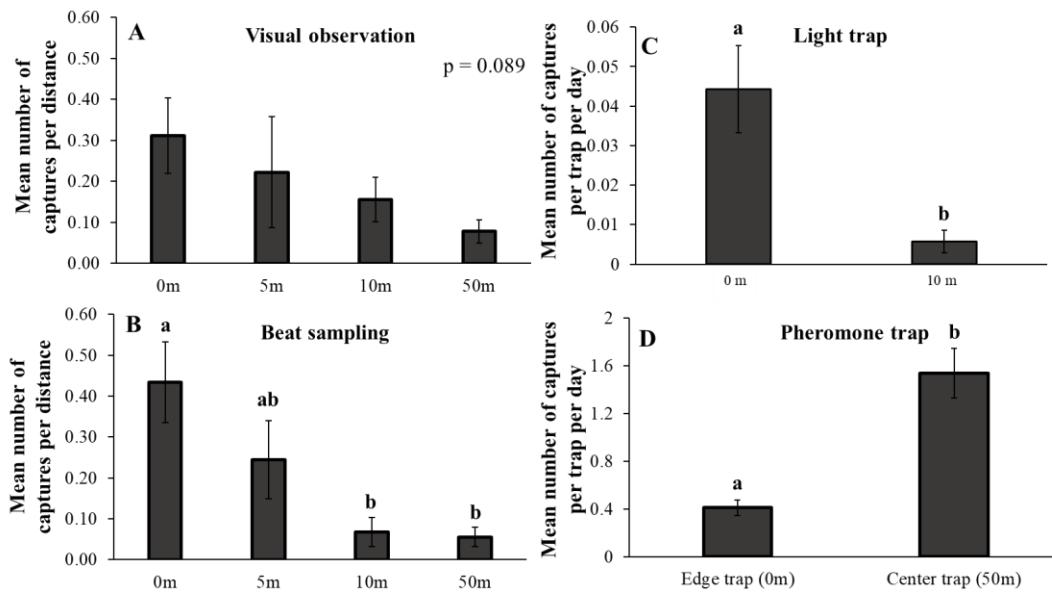


Figure 3.3: Comparison of the number of captures between the distance from the edge

for different monitoring techniques. **A.** Visual observation; **B.** Beat sampling; **C.** Light trap; **D.** Pheromone trap. Different letters above histograms indicate significant differences ( $p < 0.05$ ) under a Tukey test.

### 3.4.3 Economic analysis

Pheromone traps represent the most economic monitoring technique for the first year of implantation (*Figure 3.4A*) and the subsequent ones over a period of five years (*Figure 3.4B*). After the pheromone trap, the most economical techniques are respectively beat sampling, visual observation, and light trap. Particularly, the labor of these three techniques is at least two times and half higher than the pheromone trap. This difference in cost between pheromone traps and other techniques increase with time to reach 1,000\$CAN for beat sampling, almost 1,500\$CAN for light trap and 1,700\$CAN for visual observation after five years (*Figure 3.4C*).

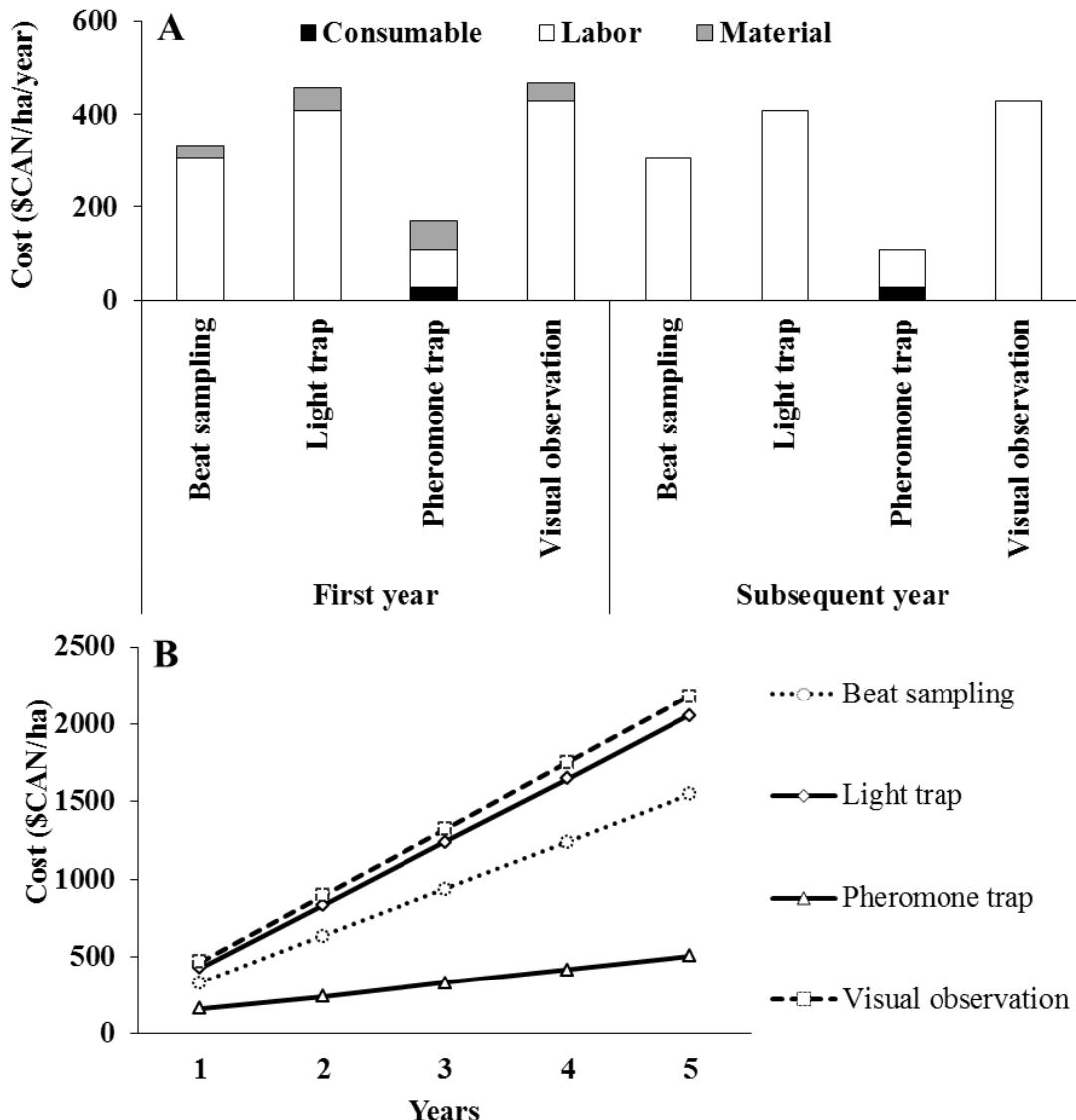


Figure 3.4. Economic comparison of four monitoring techniques : pheromone trap, light trap, visual observation and beat sampling. **A.** Comparison of costs per season per ha (\$CAN) for the first year and comparison of costs per season per ha (\$CAN) for the following years. **B.** Comparison of five-years cumulative costs per ha (\$CAN).

### 3.5 Discussion

Four monitoring techniques were compared in different ways. Pheromone traps were more effective to capture adult stink bugs than other techniques and are also the less expensive tools. However, beat sampling and visual observation can capture all insect developmental stages. Finally, a reverse edge effect was observed with pheromone traps, which was not observed with other monitoring techniques.

For attractive techniques, the capture's efficiency of pheromone traps is better than light traps. For non-attractive techniques, it was the beat sampling which was able to capture more stink bugs than the visual observation. Those results could be explained by different attractive forces, by number of replicates and density of population.

In this study, light traps captured 30 times less individuals than pheromone traps. This is not surprising because pheromone traps are known to have a great attractive force (Leskey & Hogmire, 2005) allowing a better detection at low insect density (Borges *et al.*, 2011; Cullen & Zalom, 2005; Cullen & Zalom, 2000). The capacity of light traps to capture depends on the color and on the intensity of the light, with a positive relationship between the number of captures and light intensity (Bae *et al.*, 2019; Cambridge *et al.*, 2017). Light traps used in this study had a weak intensity (1.2 lumen), so it is not surprising to see a small number of captures with this monitoring technique (0.02 capture/trap/day). Despite that, light traps are used around the world to monitor stink bugs (Blinka *et al.*, 2007; Endo, 2016; Katayama *et al.*, 1993; Moriya *et al.*, 1987) with specific wavelength. For example, blacklight trapping can improve the monitoring

of *C. hilaris* in vegetable and row crops (Kamminga *et al.*, 2012). This technique can capture more than pheromone traps (Khrimian *et al.*, 2008), but it depends on the species (Lee *et al.*, 2002) and moment in the season (Tada *et al.*, 2001). Indeed, light traps have advantages because stink bugs are generally difficult to monitor as they can be considered as a nocturnal insect for certain species such as the brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* (Stål) 1855 (Leskey *et al.*, 2012; Leskey *et al.*, 2016). Regarding the brown stink bug, *E. servus euschistoides*, this diurnal species is more active in early mornings and evenings than in the midafternoon (Ni *et al.*, 2016).

Surprisingly, no nymphs were captured neither in pheromone, nor in light traps in contrast with several other studies (Weber *et al.*, 2020 ; Hadden *et al.*, 2021 ; Endo, 2016). There were some concerns that using pheromone traps may not be suitable to predict the real population size in the field, as the trap mainly sampled the adult population, as shown in the study by Borges *et al.* (2011). This difference among the studies in terms of developmental stages could be caused by a difference in nymphal dispersal capacity according to the species (Lee *et al.*, 2014a, 2014b), distraction of nymphs by other chemical compounds (Borges & Aldrich, 1992; Fucarino *et al.*, 2004; Zahn *et al.*, 2008) such as defensive compounds (Moraes *et al.*, 2008; Pareja *et al.*, 2007) or use of unappropriate pheromone. Indeed, the main component of the aggregation pheromone in males of *Euschistus* spp., methyl (2 E ,4 Z )-decadienoate, identified by Aldrich *et al.* (1991) attracts males, females and nymphs of *E. servus* and other species of the genus *Euschistus*. This pheromone was the most efficient to capture *E. servus* in peanut and cotton fields (Cottrell, 2001; Krupke *et al.*, 2001, 2006 ; Tillman *et al.*, 2010). As the main species sampled in this study is the brown stink bug *E. servus*

*euschistoides*, perhaps the use of this specific pheromone could be more appropriate (Stirnemann *et al.*, 2020) than the pheromone used in this study. If nymphs are a problematic for the contamination of peas, possibly because of its green color, then the use of monitoring techniques such as beat sampling or visual observation seems to detect their presence in the field.

Visual observation captures less stink bugs than beat sampling, a similar result of what was observed in a study in soybean in Korea where the number of captures with beat sampling was two times higher than with visual observation (Bae *et al.*, 2007). Visual observation is well-known to have the main advantage to monitor individuals from within-field populations (Coli *et al.*, 1985), and can be used to evaluate or to compare other sampling techniques for phytophagous stink bugs (Bowling, 1969; Espino *et al.*, 2008; McPherson et McPherson, 2000). However, beat sampling is largely used for stink bugs such as in leguminous crop in Brazil (Bueno *et al.*, 2013). Furthermore, the number of captures with beat sampling can show a positive correlation with population density measured by visual observation, for *Euschistus heros* (Borges *et al.*, 2011). This relationship is density-dependant and could be explained by the weakness to capture individuals at very low population density (Borges *et al.*, 2011). Indeed, when density is below a threshold with low density, pheromone trap is often better to capture stink bugs than beat sampling and visual observation. For example, field experiments in Brazil demonstrated that the pheromone-baited traps was more efficient in terms of number of captures than the beat sampling even at population densities lower than the economic threshold in soybean (4 individuals/m<sup>2</sup>) (Embrapa Soja, 2008).

Pheromone traps are more effective to capture stink bugs, and they are also the less expensive technique on short and long term. This is why, its use became common, such as with yellow pyramid pheromone traps used in orchard to monitor native *Euchistus* spp. stink bugs in U.S. (Hogmire & Leskey, 2006; Leskey & Hogmire, 2005). If we need to capture all developmental stages of the stink bugs, beat sampling become the less expensive technique, and if we consider that the nymphs can represent the source of contamination, this technique should be prioritized. Visual observation requires high number of stations and meticulous observations (Coli *et al.*, 1985) which reflect into a time-consuming technique (Toews *et al.*, 2008). Therefore, visual observation has higher costs and is not employed for stink bugs monitoring. Furthermore, this technique is ineffective to detect at low population density of stink bugs such has observed in fruit orchards with *H. halys* (Leskey *et al.*, 2012). Visual observation is still useful to monitor species for which no pheromone lures are available (Boissard *et al.*, 2008; Coli *et al.*, 1985; Liu *et al.*, 2002), but should not be recommended for stink bugs in fresh peas in Quebec.

An edge effect, with more captures near the edge than the center of the field was observed for beat sampling and light trap while it was the opposite with pheromone traps. Many monitoring techniques such as pheromone traps have shown the presence of more capture near the edge than the center of the field with other species of stink bug such as *E. conspersus*, *A. hilare*, *N. viridula* or *H. halys* (Bergh *et al.*, 2017; Cullen & Zalom, 2005; Guerra & Garcia, 1982; Mizell *et al.*, 2008). Indeed, the distribution of stink bug populations is often non-random with a decreasing abundance from the edge to the center of the field. The field edges and the nature of the adjacent fields have

a strong impact on abundance of stink bugs and associated risks of crop damages (Babu *et al.*, 2019; Duke, 2018; Reeves *et al.*, 2010 ; Rice *et al.*, 2017, Venugopal *et al.*, 2014). This phenomenon has already been demonstrated in several crops including tomatoes, wheat, and cotton (Nakasuji *et al.*, 1965; Reay-Jones, 2010; Reay-Jones *et al.*, 2009; Reeves *et al.*, 2010; Tillman, 2010). Adjacent crops (soybean and corn) have no influence on the number of captures of stink bugs in this study according to Stirnemann *et al.* (2020). Then, the field edge can be an explanation to this non-random distribution of stink bugs in fresh pea fields. Indeed, the presence of host plants at the edges, which offer food, reproduction, and hibernation sites (Altieri & Letourneau, 1982; Barbosa, 2003), can explain the higher density and distribution observed near them (McPherson & McPherson, 2000). Most of the time, this higher density near the edge is attributed to the proximity of traps to overwintering habitats (Bergh *et al.*, 2017; Cullen et Zalom, 2005; Guerra et Garcia, 1982; Mizell *et al.*, 2008). Then, the application of a preventive control treatment next to the edge within the field when the first insects are trapped in the field may help to reduce the use of insecticides by the application in only a small area early in the season (Borges *et al.*, 2011). However, such applications are to be avoided in the case where the border is a riparian strip. Indeed, riparian strip are known to be area of pesticide's retention (Rasmussen *et al.*, 2011) which can negatively affect ecosystem (Solis *et al.*, 2018).

The difference in the number of captures according to distance of the edge in this study confirms the presence of an edge effect except for pheromone traps that shown a reverse edge effect. Olfactory competition could explain this non-random distribution toward the center of the field with the use of pheromone traps. Indeed, studies have

shown that pheromone traps can be sensitive to olfactory disturbances such as the production of pheromones by individuals nearby the trap and especially when they are in high abundance (Adachi *et al.*, 2007; Hardee *et al.*, 1970; Millar *et al.*, 2010; Nakamura, 1982; Teulon *et al.*, 2018). The presence of more attractive odors than the pheromones or in greater quantity can explain why stink bugs avoid the trap (Pease & Zalom, 2010; Wallingford *et al.*, 2013). Thus, the nature of adjacent fields or field edges could potentially represent acceptable host plants attracting stink bugs and disturbing the captures in pheromone traps (Čokl & Borges, 2017a). In this study, no difference was found in the trapping efficiency in pheromone traps according to adjacent fields of corn or soybean (Stirnemann *et al.*, 2020). The field edge can have a higher influence than adjacent fields on stink bugs abundance as observed for *E. servus euschistoides* (Jones & Sullivan, 1982) and *H. halys* (Leskey *et al.*, 2012b). In 2017, visual observations of stink bugs in edges were done for all fields (n=10, data not shown). Stink bugs were captured on only six plant species found on the edge of the field but more particularly on raspberry *Rubus idaeus* (L.) and sensitive fern *Onoclea sensibilis* (L.). The occurrence of these plants can be the origin of an odor disturbance that can distract stink bugs from pheromone trap. The use of plant trap such as mullein (*Verbascum* spp.: Scrophulariaceae) combined with aggregation pheromones to retain populations in field edges has been explored in numerous studies (Krupke *et al.*, 2001; Morrison *et al.*, 2016a; Nielsen *et al.*, 2016; Tillman *et al.*, 2015).

It is important to notice that communication in stink bugs is not only based on odors but also on visual and sound signals sent by other individuals of the same species, especially for short distance (Čokl *et al.*, 2019). For example, adult stink bugs on host

plants send sound and visual signals to stimulate research and reproduction behaviors as well as indicate the place of reproduction (Čokl *et al.*, 1999; McBrien *et al.*, 2002). The presence of these supplementary signals can distract stink bugs from the attractive pheromone. That could explain the lower number of captures with pheromone trap nearby the edge.

Conclusion. Pheromone traps represent the best monitoring technique to detect the presence of stink bugs in pea fields. Indeed, pheromone traps are the most economical technique that can detect stink bugs populations at low density. Therefore, this monitoring technique is largely used across the world in many crops. Nonetheless, this technique has some disadvantages such as the absence of capture of nymph. If nymph is part of contamination's problem, beat sampling seems to be the most appropriate technique. The opposite edge effect observed with pheromone traps demonstrate the importance of the trap's position on the efficiency of capture. Furthermore, pheromone traps on the center can attract more stink bugs in the field and even increase damages in row crop (Leskey & Hogmire, 2005; Morrison *et al.*, 2016a). Perhaps, the use of pheromone traps, in pea field, with optimized olfactory and visual stimuli including the aggregation pheromone of dominant species *E. servus euschistoides* and specific wavelengths of light could provide a much more sensitive monitoring tool that is attractive during the whole season including stink bugs present in field's edge (Leskey *et al.*, 2012b; Moraes *et al.*, 2008; Rice *et al.*, 2017).

### 3.6 Aknowledgements

Thanks to all members from the Biological control lab of Science Biological at the University of Quebec in Montreal and CEROM (Centre de recherche sur les grains). Thanks to Jill Vandermeerschen for her advice with statistics. Thanks to Marianne Bessette for his help in field sampling. This research was supported by MITACS Accelerate. Funding was provided by the Programme Prime-Vert (MAPAQ) #CERO-1-15-1730

### 3.7 References

- Adachi, I., Uchino, K., & Mochizuki, F. (2007). Development of a pyramidal trap for monitoring fruit-piercing stink bugs baited with *Plautia crossota stali* (Hemiptera: Pentatomidae) aggregation pheromone. *Applied Entomology and Zoology*, 42(3), 425-431. <https://doi.org/10.1303/aez.2007.425>
- Aldrich, J. R., Khrimian, A., Chen, X., & Camp, M. J. (2009). Semiochemically based monitoring of the invasion of the brown marmorated stink bug and unexpected attraction of the native green stink bug (Heteroptera: Pentatomidae) in Maryland. *Florida Entomologist*, 92(3), 483–491.
- Aldrich, Jeffrey R., Hoffmann, M. P., Kochansky, J. P., Lusby, W. R., Eger, J. E., & Payne, J. A. (1991). Identification and attractiveness of a major pheromone component for Nearctic *Euschistus* spp. stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae). *Environmental Entomology*, 20(2), 477–483. <https://doi.org/10.1093/ee/20.2.477>
- Altieri, M. A., & Letourneau, D. K. (1982). Vegetation management and biological control in agroecosystems. *Crop Protection*, 1(4), 405–430. [https://doi.org/10.1016/0261-2194\(82\)90023-0](https://doi.org/10.1016/0261-2194(82)90023-0)

- Babu, A., Reisig, D. D., Walgenbach, J. F., Heiniger, R. W., & Everman, W. (2019). Influence of weed manipulation in field borders on brown stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) densities and damage in field corn. *Environmental Entomology*, 48(2), 444–453. <https://doi.org/10.1093/ee/nvz016>
- Bae, S.-D., Kim, H.-J., Lee, G.-H., & Park, S.-T. (2007). Development of observation methods for density of stink bugs in soybean field. *Korean Journal of Applied Entomology*, 46(1), 153–158. <https://doi.org/10.5656/KSAE.2007.46.1.153>
- Bae, S., Yi, H., Yoon, Y., Jang, Y., Kim, Y., & Maharjan, R. (2019). Attraction of stink bugs to rocket traps with different combinations of wing and landing board color. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 22(1), 243–249. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2019.01.007>
- Barbosa, P. (2003). *Conservation Biological Control*. Academic Press, San Diego, USA. 395p.
- Bariselli, M., Bugiani, R., & Maistrello, L. (2016). Distribution and damage caused by *Halyomorpha halys* in Italy. *Eppo Bulletin*, 46(2), 332–334. <https://doi.org/10.1111/epp.12289>
- Bates, S. L., Zhao, J. Z., Roush, R. T., & Shelton, A. M. (2005). Insect resistance management in GM crops: past, present and future. *Nature Biotechnology*, 23(1), 57–62. <https://doi.org/10.1038/nbt1056>
- Baum, K. A., & Wallen, K. E. (2011). Potential bias in pan trapping as a function of floral abundance. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 84(2), 155–159. <https://doi.org/10.2317/JKES100629.1>
- Bergh, J. C., Morrison, W. R., Joseph, S. V., et Leskey, T. C. (2017). Characterizing spring emergence of adult *Halyomorpha halys* (Hemiptera : Pentatomidae) using experimental overwintering shelters and commercial pheromone traps. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 162(3), 336–345. <https://doi.org/10.1111/eea.12539>
- Blinka, E. L., Bachelor, J., Bradley, J. R., & Van Duyn, J. W. (2007). Stink bug distribution based on black light trap captures across North Carolina in relation to surrounding agricultural host plant ratios. *Proc. Beltwide Cotton Conf.*, New Orleans, LA, 9–12.

- Boissard, P., Martin, V., et Moisan, S. (2008). A cognitive vision approach to early pest detection in greenhouse crops. *Computers and Electronics in Agriculture*, 62(2), 81–93. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2007.11.009>
- Borges, M., & Aldrich, J. R. (1992). Instar-specific defensive secretions of stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae). *Experientia*, 48(9), 893–896. <https://doi.org/10.1007/BF02118429>
- Borges, M., Schmidt, F. G. V., Sujii, E. R., Medeiros, M. A., Mori, K., Zarbin, P. H. G., & Ferreira, J. T. B. (1998). Field responses of stink bugs to the natural and synthetic pheromone of the Neotropical brown stink bug, *Euschistus heros* (Heteroptera: Pentatomidae). *Physiological Entomology*, 23(3), 202–207.
- Borges, M., Moraes, M. C. B., Peixoto, M. F., Pires, C. S. S., Sujii, E. R., & Laumann, R. A. (2011). Monitoring the Neotropical brown stink bug *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera : Pentatomidae) with pheromone-baited traps in soybean fields. *Journal of Applied Entomology*, 135(1-2), 68–80. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2010.01507.x>
- Bowden, J. (1982). An analysis of factors affecting catches of insects in light-traps. *Bulletin of Entomological Research*, 72(4), 535–556. <https://doi.org/10.1017/S0007485300008579>
- Bowling, C. C. (1969). Estimation of rice stink bug populations on rice. *Journal of Economic Entomology*, 62(3), 574–575. <https://doi.org/10.1093/jee/62.3.574>
- Brennan, S. A., Liburd, O. E., Eger, J. E., & Rhodes, E. M. (2013). Species composition, monitoring, and feeding injury of stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae) in blackberry. *Journal of Economic Entomology*, 106(2), 912-923. <https://doi.org/10.1603/EC12415>
- Bueno, A. F., Paula-Moraes, S. V., Gazzoni, D. L., & Pomari, A. F. (2013). Economic thresholds in soybean-integrated pest management: old concepts, current adoption, and adequacy. *Neotropical Entomology*, 42(5), 439–447. <https://doi.org/10.1007/s13744-013-0167-8>
- Bundy, C. S., & McPherson, R. M. (2000). Dynamics and seasonal abundance of stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae) in a cotton–soybean ecosystem. *Journal of Economic Entomology*, 93(3), 697–706. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-93.3.697>

- Burks, C., Higbee, B., & Beck, J. (2017). Comparison of monitoring techniques in and near almonds and pistachios under mating disruption treatment for navel orange worm. *VII International Symposium on Almonds and Pistachios*, 1219, 331–338.
- Cambridge, J. E., Francoeur, L., & Hamilton, G. C. (2017). Brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) attraction to various light stimuli. *Florida Entomologist*, 100(3), 583–588. <https://doi.org/10.1653/024.100.0315>
- Cardé, R. T., Bau, J., & Elkinton, J. S. (2018). Comparison of attraction and trapping capabilities of bucket-and delta-style traps with different pheromone emission rates for gypsy moths (Lepidoptera: Erebidae): implications for understanding range of attraction and utility in surveillance. *Environmental Entomology*, 47(1), 107–113.
- Cherry, R., & Wilson, A. (2011). Flight activity of stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) pests of Florida rice. *Florida Entomologist*, 94(2), 359–360.
- Čokl, A., Virant-Doberlet, M., et McDowell, A. (1999). Vibrational directionality in the southern green stink bug, *Nezara viridula* (L.), is mediated by female song. *Animal Behaviour*, 58(6), 1277–1283. <https://doi.org/10.1006/anbe.1999.1272>
- Čokl, A., et Borges, M. (2017a). *Stinkbugs: Biorational control based on communication processes*. CRC Press, Boca Raton, Floride, États-Unis, 276 p. <http://doi.org/10.1201/9781315120713>
- Čokl, A., & Borges, M. (2017b). Use of pheromones for monitoring phytophagous stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae). In *Stinkbugs* (p. 230–245). CRC Press.
- Čokl, A., Žunič-Kosi, A., et Laumann, R. A. (2019). Stink bug communication with multimodal signals transmitted through air and substrate. *Emerging Science Journal*, 3(6), 407–424. <https://doi.org/10.28991/esj-2019-01203>
- Coli, W. M., Green, T. A., Hosmer, T. A., & Prokopy, R. J. (1985). Use of visual traps for monitoring insect pests in the Massachusetts apple IPM program. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 14(3-4), 251–265. [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(85\)90040-4](https://doi.org/10.1016/0167-8809(85)90040-4)
- Cooper, R. J., & Whitmore, R. C. (1990). Arthropod sampling methods in ornithology. *Studies in Avian Biology*, 13(1), 29-37.

- Cottrell, T. E. (2001). Improved trap capture of *Euschistus servus* and *Euschistus tristigmus* (Hemiptera: Pentatomidae) in pecan orchards. *Florida Entomologist*, 84 :731-732. <https://doi.org/10.2307/3496414>
- Cullen, E. M., & Zalom, F. G. (2005). Relationship between *Euschistus conspersus* (Hem., Pentatomidae) pheromone trap catch and canopy samples in processing tomatoes. *Journal of Applied Entomology*, 129(9-10), 505–514. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2005.01013.x>
- Cullen, Eileen M., & Zalom, F. G. (2000). Phenology-based field monitoring for consperse stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) in processing tomatoes. *Environmental Entomology*, 29(3), 560–567. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-29.3.560>
- da Silva, V. P., Pereira, M. J. B., Vivan, L. M., Blassioli-Moraes, M. C., Laumann, R. A., & Borges, M. (2014). Monitoring of the brown stink bug *Euschistus heros* (Hemiptera : Pentatomidae) with sex pheromone in soybean fields. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 49(11), 844–852. <https://doi.org/10.1603/EC13272>
- Dent D. (2000). Insect pest management. CAB International; Wallingford, UK.
- Duke, S. (2018). The stink bug complex in Alabama field crops with a focus on the brown marmorated stink bug. <http://hdl.handle.net/10415/6216>
- Elkinton, J. S., & Cardé, R. T. (1988). Effects of intertrap distance and wind direction on the interaction of gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) pheromone-baited traps. *Environmental Entomology*, 17(5), 764–769. <https://doi.org/10.1093/ee/17.5.764>
- Embrapa (2008). Tecnologias de produção de soja-Região Central do Brasil 2009 e 2010. Embrapa Soja, Londrina, Parana, Brazil. 263pp.
- Endo, N., Wada, T., Nishiba, Y., & Sasaki, R. (2006). Interspecific pheromone cross-attraction among soybean bugs (Heteroptera): Does *Piezodorus hybneri* (Pentatomidae) utilize the pheromone of *Riptortus clavatus* (Alydidae) as a kairomone? *Journal of Chemical Ecology*, 32(7), 1605–1612.
- Endo, N. (2016). Effective monitoring of the population dynamics of *Nezara viridula* and *Nezara antennata* (Heteroptera: Pentatomidae) using a light trap in Japan. *Applied Entomology and Zoology*, 51(3), 341–346. <https://doi.org/10.1007/s13355-016-0404-9>

- Espino, L., Way, M. O., et Wilson, L. T. (2008). Determination of *Oebalus pugnax* (Hemiptera: Pentatomidae) spatial pattern in rice and development of visual sampling methods and population sampling plans. *Journal of Economic Entomology*, 101(1), 216–225. <https://doi.org/10.1093/jee/101.1.216>
- Fucarino, A., Millar, J. G., McElfresh, J. S., et Colazza, S. (2004). Chemical and physical signals mediating conspecific and heterospecific aggregation behavior of first instar stink bugs. *Journal of Chemical Ecology*, 30(6), 1257–1269. <https://doi.org/10.1023/B:JOEC.0000030276.32665.cb>
- Funayama, K. (2008). Seasonal fluctuations and physiological status of *Halyomorpha halys* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae) adults captured in traps baited with synthetic aggregation pheromone of *Plautia crossota stali* Scott (Heteroptera: Pentatomidae). *Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology*, 52(2), 69–75. <https://doi.org/10.1303/aez.2004.617>
- Guerra, A. A., & Garcia, R. D. (1982). Seasonal patterns of boll weevil response to grandlure-baited traps in the subtropical Rio Grande Valley of Texas [*Anthonomus grandis grandis*]. *Southwest Entomology*, 7:216–220
- Hadden, W. T., Nixon, L. J., Leskey, T. C., & Bergh, J. C. (2021). Seasonal distribution of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) captures in woods-to-orchard pheromone trap transects in Virginia. *Journal of economic entomology*. <https://doi.org/10.1093/jee/toab226>
- Hardee, D. D., Cross, W. H., Huddleston, P. M., & Davich, T. B. (1970). Survey and control of the boll weevil in West Texas with traps baited with males. *Journal of Economic Entomology*, 63(4), 1041–1048. <https://doi.org/10.1093/jee/63.4.1041>
- Harris, V. E., & Todd, J. W. (1980). Temporal and numerical patterns of reproductive behavior in the southern green stink bug, *Nezara viridula* (Hemiptera: Pentatomidae). *Entomologia Experimentalis & Applicata*, 27(2), 105–116. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1980.tb02954.x>
- Herbert, A. D., & Harper, J. D. (1983). Modification of the shake cloth sampling technique for soybean insect research. *Journal of Economic Entomology*, 76(3), 667–670. <https://doi.org/10.1093/jee/76.3.667>

- Hogmire, H. W., & Leskey, T. C. (2006). An improved trap for monitoring stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae) in apple and peach orchards. *Journal of Entomological Science*, 41(1), 9–21. <https://doi.org/10.18474/0749-8004-41.1.9>
- Hunt, T., Wright, B., & Jarvi, K. (2011). Stink bug populations developing in soybeans and corn. *Crop Watch*, 4 August 2011. University of Nebraska Lincoln, NE. (<http://cropwatch.unl.edu/archive/> /asset\_publisher/VHeSpfv0Agju/content/4620945). [accessed March 13<sup>th</sup> 2020]
- Jones, D., & Sterling, W. L. (1979). Rate and thresholds of boll weevil locomotory activity in response to temperature. *Environmental Entomology*, 8(5), 874–878. <https://doi.org/10.1093/ee/8.5.874>
- Jones, W. A., & Sullivan, M. J. (1982). Role of host plants in population dynamics of stink bug pests of soybean in South Carolina. *Environmental Entomology*, 11(4), 867–875. <https://doi.org/10.1093/ee/11.4.867>
- Kamminga, K. L., Koppel, A. L., Herbert Jr, D. A., et Kuhar, T. P. (2012). Biology and management of the green stink bug. *Journal of Integrated Pest Management*, 3(3), C1–C8. <https://doi.org/10.1653/024.095.0137>
- Katayama, E., Fukuda, T., Nozawa, H. (1993). Light trap monitoring of the stink bugs attacking fruit trees and their ovarian development. *Bull. Tochigi Agr. Exp. Stn.*, 40 : 59–74.
- Kennedy, J. S. (1978). The concepts of olfactory ‘arrestment’and ‘attraction’. *Physiological Entomology*, 3(2), 91–98. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3032.1978.tb00138.x>
- Khrimian, Ashot, Shearer, P. W., Zhang, A., Hamilton, G. C., et Aldrich, J. R. (2008). Field trapping of the invasive brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*, with geometric isomers of methyl 2, 4, 6-decatrienoate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(1), 197–203. <https://doi.org/10.1021/jf072087e>
- Khrimian A., Zhang A., Weber D. C., Ho H.-Y., Aldrich J. R., Vermillion K. E., Siegler M. A., Shirali S., Guzman F., Leskey T. C. (2014). Discovery of the aggregation pheromone of the brown marmorated stink bug (*Halyomorpha halys*) through the creation of stereoisomeric libraries of 1-bisabolen-3-ols. *J. Nat. Prod.* 77:1708–1717. <https://doi.org/10.1021/np5003753>

- Kriticos, D. J., Kean, J. M., Phillips, C. B., Senay, S. D., Acosta, H., & Haye, T. (2017). The potential global distribution of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*, a critical threat to plant biosecurity. *Journal of Pest Science*, 90(4), 1033-1043. <https://doi.org/10.1007/s10340-017-0869-5>
- Krupke, C. H., Brunner, J. F., Doerr, M. D., & Kahn, A. D. (2001). Field attraction of the stink bug *Euschistus conspersus* (Hemiptera: Pentatomidae) to synthetic pheromone-baited host plants. *Journal of Economic Entomology*, 94(6), 1500–1505. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-94.6.1500>
- Krupke, C. H., Jones, V. P., & Brunner, J. F. (2006). Diel periodicity of *Euschistus conspersus* (Heteroptera: Pentatomidae) aggregation, mating, and feeding. *Annals of the Entomological Society of America*, 99(1), 169–174. [https://doi.org/10.1603/0013-8746\(2006\)099\[0169:DPOECH\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0013-8746(2006)099[0169:DPOECH]2.0.CO;2)
- Labrie, G. Gagnon, A-È., Rioux, S., de Almeida, J., Tremblay, G. & Duval, B. (2017). Impact des néonicotinoïdes & des fongicides foliaires sur les maladies, les ravageurs des semis, le puceron du soya & les ennemis naturels ainsi que sur les paramètres agronomiques du soya au Québec. Projet Prime-Vert PV3.2-2014-020. [https://www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/Agroenvironnement/PV-3.2-2014-020\\_Rapport.pdf](https://www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/Agroenvironnement/PV-3.2-2014-020_Rapport.pdf)
- Lee, C.-K., Lim, J.-T., Choi, J.-S., Kim, O.-R., Park, J.-D., et Lee, S.-M. (2002). Seasonal occurrence and damage by three cerambycid borers in chestnut trees. *Journal of Korean Forestry Society*, 91(6), 701–705.
- Lee, D.-H., Short, B. D., Joseph, S. V., Bergh, J. C., & Leskey, T. C. (2013a). Review of the biology, ecology, and management of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in China, Japan, and the Republic of Korea. *Environmental Entomology*, 42(4), 627–641.
- Lee, D.-H., Nielsen, A. L., et Leskey, T. C. (2014a). Dispersal capacity and behavior of nymphal stages of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) evaluated under laboratory and field conditions. *Journal of Insect Behavior*, 27(5), 639–651. <https://doi.org/10.1007/s10905-014-9456-2>
- Lee, D.-H., Short, B. D., Nielsen, A. L., et Leskey, T. C. (2014b). Impact of organic insecticides on the survivorship and mobility of *Halyomorpha halys* (Stål)

- (Hemiptera: Pentatomidae) in the laboratory. *Florida Entomologist*, 97(2), 414–422. <https://doi.org/10.1653/024.097.0211>
- Leskey, T. C., & Hogmire, H. W. (2005). Monitoring stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) in mid-Atlantic apple and peach orchards. *Journal of Economic Entomology*, 98(1), 143–153. <https://doi.org/10.1093/jee/98.1.143>
- Leskey, T. C., & Hogmire, H. W. (2007). Response of the brown stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) to the aggregation pheromone, methyl (2 E, 4 Z)-decadienoate. *Journal of Entomological Science*, 42(4), 548–557. <https://doi.org/10.18474/0749-8004-42.4.548>
- Leskey, T.C., G.C. Hamilton, A.L. Nielsen, D.F. Polk, C. Rodriguez-Saona, J.C. Bergh, D.A. Herbert, T.P. Kuhar, D. Pfeiffer, G.P. Dively, C.R.R. Hooks, M.J. Raup, P.M. Shrewsbury, G. Krawczyk, P.W. Shearer, J. Whalen, C. Koplinka-Loehr, E. Myers, D. K.A. Hoelmer, D.H. Lee, et S.E. Wright. (2012a). Pest status of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* in the USA. *Outlooks on Pest Management*, 23(5) : 218–226. <https://doi.org/10.1564/23oct07>
- Leskey, T. C., Wright, S. E., Short, B. D., et Khrimian, A. (2012b). Development of behaviorally based monitoring tools for the brown marmorated stink bug (Heteroptera: Pentatomidae) in commercial tree fruit orchards. *Journal of Entomological Science*, 47(1), 76–85. <https://doi.org/10.18474/0749-8004-47.1.76>
- Leskey, Tracy C., Lee, D.-H., Glenn, D. M., & Morrison, W. R. (2015). Behavioral responses of the invasive *Halyomorpha halys* (Stål) (Hemiptera: Pentatomidae) to light-based stimuli in the laboratory and field. *Journal of Insect Behavior*, 28(6), 674–692. <https://doi.org/10.1007/s10905-015-9535-z>
- Leskey, Tracy C., Hamilton, G. C., Biddinger, D. J., Buffington, M. L., Dieckhoff, C., Dively, G. P., Fraser, H., Hedstrom, C., Herbert, D. A., et Hoelmer, K. A. (2016). *Halyomorpha halys* (brown marmorated stink bug). <http://www.cabi.org/isc/datasheetreport?dsid=27377>
- Liu, W., Wan, F., et Guo, J. (2002). Structure and seasonal dynamics of arthropods in transgenic *Bt* cotton field. *Acta Ecologica Sinica*, 22(5), 729–735.
- Ludwick, D., Morrison III, W. R., Acebes-Doria, A. L., Agnello, A. M., Bergh, J. C., Buffington, M. L., Hamilton, G. C., Harper, J. K., Hoelmer, K. A., Krawczyk,

- G., Kuhar, T. P., Pfeiffer, D. G., Nielsen, A. L., Rice, K. B., Rodriguez-Saona, C., Shearer, P. W., Shrewsbury, P. M., Talamas, E. J., Walgenbach, J. F., Wiman, N. G. & Leskey, T. C. (2020). Invasion of the Brown Marmorated Stink Bug (Hemiptera: Pentatomidae) into the United States: Developing a National Response to an Invasive Species Crisis Through Collaborative Research and Outreach Efforts. *Journal of Integrated Pest Management*, 11(1), pmaa001. <https://doi.org/10.1093/jipm/pmaa001>
- Mayo, J. H., Straka, T. J., & Leonard, D. S. (2003). The cost of slowing the spread of the gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae). *Journal of Economic Entomology*, 96(5), 1448–1454. <https://doi.org/10.1093/jee/96.5.1448>
- McBrien, H. L. et Millar, J. G. (1999). Pheromones of non-Lepidopteran insects pests of agriculture. CAB International, Wallingfor, England. 300p
- McBrien, H. L., Millar, J. G., Rice, R. E., McElfresh, J. S., Cullen, E., et Zalom, F. G. (2002). Sex attractant pheromone of the red-shouldered stink bug *Thyanta pallidovirens*: A pheromone blend with multiple redundant components. *Journal of Chemical Ecology*, 28(9), 1797–1818. <https://doi.org/10.1023/A:1020513218454>
- McCrary, K. W. (2018). A review of sampling and monitoring methods for beneficial arthropods in agroecosystems. *Insects*, 9(4), 170. <https://doi.org/10.3390/insects9040170>
- McPherson, J.E., & R. McPherson. (2000). Stink bugs of economic importance in America north of Mexico. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420042429>
- Michel, A., Bansal, R., & Hammond, R. B. (2013). Stink bugs on soybean and other field crops. Ohio State University Extension Fact Sheet, FC\_ENT-x-13 ([http://oardc.osu.edu/ag/images/StB\\_Factsheet\\_June\\_26.pdf](http://oardc.osu.edu/ag/images/StB_Factsheet_June_26.pdf)) (accessed 2 February 2020).
- Millar, J. G., McBrien, H. M., et Steven McElfresh, J. (2010). Field trials of aggregation pheromones for the stink bugs *Chlorochroa uhleri* and *Chlorochroa sayi* (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Economic Entomology*, 103(5), 1603-1612. <https://doi.org/10.1603/EC10095>

- Mizell, R. F., Riddle, T. C., & Blount, A. S. (2008). Trap cropping system to suppress stink bugs in the southern coastal plain. In *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* (Vol. 121, pp. 377-382).
- Moraes, M. C., Pareja, M., Laumann, R. A., et Borges, M. (2008). The chemical volatiles (semiochemicals) produced by neotropical stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae). *Neotropical Entomology*, 37(5), 489–505. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2008000500001>
- Moriya, S., & Shiga, M. (1984). Attraction of the male brown-winged green bug, *Plautia stali* Scott (Heteroptera: Pentatomidae) for males and females of the same species. *Applied Entomology and Zoology*, 19(3), 317–322. <https://doi.org/10.1303/aez.19.317>
- Moriya, S., Shiga, M., et Mabuchi, M. (1987). Analysis of light trap records in four major species of fruit-piercing stink bugs, with special reference to body size variation in trapped adults of *Plautia stali* Scott. Kaju Shikenjo hokoku. *Bulletin of the Fruit Tree Research Station. Series*, 14, 79–94.
- Morrison, W. R., Lee, D.-H., Short, B. D., Khrimian, A., & Leskey, T. C. (2016a). Establishing the behavioral basis for an attract-and-kill strategy to manage the invasive *Halyomorpha halys* in apple orchards. *Journal of Pest Science*, 89(1), 81–96. <https://doi.org/10.1007/s10340-015-0679-6>
- Morrison, W. R., Mathews, C. R., & Leskey, T. C. (2016b). Frequency, efficiency, and physical characteristics of predation by generalist predators of brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) eggs. *Biological Control*, 97, 120–130. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2016.03.008>
- Morrison, W. R., Blaauw, B. R., Nielsen, A. L., Talamas, E., & Leskey, T. C. (2018). Predation and parasitism by native and exotic natural enemies of *Halyomorpha halys* (Stål) (Hemiptera : Pentatomidae) eggs augmented with semiochemicals and differing host stimuli. *Biological Control*, 121, 140–150. <https://doi.org/10.1111/afe.12229>
- Munyaneza, J., et McPherson, J. E. (1994). Comparative study of life histories, laboratory rearing, and immature stages of *Euschistus servus* and *Euschistus variolarius* (Hemiptera: Pentatomidae). *Great Lakes Entomologist*, 26(4), 263. <https://scholar.valpo.edu/tgle/vol26/iss4/2>

- Nakamura, K. (1982). Competition between females and pheromone traps: time lag between female mating activity and male trap captures. *Applied Entomology and Zoology*, 17(3), 292–300. <https://doi.org/10.1303/aez.17.292>
- Nakasuji, F., Hokyo, N., & Kiritani, K. (1965). Spatial distribution of three plant bugs in relation to their behavior. *Population Ecology*, 7(2), 99–108. <https://doi.org/10.1007/BF02518793>
- Ni, X., Cottrell, T. E., Toews, M. D., Tillman, P. G., et Buntin, G. D. (2016). Diurnal activities of the brown stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) in and near tasseling corn fields. *Journal of Entomological Science*, 51(3), 226–237. <https://doi.org/10.18474/JES06-03.1>
- Nielsen, A. L., Hamilton, G. C., & Shearer, P. W. (2011). Seasonal phenology and monitoring of the non-native *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in soybean. *Environmental Entomology*, 40(2), 231–238. <https://doi.org/10.1603/EN10187>
- Nielsen, A. L., Chen, S., & Fleischer, S. J. (2016). Coupling developmental physiology, photoperiod, and temperature to model phenology and dynamics of an invasive Heteropteran, *Halyomorpha halys*. *Frontiers in Physiology*, 7, 165. <https://doi.org/10.1093/ee/nvw006>
- Olson, D. M., Ruberson, J. R., Zeilinger, A. R., & Andow, D. A. (2011). Colonization preference of *Euschistus servus* and *Nezara viridula* in transgenic cotton varieties, peanut, and soybean. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 139(2), 161–169. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2011.01116.x>
- Olson, D. M., Ruberson, J. R., & Andow, D. A. (2012). Effects on stink bugs of field edges adjacent to woodland. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 156, 94–98. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.05.005>
- Paiero, S. M., Marshall, S. A., McPherson, J. E., et Ma, M.-S. (2013). Stink bugs (Pentatomidae) and parent bugs (Acanthosomatidae) of Ontario and adjacent areas: A key to species and a review of the fauna. *Canadian Journal of Arthropod Identification*, 24, 1–183. <https://doi.org/10.3752/cjai.2013.24>
- Panizzi, A. R. (1997). Wild hosts of pentatomids: Ecological significance and role in their pest status on crops. *Annual Review of Entomology*, 42(1), 99–122. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.42.1.997>

- Panizzi, A. R. (2000). Suboptimal nutrition and feeding behavior of hemipterans on less preferred plant food sources. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, 29(1), 1–12.
- Panizzi, A.R., J.E. McPherson, D.G. James, M. Javahery, et R.M. McPherson. (2000). Stink bugs (Pentatomidae). Heteroptera of economic importance, pp. 828-840. Boca Raton, London, New York, Washington DC: CRC Press
- Pareja, M., Borges, M., Laumann, R. A., et Moraes, M. C. (2007). Inter-and intraspecific variation in defensive compounds produced by five neotropical stink bug species (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Insect Physiology*, 53(7), 639–648. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2007.04.004>
- Paulen, O., & Kobolka, R. (2018). Monitoring of moth pests in apple tree orchard. *Acta Horticulturae & Regiotecturae*, 21(2), 54–57. <https://doi.org/10.2478/ahr-2018-0012>
- Pease, C. G., et Zalom, F. G. (2010). Influence of non-crop plants on stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) and natural enemy abundance in tomatoes: Influence of non-crop plants on stink bugs. *Journal of Applied Entomology*, 134(8), 626-636. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2009.01452.x>
- Petrovskii, S., Bearup, D., Ahmed, D. A., & Blackshaw, R. (2012). Estimating insect population density from trap counts. *Ecological Complexity*, 10, 69-82. <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2011.10.002>
- Rasmussen, J. J., Baattrup-Pedersen, A., Wiberg-Larsen, P., McKnight, U. S., et Kronvang, B. (2011). Buffer strip width and agricultural pesticide contamination in Danish lowland streams: Implications for stream and riparian management. *Ecological Engineering*, 37(12), 1990-1997. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2011.08.016>
- R Core Team (2019). R: A language and environment for statistical computing. *R Foundation for Statistical Computing*, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>
- Rea, J. H., Wratten, S. D., Sedcole, R., Cameron, P. J., Davis, S. I., & Chapman, R. B. (2002). Trap cropping to manage green vegetable bug *Nezara viridula* (L.) (Heteroptera: Pentatomidae) in sweet corn in New Zealand. *Agricultural and*

- Forest Entomology*, 4(2), 101–107. <http://doi.org/10.1046/j.1461-9563.2002.00130.x>
- Read, R. A. (1964). Tree windbreaks for the central Great Plains. US Department of Agriculture, Forest Service. Handbook No. 250.
- Reay-Jones, F. P. F. (2010). Spatial and temporal patterns of stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) in wheat. *Environmental Entomology*, 39(3), 944–955. <https://doi.org/10.1603/EN09274>
- Reay-Jones, F. P. F., Greene, J. K., Toews, M. D., et Reeves, R. B. (2009). Sampling stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) for population estimation and pest management in southeastern cotton production. *Journal of Economic Entomology*, 102(6), 2360–2370. <https://doi.org/10.1603/029.102.0643>
- Reay-Jones, F. P. F., Toews, M. D., Greene, J. K., & Reeves, R. B. (2010). Spatial dynamics of stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) and associated boll injury in southeastern cotton fields. *Environmental Entomology*, 39(3), 956–969. <https://doi.org/10.1603/EN09237>
- Reeves, R. B., Greene, J. K., Reay-Jones, F. P. F., Toews, M. D., et Gerard, P. D. (2010). Effects of adjacent habitat on populations of stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae) in cotton as part of a variable agricultural landscape in South Carolina. *Environmental Entomology*, 39(5), 1420–1427. <https://doi.org/10.1603/EN09194>
- Reisig, D. D. (2011). Insecticidal management and movement of the brown stink bug, *Euschistus servus*, in corn. *Journal of Insect Science*, 11(1). <https://doi.org/10.1673/031.011.16801>
- Rice, K. B., Troyer, R. R., Watrous, K. M., Tooker, J. F., et Fleischer, S. J. (2017). Landscape factors influencing stink bug injury in Mid-Atlantic tomato fields. *Journal of Economic Entomology*, 110(1), 94–100. <https://doi.org/10.1093/jee/tow252>
- Roulston, T. A. H., Smith, S. A., & Brewster, A. L. (2007). A comparison of pan trap and intensive net sampling techniques for documenting a bee (Hymenoptera: Apiformes) fauna. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 80(2), 179–181. <https://www.jstor.org/stable/25086376>

- Rudd, W. G., & Jensen, R. L. (1977). Sweep net and ground cloth sampling for insects in soybeans. *Journal of Economic Entomology*, 70(3), 301-304. <https://doi.org/10.1093/jee/70.3.301>
- Sappington, T. W., & Spurgeon, D. W. (2000). Variation in boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) captures in pheromone traps arising from wind speed moderation by brush lines. *Environmental Entomology*, 29(4), 807–814. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-29.4.807>
- Schotzko, D. J., & O'keeffe, L. E. (1986). Comparison of sweepnet, D-Vac, and absolute sampling for *Lygus hesperus* (Heteroptera: Miridae) in lentils. *Journal of Economic Entomology*, 79(1), 224–228. <https://doi.org/10.1093/jee/79.1.224>
- Silva, M. H., & Beauvais, S. L. (2010). Human health risk assessment of endosulfan. I: Toxicology and hazard identification. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 56(1), 4–17.
- Snodgrass, G. L., Adamczyk Jr, J. J., & Gore, J. (2005). Toxicity of insecticides in a glass-vial bioassay to adult brown, green, and southern green stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae). *Journal of Economic Entomology*, 98(1), 177–181. <https://doi.org/10.1093/jee/98.1.177>
- Solis, M., Bonetto, C., Marrochi, N., Paracampo, A., et Mugni, H. (2018). Aquatic macroinvertebrate assemblages are affected by insecticide applications on the Argentine pampas. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 148, 11-16. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.10.017>
- Southwood, T. R. E. (1978). Ecological methods. Chapman and Hall London. Spain, AV, Hidgen, MJ 1994. *Changes in the composition of sugarcane harvest residues during decomposition as a surface mulch*. Biology and Fertility of Soils, (17), 225.
- Suckling, D. M. (2000). Issues affecting the use of pheromones and other semiochemicals in orchards. *Crop Protection*, 19(8-10), 677–683. <https://doi.org/10.1073/pnas.1500232112>
- Suckling, D. M., Cristofaro, M., Roselli, G., Levy, M. C., Cemmi, A., Mazzoni, V., Stringer, L. D., Zeni, V., Ioratti, C. & Anfora, G. (2019). The competitive mating of irradiated brown marmorated stink bugs, *Halyomorpha halys*, for the sterile insect technique. *Insects*, 10(11), 411. <https://doi.org/10.3390/insects10110411>

- Sugie, H.; Yoshida, M.; Kawasaki, K.; Noguchi, H.; Moriya, S.; Takagi, K.; Fukuda, H.; Fujiie, A.; Yamanaka, M.; Ohira, Y.; Tsutsumi, T.; Tsuda, K.; Fukumoto, K.; Yamashita, M.; Suzuki, H. (1996). Identification of the aggregation pheromone of the brownwinged green bug *Plautia stali* Scott (Heteroptera: Pentatomidae). *Applied Entomology and Zoology*: 31, 427–431. <https://doi.org/10.1303/aez.31.427>
- Stirnemann, A., Gagnon, A.-È., Labrie, G., Lucas, É. (2020). Composition spécifique, abondance saisonnière & influence des facteurs abiotiques chez les punaises à bouclier (Hemiptera : Pentatomidae) en champs de pois au Québec. *Phytoprotection*. <https://doi.org/10.7202/1072867ar>
- Tada, N., Yoshida, M., et Sato, Y. (2001). Monitoring of forecasting for stink bugs in apple, 1: Characteristics of attraction to aggregation pheromone in Iwate prefecture [Japan]. *Annual Report of the Society of Plant Protection of North Japan* (Japan). 52 : 224-226
- Teulon, D. A., Davidson, M. M., Nielsen, M., Butler, R., Bosch, D., Riudavets, J., et Castañé, C. (2018). Efficacy of a non-pheromone semiochemical for trapping of western flower thrips in the presence of competing plant volatiles in a nectarine orchard. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 16(3), 10-01 <https://doi.org/10.5424/sjar/2018163-13060>
- Tillman, P. G. (2010). Composition and abundance of stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae) in corn. *Environmental Entomology*, 39(6), 1765–1774. <https://doi.org/10.1603/EN09281>
- Tillman, P. G., Aldrich, J. R., Khrimian, A., & Cottrell, T. E. (2010). Pheromone attraction and cross-attraction of *Nezara*, *Acrosternum*, and *Euschistus* spp. stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae) in the field. *Environmental entomology*, 39(2), 610–617. <https://doi.org/10.1603/EN09114>
- Tillman, P.G., A. Khrimian, T.E. Cottrell, X. Lou, R.F. Mizell, et C.J. Johnson. (2015). Trap cropping systems and a physical barrier for suppression of stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) in cotton. *Journal of Economic Entomology*, 108(5): 2324–2334. <https://doi.org/10.1093/jee/tov217>
- Tillman, P. Glynn, & Cottrell, T. E. (2019). Influence of pheromone-baited traps on stink bugs in cotton. *Journal of Insect Science*, 19(1), 24.

- Toews, M. D., Greene, J., Reay-Jones, F. P. F., Reeves, R. B., Boyd, S., Huffman, M., Richter, D., & Robertson, B. (2008). A comparison of sampling techniques for stink bugs in cotton. *Proceedings of the beltwide cotton conferences*, 8-11 January 2008Nashville, TNNational Cotton Council of America, Memphis, TN 1193–1203.
- Topping, C. J., & Sunderland, K. D. (1992). Limitations to the use of pitfall traps in ecological studies exemplified by a study of spiders in a field of winter wheat. *Journal of Applied Ecology*, 485-491. <https://doi.org/10.2307/2404516>
- Truxa, C., et Fiedler, K. (2012). Attraction to light-from how far do moths (Lepidoptera) return to weak artificial sources of light? *European Journal of Entomology*, 109(1). <http://www.eje.cz/scripts/viewabstract.php?abstract=1682>
- Van Scoy, A. R., Yue, M., Deng, X., & Tjeerdema, R. S. (2013). Environmental fate and toxicology of methomyl. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology* (p. 93–109). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4717-7\\_3](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4717-7_3)
- Venugopal, P. D., Coffey, P. L., Dively, G. P., & Lamp, W. O. (2014). Adjacent habitat influence on stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) densities and the associated damage at field corn and soybean edges. *PLoS One*, 9(10), e109917. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0109917>
- Walgenbach (2017). Management of brown marmorated stink bug in US specialty crops. North Carolina State University. Accessed the February 26<sup>th</sup> 2022 <https://portal.nifa.usda.gov/web/crisprojectpages/1010011-management-of-brown-marmorated-stink-bug-in-us-specialty-crops.html>
- Wallingford, A. K., Kuhar, T. P., Pfeiffer, D. G., Tholl, D. B., Freeman, J. H., Doughty, H. B., et Schultz, P. B. (2013). Host plant preference of harlequin bug (Hemiptera: Pentatomidae), and evaluation of a trap cropping strategy for its control in collard. *Journal of Economic Entomology*, 106(1), 283-288. <https://doi.org/10.1603/EC12214>
- Wallner, A. M., Hamilton, G. C., Nielsen, A. L., Hahn, N., Green, E. J., et Rodriguez-Saona, C. R. (2014). Landscape factors facilitating the invasive dynamics and distribution of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae), after arrival in the United States. *PLoS One*, 9(5).

- Weber, D. C., Leskey, T. C., Cabrerra Walsh, G. J., et Khrimian, A. (2014). Synergy of aggregation pheromone with methyl (E, E, Z)-2, 4, 6-decatrienoate in attraction of brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*. *Journal of Economic Entomology*, 107, 1061–1068.
- Weber, D. C., Morrison III, W. R., Khrimian, A., Rice, K. B., Short, B. D., Herlihy, M. V., & Leskey, T. C. (2020). Attractiveness of Pheromone Components with and without the synergist, methyl (2 E, 4 E, 6 Z)-2, 4, 6-decatrienoate, to brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of economic entomology*, 113(2), 712-719. <https://doi.org/10.1093/jee/toz312>
- Wedding, R., Anderbrant, O., & Jönsson, P. (1995). Influence of wind conditions and intertrap spacing on pheromone trap catches of male European pine sawfly, *Neodiprion sertifer*. *Entomologia Experimentalis & Applicata*, 77(2), 223–232. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1995.tb02005.x>
- Williams, D. T., & Jonusas, G. (2019). The influence of tree species and edge effects on pheromone trap catches of oak processionary moth *Thaumetopoea processionea* (L.) in the UK. *Agricultural and Forest Entomology*, 21(1), 28-37. <https://doi.org/10.1111/afe.12300>
- Wipfli, M. S., Wedberg, J. L., & Hogg, D. B. (1990). Cultural and chemical control strategies for three plant bug (Heteroptera: Miridae) pests of birdsfoot trefoil in northern Wisconsin. *Journal of Economic Entomology*, 83(5), 2086-2091. <https://doi.org/10.1093/jee/83.5.2086>
- Wilson, J., Gut, L., Grieshop, M., Poley, K., Shane, W. (2017). Managing brown marmorated stink bug in Michigan orchards [https://www.canr.msu.edu/ipm/uploads/files/BMSB/MichiganBMSBMngtGuid\\_eJuly2017.pdf](https://www.canr.msu.edu/ipm/uploads/files/BMSB/MichiganBMSBMngtGuid_eJuly2017.pdf)
- Youn, H. S., & Jung, C. (2008). Effect of trap cropping on the egg parasitism of *Riptortus clavatus* (Thunberg) in soybean fields. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 11(2), 73–76. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2008.05.001>
- Yu, G. Y., & Zhang, J. M. (2007). The brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Heteroptera: Pentatomidae) in PR China. International Workshop on Biological Control of Invasive Species of Forests. Beijing, China, 58–62.

<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.650.5200&rep=rep1&ttype=pdf#page=70>

Zahn, D. K., Moreira, J. A., & Millar, J. G. (2008). Identification, synthesis, and bioassay of a male-specific aggregation pheromone from the harlequin bug, *Murgantia histrionica*. *Journal of Chemical Ecology*, 34(2), 238–251. <https://doi.org/10.1007/s10886-007-9415-x>

Zhu, G., Bu, W., Gao, Y., & Liu, G. (2012). Potential geographic distribution of brown marmorated stink bug invasion (*Halyomorpha halys*). *PLoS One*, 7(2), e31246. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0031246>

Zink, A. G., & Rosenheim, J. A. (2004). State - dependent sampling bias in insects: implications for monitoring western tarnished plant bugs. *Entomologia Experimentalis & Applicata*, 113(2), 117-123. <https://doi.org/10.1111/j.0013-8703.2004.00213.x>

### 3.8 Supplementary material

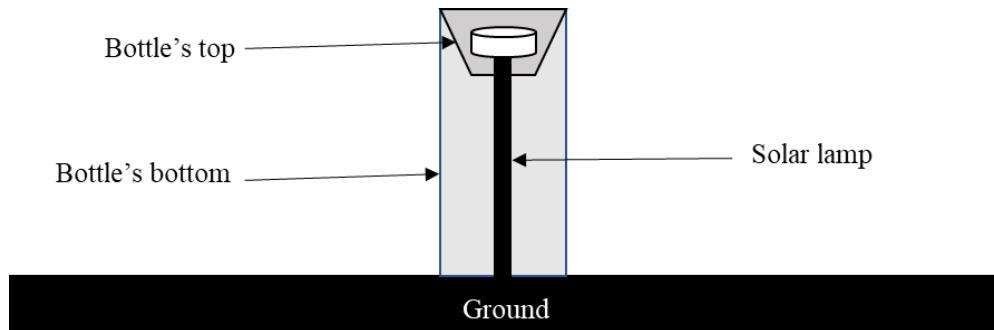


Figure 3.5.Details of the different component of the light trap with solar lamp

Table 3.1. Details of calculation of costs/ha/season for different monitoring techniques used for stink bugs in fresh pea fields in Québec, Canada for three monitoring event per season for the first year. 1- pheromone trap DEAD-INN Solida®, List of prices 2020; 2- pheromone attractant COMBO and component of pheromone trap Solida®, List of prices 2020; 3- hourly rate 138\$/hours 4- beating sheet small manufactured by NHBS 5- quadrat open frame, Boreal Science® 6- Solar lamp on metal stake, Dollarama®

	Pheromone trap	Beat sampling	Visual observation	Light trap
<b>Number of stations</b>	1	12	12	10
<b>Material costs (\$CAN)</b>	62.40 <sup>1</sup>	27.19 <sup>4</sup>	40.05 <sup>5</sup>	20.00 <sup>6</sup>
<b>Consumable costs (\$CAN)</b>	28.28 <sup>2</sup>	-	-	-
<b>Monitoring time (hours)</b>	0.33	1.80	3.10	1.95
<b>Fabrication/Installation time (hours)</b>	0.25	0.40	-	1.00
<b>Labor (\$CAN)</b>	80.04 <sup>3</sup>	303.60 <sup>3</sup>	427.80 <sup>3</sup>	407.10 <sup>3</sup>
<b>Total</b>	170.72	330.79	467.85	427.10

## CHAPITRE IV

### CONCLUSION

Ce projet a été lancé en réponse à un problème de contamination par des punaises de la famille des Pentatomidae dans les cultures de pois (*Pisum sativum*) destinées aux industries de transformation. L'industrie se demandait notamment quelle était la technique de dépistage la plus appropriée pour détecter la présence de punaises. À partir de ce problème pratique, des questions se sont posées sur les possibilités de lutte intégrée afin de limiter l'utilisation d'insecticides à large spectre. La première partie du projet s'est attardée sur les caractéristiques de l'assemblage de punaises phytophages en champ de pois en renseignant sa dynamique, sa composition spécifique et l'influence des facteurs abiotiques et biotiques sur son abondance en champ. La deuxième partie de ce travail de recherche s'est intéressée à la comparaison de quatre techniques de dépistage des punaises, dont deux techniques non-attractives, soit l'observation visuelle et le battage ; ainsi que deux techniques attractives, soit le piège lumineux et le piège à phéromones d'agrégation. Cette comparaison a été réalisée d'un point de vue agronomique et économique.

### 3.9 Nouvelles connaissances acquises

**Niveau fondamental.** Nos résultats à partir des échantillonnages de 2016 et 2017 ont montré que la punaise brune *Euschistus servus euschistoides* (Vollenhoven)1868 est l'espèce de Pentatomidae dominante dans les champs de pois frais au Québec. Cette espèce phytopophage est déjà connue au Québec pour causer des ravages dans les champs de maïs (Gosselin *et al.*, 2014) et les vergers de pommes (Chouinard *et al.*, 2021), mais aussi dans les champs de coton, de blé et de soya aux États-Unis (Brown, 2017 ; Koch *et al.*, 2016 ; Pezzini, 2018). C'est d'ailleurs l'espèce qui cause le plus de problèmes économiques au Canada et aux États-Unis parmi les punaises du genre *Euschistus* spp. (17 espèces en zone Néarctique selon Henry, 2017) (Panizzi *et al.*, 2000). Il n'est pas étonnant de retrouver la punaise brune *E. servus euschistoides* dans le pois, car cette plante est reconnue comme plante hôte pour la punaise brune *Euschistus servus* (Say) 1832 (Gomez et Mizell, 2008 ; McPherson et McPherson, 2000). En effet, le pois constitue une source de nourriture par l'intermédiaire de ses parties végétatives pour la sous-espèce *E. servus euschistoides* (Munyameza et Mcpherson, 1994 ; Mizell *et al.*, 2008), ce qui est en accord avec le nombre de captures de punaises plus important lors du stade végétatif observé dans cette étude (Stirnemann *et al.*, 2020).

Cette punaise brune est présente dès la mi-juin dans les champs de pois alors que les plants sont encore aux premiers stades végétatifs, ne dépassant pas les 10 cm (Stirnemann *et al.*, 2020). Or, ces plants de pois ne semblent pas pouvoir assurer le développement des punaises car aucune ponte n'a été retrouvé. De plus les plants de pois ne sont pas assez grands pour une connexion entre ces derniers, ce qui ne favorise

pas le déplacement des immatures. Pourtant de nombreuses captures sont réalisées en début de saison, en particulier avec les pièges à phéromones. Cela peut s'expliquer par la présence d'un milieu à proximité, comme la bordure, ayant le rôle de réservoir. La bordure même fine comporte des plantes adventices, ces dernières sont connues pour jouer le rôle de site de ressource alimentaire ou de diapause hivernale pour les punaises phytophages (Olson *et al.*, 2012 ; Tilman *et al.*, 2014), y compris la punaise brune (McPherson et Mcpherson, 2000).

La diminution du nombre de captures en fin de saison observée dans cette étude suggère que la punaise brune est univoltine en Montérégie au Québec (Stirnemann *et al.*, 2020), comme cela a déjà été proposé pour cette espèce dans le Nord des États-Unis (Koch *et al.*, 2017). Cependant, l'entrée en diapause des punaises Pentatomidae est fortement dépendante de la durée du jour (Borges *et al.*, 2001 ; Saulich et Musolin, 2012). Or la durée du jour à la fin de la période d'échantillonnage était encore assez longue pour ne pas déclencher le phénomène de diapause. La punaise brune procéderait donc à un changement d'hôte en migrant du pois vers un autre milieu (autre culture, milieu boisé, bordure) plus propice à son développement (Duke, 2018 ; Reeves *et al.*, 2010 ; Rice *et al.*, 2017). Ce qui est attendu au vue du large spectre de plantes hôtes que présente la punaise brune (McPherson et McPherson, 2000). Sa polyphagie implique souvent des mouvements de populations entre les cultures dans les paysages agricoles (Panizzi, 1997; Tillman *et al.*, 2009). D'ailleurs, cette espèce est réputée pour ne pas nécessairement se concentrer dans une seule culture dû à sa forte dispersion à travers le paysage (Jones et Sullivan, 1982).

Concernant les facteurs abiotiques, cette étude a permis de confirmer le rôle de la température dans les variations du nombre de captures en lien avec des changements physiologiques et comportementaux chez les punaises (Stirmemann et al., 2020). L'augmentation du nombre de capture avec la température peut s'expliquer notamment par la hausse des déplacements des punaises, ce qui élève la probabilité de détecter ces dernières (Lee et Leskey, 2015).

**Niveau technique.** Cette étude nous a également permis de s'interroger sur le choix des techniques de dépistage pour déterminer la répartition spatiale de punaises phytophages en champ. En effet, l'ensemble des techniques de dépistage présente un effet de bordure (plus d'individus en bordure) alors que les pièges à phéromones présentent un effet de bordure contraire avec davantage d'individus capturés au centre plutôt qu'en bordure. Il est connu que la répartition spatiale des punaises en champ présente souvent une répartition hétérogène avec un effet de bordure marqué sur les abondances locales de punaises et les dommages associés (Babu *et al.*, 2019 ; Duke, 2018 ; Nakasuji *et al.*, 1965 ; Reay-Jones, 2010 ; Reay-Jones *et al.*, 2009 ; Reeves *et al.*, 2010 ; Rice *et al.*, 2017 ; Tillman, 2011 ; Venugopal *et al.*, 2014). Cette répartition spatiale avec un effet de bordure est souvent liée à la présence de plantes hôtes dans la bordure ou dans la culture adjacente (Pease et Zalom, 2010 ; Reay-Jones *et al.*, 2010 ; Tillman *et al.*, 2014). Ces plantes hôtes constituent des réservoirs en étant des sites de nourriture, de reproduction et d'hibernation appréciés par les punaises (Altieri et Letourneau, 1982; Barbosa, 2003). Leurs présences à proximité du champ expliquent le nombre de captures plus élevé proche de la bordure (McPherson et McPherson, 2000). Cet effet de bordure est aussi retrouvé avec des pièges à phéromones dans

d'autres études pour la même espèce et pour des espèces semblables comme *E. servus*, *A. hilare*, *N. viridula*, *H. halys*, *E. conspersus* (Bergh *et al.*, 2017; Cullen et Zalom, 2005; Mizell *et al.*, 2008). Plusieurs hypothèses ont alors été avancées dans notre étude afin d'expliquer les captures plus faibles des pièges à phéromones près de la bordure. L'explication la plus plausible serait la présence de plantes hôtes situées à proximité ou non du champ de pois et qui constituerait une zone attractive pour les punaises. La distance d'attraction des pièges à phéromones est effectivement assez grande, environ 100 m (Čokl *et al.*, 2019), pouvant capturer des punaises provenant d'autre milieux plus lointains que le champ de pois. De plus, les punaises Pentatomidae sont capables de parcourir de grandes distances allant jusqu'à plusieurs dizaines voire centaines de kilomètres au cours de leur vie (Wiman *et al.*, 2015) à raison d'un à dix kilomètres par jour pour l'espèce *E. servus* (Babu *et al.*, 2020). Ces plantes hôtes, produisant des composés volatils attractifs pour les punaises, pourraient alors entrer en compétition olfactive avec la phéromone des pièges et diminuer leur efficacité (Tillman *et al.*, 2010).

Mais où pourraient être localisées ces plantes hôtes ? Le champ adjacent peut être la zone idéale. En effet, de nombreux travaux ont montré que la présence de champ adjacent, comme ceux de cette étude (soya/maïs), augmentait le nombre de captures dans plusieurs cultures, dont le coton (Bundy et Mcpherson, 2000 ; Toews et Shurley, 2009), l'arachide et le soya (Venugopal *et al.*, 2014, 2015). Mais dans notre projet de recherche, une absence d'effet de la nature du champ adjacent sur le nombre de captures a été observée. Ceci peut s'expliquer par l'usage répandu des traitements de

semence insecticides (néonicotinoïdes) dans les cultures de maïs et de soya au Québec, limitant le développement des insectes herbivores dans ces cultures (Labrie *et al.*, 2020).

Si le champ adjacent n'est pas le lieu réservoir, il est possible alors que ce soit la bordure. En effet, les plantes présentes en bordure peuvent être une source de nourriture importante pour les punaises Pentatomidae, notamment pour les premiers stades immatures (Rice *et al.*, 2014), mais peuvent aussi jouer le rôle de site de ponte et de diapause hivernale (Jones et Sullivan, 1982 ; McPherson et McPherson, 2000 ; Panizzi, 1997). Ainsi, par l'analyse de la richesse spécifique des bordures de champ de pois, la présence de certaines espèces de plantes a pu être suspectée de diminuer le nombre de captures des pièges à phéromones en bordure. Ces espèces, sur lesquels des punaises ont été observées, sont le framboisier *Rubus idaeus* (L.) 1753, qui est déjà enregistré comme plante hôte de la punaise brune, et l'onocle sensible *Onoclea sensibilis* (L.) 1753.

Cette étude aura permis de remettre en question l'utilisation des pièges à phéromones pour déterminer la répartition spatiale dû aux effets potentiels des plantes hôtes présentes à proximité. Des techniques comme l'observation visuelle, le battage et le piège lumineux semblent être plus appropriées pour ce type d'étude.

### 3.10 Limites de l'étude

Cette étude présente certaines limites. Les répétitions de certains facteurs analysés dans leur influence sur l'abondance sont faibles comme par exemple le nombre de sites par

cultivar qui est très variable entre les cultivars. L'utilisation du piège à phéromone et l'absence de connaissance sur leur distance d'attraction ne permet pas de trancher la question de la provenance des individus. Ils peuvent venir de la bordure ou bien d'un bosquet de forêt aux alentours ou encore d'un champ plus loin. Les distances parcourues par la punaise brune pouvant aller jusqu'à plusieurs kilomètres par jour, cela peut remettre en question l'hypothèse concernant la bordure du champ comme lieu réservoir. Un suivi de la dynamique de population sur plusieurs années supplémentaires pourraient donner des informations complémentaires, sur ces questions, particulièrement avec des échantillonnages à l'échelle du paysage plutôt qu'à l'échelle locale du champ.

### 3.11 Recommandations à l'industrie.

L'apport de ces nouvelles connaissances au niveau fondamental et théorique nous permet d'entrevoir des aménagements au système de lutte utilisé actuellement par l'industrie.

**Pratiques agricoles.** Le nombre de captures de punaises *E. servus* varie significativement selon les cultivars utilisés dans la culture du pois. Des variations d'abondances en fonction des cultivars ont déjà été observées chez d'autres espèces de Pentatomidae comme la punaise verte *Nezara viridula* (L.) 1758 dans le soya (De Santana Souza *et al.*, 2013) ainsi que dans le haricot (Ramos *et al.*, 2017). Les résultats incitent donc à la sélection de cultivars. Cependant afin de choisir de manière judicieuse,

des études supplémentaires sont nécessaires car certains cultivars dans cette étude présentaient un nombre de répétitions faible.

L'unique génération de la punaise brune en champ de pois voit son pic vers la fin juin. Les abondances diminuent ensuite pour réduire complètement autour de la fin juillet. Cela suggère que pour l'industrie, les dates de semis plus tardives ont moins de risques de voir une forte abondance de punaises lors de la récolte. Les champs semés en juin seraient alors moins à risque que ceux semés en avril et mai. À défaut de pouvoir décaler les dates de semis qui est une contrainte notoire pour l'industrie, l'effort de dépistage devrait être fait en priorité sur les champs à semis hâtif.

**Dépistage.** Les quatre techniques de dépistage ont été comparées selon leur nombre de captures, leur capacité à représenter l'abondance en champ et leur coût économique. Les quatre techniques permettent de capturer des punaises phytophages Pentatomidae et présentent la même composition spécifique avec une dominance d'*E. servus euschistoides*. La technique de piège à phéromones est la meilleure technique de dépistage pour détecter les punaises adultes en champ de pois, si l'on garde le seuil de traitement actuel qui s'appuie sur une logique de présence/absence de punaises. En effet, cette technique est la moins dispendieuse et permet de capturer des punaises même avec des faibles densités en champ. C'est d'ailleurs ces deux caractéristiques qui ont rendu commune l'utilisation du piège à phéromones pour le dépistage des punaises Pentatomidae, en particulier aux États-Unis (Borges *et al.*, 2011; Cullen et Zalom, 2005; Hogmire et Leskey, 2006). Cependant, cette technique présente des lacunes, notamment dans sa capacité à capturer des individus immatures qui sont susceptibles

de faire, eux aussi, l'objet de contaminations à l'usine. Au contraire, la technique de battage permet de capturer l'ensemble des stades de développement des punaises, mais possède un coût plus élevé et un seuil de détection plus bas. S'il s'avère que les contaminations à l'usine sont effectivement causées majoritairement par des immatures, la technique de battage devrait être envisagée afin de pouvoir détecter l'ensemble des stades.

Dans le cas d'utilisation d'un piège à phéromones, le composé attractif le plus efficace pour la punaise brune *E. servus euschistoides* est le mélange du composé majeur de la phéromone d'agrégation de la punaise brune soit le methyl 2E,4Z decadienoate (MDD) (Aldrich *et al.*, 1991) et de la phéromone d'agrégation de la punaise *Plautia stali* Scott 1874 (Hemiptera : Pentatomidae), soit le 2E, 4E, 6Z decatrienoate (MDT) (Tillman et Cottrell, 2012 ; Cotrell, 2001) qui a été utilisé dans cette étude. Cependant, l'arrivée de nouvelles espèces de Pentatomidae dans le paysage agricole comme la punaise marbrée *Halyomorpha halys* (Stål) 1855 (Hemiptera : Pentatomidae), peut remettre en question l'utilisation de cette phéromone vers l'utilisation d'un mélange de phéromone pouvant capturer plusieurs espèces de Pentatomidae (Tillman *et al.*, 2010).

Concernant le moment du dépistage dans la saison, aux vues des captures précoce dans la saison, il est préférable de mettre en place le dépistage avant même le semis. A l'aide d'observations visuelles, il sera possible de détecter des pontes en champ ou dans la bordure afin de déterminer si une population est établie ou non. Si c'est le cas, des traitements préventifs pourront être mis en place (Borges *et al.*, 2011) dans une zone limitée aux abords de la bordure, sans toutefois traiter l'ensemble du champ. Dans tous

les cas, il est judicieux de faire un dépistage une semaine avant la récolte car les punaises sont des contaminants pour une opération post-récolte, c'est donc leur présence juste avant la récolte qui est problématique. Un dépistage plus précoce dans la saison peut également être réalisé afin d'aider dans la prise de décision des sites/champs à semer.

**Autre moyen de gestion.** Si la bordure est en effet une zone réservoir de punaises, le fauchage de la bordure en fin de saison après la récolte et l'élimination des déchets de cultures sont des techniques applicables et complémentaires afin d'éviter l'installation des punaises. En effet, ces milieux sont d'une grande importance car ce sont de potentiels sites de diapause hivernale. Il est à noter que le fauchage des bordures reste une solution extrême car ces dernières sont essentielles au maintien de la biodiversité dans les agro-systèmes et des services écosystémiques rattachés (Alves *et al.*, 2013 ; Outward *et al.*, 2008). En revanche, l'élimination des déchets de cultures est applicable, et particulièrement pertinent car la punaise brune préfère les milieux ouverts pour hiberner (Jones et Sullivan, 1982). Concernant le traitement insecticide, au vu de l'effet de bordure, il est préférable de le focaliser dans une zone proche de la bordure (0-15m). Cela permet de diminuer les coûts du traitement et par la même occasion de réduire l'épandage d'insecticide dangereux pour l'environnement et la santé humaine dans les champs tel que suggéré par Borges *et al.* (2011). Aux États-Unis, les traitements ciblés en bordure de champs dans les cultures de soya et de blé, ont ainsi permis une réduction de l'utilisation des pesticides contre la punaise marbrée *H. halys* allant de 85 à 95% (Leskey *et al.*, 2012).

### 3.12 Ouverture et perspectives de recherches

Des études supplémentaires pourraient être envisagées afin d'étoffer et de complémenter les réponses abordées dans ce projet de recherche.

**Paysage.** L'effet du paysage sur le nombre de capture n'est pas négligeable pour de nombreuses espèces de punaises Pentatomidae (Olson *et al.*, 2012 ; Tillman *et al.*, 2014 ; Venugopal *et al.*, 2014 ; Wallner *et al.*, 2014). La prise en compte de variables paysagères autour des champs de pois dans cette étude aurait pu amener une source d'explications supplémentaires sur les variations du nombre de captures observé aux différents sites. De plus, cela aurait permis de pouvoir émettre des hypothèses supplémentaires sur les lieux potentiels de diapause hivernale des punaises. Globalement, une augmentation de l'échelle spatiale avec une caractérisation précise des bordures ainsi qu'une prise en compte des milieux à proximité sont des facteurs à privilégier (Reeves *et al.*, 2010 ; Venugopal *et al.*, 2014) pour étudier au mieux le cycle de vie de la punaise brune.

Il est également possible qu'un suivi des mouvements de populations en amont et en aval de la saison du pois permette de mieux connaître les lieux de diapause hivernale et le nombre exact de générations de la punaise brune. Des études avec la technique de capture-marquage-recapture (CMR1) peuvent par exemple être envisagées à ces fins (Reisig *et al.*, 2011).

**Cultivars.** L'évaluation plus approfondie des différents cultivars pourraient apporter des éléments dans l'établissement d'un programme de lutte intégrée. Pour mieux comprendre cette différence d'abondance entre les cultivars, des études comportementales en laboratoire ou en serre sont nécessaires (Ramos *et al.*, 2017), avec des expériences de préférence ou de choix, réalisées par olfactométrie (Molina *et al.*, 2012).

**Plantes hôtes.** En laboratoire, l'étude de l'influence des plantes hôtes sur l'efficacité des pièges à phéromones peut être envisagée à l'image des travaux de recherche faits avec de la molène *Verbascum* spp. par Krupke *et al.* (2001). L'hypothèse de compétition olfactive exposée dans cette étude laisse supposer qu'une analyse des composés volatils des plantes de bordure attractives pour les punaises pourraient amener à la découverte de nouveaux attractifs utilisables pour le piégeage (Thrift *et al.*, 2018). Dans le même sens, l'analyse d'autres composés émis par les punaises pourrait améliorer la phéromone en usage (Favaro et Zarbin, 2012). Ces expériences pourraient mener à de nouvelles méthodes de gestion. Par exemple, les plantes hôtes attractives identifiées couplées à des phéromones d'agrégation permettraient de contenir les punaises dans la bordure et de diminuer leur abondance en champ (Morrison *et al.*, 2016 ; Nielsen *et al.*, 2016 ; Tillman *et al.*, 2015). D'ailleurs les cultures de soya et de sorgho constituent des plantes-pièges prometteuses pour la gestion des punaises (Bundy et McPherson, 2000 ; Smith *et al.*, 2009 ; Tillman et Cottrell, 2012), même si leur efficacité dépend des cultures à protéger (Mathews *et al.*, 2017). Pour finir, les punaises Pentatomidae communiquent à courte distance, par des signaux autres qu'olfactifs comme des signaux visuels (Hogmire et Leskey, 2006; Leskey *et al.*, 2012)

ou sonores (Čokl *et al.*, 1999, 2019) qui influencent leur comportement. Alors, il est possible d'imaginer des pièges pouvant associer les trois types de signaux utilisés dans la communication des punaises. Ces pièges associeraient des signaux olfactifs avec les phéromones, des signaux visuels en choisissant judicieusement la couleur du piège (Hogmire et Leskey, 2006) et enfin des signaux sonores à l'instar de ceux utilisés pour les pièges d'autre familles d'Hémiptères comme les Liviidae ou les Cicadidae (Andrade *et al.*, 2017 ; Hartman *et al.*, 2017).

L'ensemble de ces perspectives sont des voies pour pouvoir mieux décrire la biologie de la punaise brune et ainsi mieux comprendre les moyens de gestion des punaises phytophages applicables. L'apport de ces nouvelles connaissances permettrait de faire un pas supplémentaire vers la mise en place d'un système de lutte intégrée approprié minimisant les intrants chimiques de synthèse et les risques associés.

Finalement, la mondialisation des échanges, les changements globaux et l'utilisation intensive de pesticides ont pour conséquence l'émergence de nouveaux ravageurs accompagné de pertes économiques importantes dans de nombreuses cultures (Bass et Jones, 2018 ; Battisti et Larson, 2015 ; Perring *et al.*, 2010 ; Yan *et al.*, 2017). Les punaises phytophages de la famille des Pentatomidae en sont un bel exemple, à l'image, de l'augmentation récente des aires de répartition des espèces indigènes vers des latitudes plus septentrionales (Panizzi, 2015), des émergences d'espèces ravageuses considérées comme secondaires auparavant (Michel *et al.*, 2013, Ni *et al.*, 2016), et des nombreuses espèces envahissantes sur le continent américain détectées ces 50 dernières années comme la punaise marbrée *H. halys* (Haye et Weber, 2017, Kriticos *et al.*,

2017). La gestion de cette menace grandissante que sont les punaises phytophages Pentatomidae (Cherry et Nuessly, 2010; Hunt *et al.*, 2011; Michel *et al.*, 2013), va représenter un véritable défi dans les prochaines décennies sur le continent américain (Panizzi, 2015) mais aussi à travers le monde (Capinera, 2018 ; Leskey et Nielsen, 2018 ; Serteyn *et al.*, 2018 ; Schoeman., 2018).

### 3.13 References

- Andrade, S. D., Martinelli, N. M., Rossi, G. D., et Andrade, D. J. (2017). Giant cicada emergence, protandry and chorus centers formation as revealed by studies using a sound trap. *Journal of Insect Behavior*, 30(3), 300–307. <https://doi.org/10.1007/s10905-017-9621-5>
- Aldrich, J. R., Hoffmann, M. P., Kochansky, J. P., Lusby, W. R., Eger, J. E., et Payne, J. A. (1991). Identification and attractiveness of a major pheromone component for Nearctic *Euschistus* spp. stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae). *Environmental Entomology*, 20(2), 477–483. <https://doi.org/10.1093/ee/20.2.477>
- Altieri, M. A., et Letourneau, D. K. (1982). Vegetation management and biological control in agroecosystems. *Crop protection*, 1(4), 405–430. [https://doi.org/10.1016/0261-2194\(82\)90023-0](https://doi.org/10.1016/0261-2194(82)90023-0)
- Alves, F., Filho, W. L., Araujo, M. J., et Azeiteiro, U. M. (2013). Crossing borders and linking plural knowledge: Biodiversity conservation, ecosystem services and human well-being. *International Journal of Innovation and Sustainable Development*, 7(2), 111–125. <https://doi.org/10.1504/IJISD.2013.053323>
- Babu, A., Reisig, D. D., Walgenbach, J. F., Heiniger, R. W., et Everman, W. (2019). Influence of weed manipulation in field borders on brown stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) densities and damage in field corn. *Environmental Entomology*, 48(2), 444–453. <https://doi.org/10.1093/ee/nvz016>

- Babu, A., Pozo-Valdivia, D., Alejandro, I., et Reisig, D. D. (2020). Baseline flight potential of *Euschistus servus* (Hemiptera: Pentatomidae) and its implications on local dispersal. *Environmental Entomology*, 49(3), 699-708. <https://doi.org/10.1093/ee/nvaa041>
- Barbosa, P. (2003). *Conservation Biological Control*. Academic Press, San Diego, USA. 395p.
- Bass, C., et Jones, C. (2018). Editorial overview: Pests and resistance: Resistance to pesticides in arthropod crop pests and disease vectors: mechanisms, models, and tools. *Current Opinion in Insect Science*, 27, iv-vii. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2018.04.009>
- Battisti, A., et Larsson, S. (2015). Climate change and insect pest distribution range. *Climate Change and Insect Pests*. CABI, Wallingford, 1-15.
- Bergh, J. C., Morrison, W. R., Joseph, S. V., et Leskey, T. C. (2017). Characterizing spring emergence of adult *Halyomorpha halys* using experimental overwintering shelters and commercial pheromone traps. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 162(3), 336–345. <https://doi.org/10.1111/eea.12539>
- Blinka, E.L. (2008). Biological and ecological studies on green stink bug, *Acrosternum hilare*, and brown stink bug, *Euschistus servus* (Hemiptera: Pentatomidae), in eastern North Carolina cropping systems. pp. 152-160. Ph.D. dissertation, North Carolina State University, Raleig
- Boquel, S., et Latraverse, A. (2018). Effet d'une culture-piège (tournesol) en bordure de champ de pois sur les populations de punaises. *Rapport final du projet collaboratif entre le CÉROM, la Fédération québécoise des producteurs de fruits et légumes de transformation*, 19.
- Borges, M., Zhang, A., Camp, M. J., et Aldrich, J. R. (2001). Adult diapause morph of the brown stink bug, *Euschistus servus* (Say)(Heteroptera: Pentatomidae). *Neotropical Entomology*, 30(1), 179-182. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2001000100028>
- Borges, M., Moraes, M. C. B., Peixoto, M. F., Pires, C. S. S., Sujii, E. R., et Laumann, R. A. (2011). Monitoring the neotropical brown stink bug *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae) with pheromone-baited traps in soybean fields.

- Journal of Applied Entomology*, 135(1-2), 68–80. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2010.01507.x>
- Brown, L. M. (2017). Biology, ecology, and economics of brown stink bug, *Euschistus servus* (Heteroptera: Pentatomidae), in desert cotton agroecosystems. Master's Thesis, University of Arizona, Tucson, AZ, US, p.75
- Bundy, C. S., et McPherson, R. M. (2000). Dynamics and seasonal abundance of stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae) in a cotton–soybean ecosystem. *Journal of Economic Entomology*, 93(3), 697-706. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-93.3.697>
- Capinera, J. L. (2018). Invasive stink bugs and related species (Pentatomoidea). Biology, higher systematics, semiochemistry, and management. *Florida Entomologist*, 350-351. <https://doi.org/10.1653/024.101.0235>
- Cherry, R., et Nuessly, G. (2010). Establishment of a new stink bug pest, *Oebalus insularis* (Hemiptera: Pentatomidae), in Florida rice. *Florida Entomologist*, 93(2), 291–293. <https://doi.org/10.1653/024.093.0221>
- Chouinard, G., Pelletier, F., & Vincent, C. (2021). Pest Activity and Protection Practices: Four Decades of Transformation in Quebec Apple Orchards. *Insects*, 12(3), 197. <https://doi.org/10.3390/insects12030197>
- Čokl, A., Virant-Doberlet, M., et McDowell, A. (1999). Vibrational directionality in the southern green stink bug, *Nezara viridula* (L.), is mediated by female song. *Animal Behaviour*, 58(6), 1277–1283. <https://doi.org/10.1006/anbe.1999.1272>
- Čokl, A., Žunič-Kosi, A., et Laumann, R. A. (2019). Stink bug communication with multimodal signals transmitted through air and substrate. *Emerging Science Journal*, 3(6), 407–424. <https://doi.org/10.28991/esj-2019-01203>
- Corrêa-Ferreira, B. S., et De Azevedo, J. (2002). Soybean seed damage by different species of stink bugs. *Agricultural and Forest Entomology*, 4(2), 145–150.
- Cottrell, T. E. (2001). Improved trap capture of *Euschistus servus* and *Euschistus tristigmus* (Hemiptera: Pentatomidae) in pecan orchards. <https://doi.org/10.2307/3496414>
- Cullen, E. M., et Zalom, F. G. (2005). Relationship between *Euschistus conspersus* (Hemiptera, Pentatomidae) pheromone trap catch and canopy samples in

- processing tomatoes. *Journal of Applied Entomology*, 129(9-10), 505–514. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2005.01013.x>
- De Santana Souza, E., Lopes Baldin, E. L., Gonçalves Franco da Silva, J. P., et Lourenção, A. L. (2013). Feeding preference of *Nezara viridula* (Hemiptera: Pentatomidae) and attractiveness of soybean genotypes. *Chilean journal of agricultural research*, 73(4), 351-357. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392013000400004>
- Duke, S. (2018). The stink bug complex in Alabama field crops with a focus on the brown marmorated stink bug. <http://hdl.handle.net/10415/6216>
- Favaro, C. F., et Zarbin, P. H. (2012). Identification of the defensive compounds in metathoracic and dorsal abdominal glands of the stink bugs *Loxa deducta* and *Pellaea stictica* (Heteroptera: Pentatomidae). *Química Nova*, 35(8), 1582-1586. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422012000800017>
- Guerra, A. A., et Garcia, R. D. (1982). Seasonal patterns of boll weevil response to grandlure-baited traps in the subtropical Rio Grande Valley of Texas [Anthonomus grandis grandis]. *Southwest Entomology*.
- Gomez, C., et Mizell, R. F. (2008). Brown stink bug *Euschistus servus* (Say) (Insecta: Hemiptera: Pentatomidae). *Florida: University of Florida, IFAS Extension. (EENY 433)*. 5pp. <https://www.growable.org/information/LowChillFruit/documents/BrownStinkBug.pdf>
- Gosselin, B., C. Ouellet, M.F. Asselin. (2014). La punaise brune dans le maïs (sucré et de grandes cultures) (<https://www.agrireseau.net/Rap/documents/b14gc14.pdf>).
- Greene, J. K., Bundy, C. S., Roberts, P. M., et Leonard, B. R. (2006). Identification and management of common boll feeding bugs in cotton. *Clemson Extension, Report, EB158, Clemson University, Blackville, SC, USA*.
- Hartman, E., Rohde, B., Lujo, S., Dixon, M., McNeill, S., et Mankin, R. W. (2017). Behavioral responses of male *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) to mating communication signals from vibration traps in citrus (Sapindales: Rutaceae) trees. *Florida Entomologist*, 100(4), 767–771. <https://doi.org/10.1653/024.100.0425>

- Haye, T., & Weber, D. C. (2017). Special issue on the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*: an emerging pest of global concern. <https://doi.org/10.1007/s10340-017-0897-1>
- Henry, T. J. (2017). Biodiversity of Heteroptera. *Insect biodiversity: science and society*, 1, 279-335.
- Hogmire, H. W., et Leskey, T. C. (2006). An improved trap for monitoring stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae) in apple and peach orchards. *Journal of Entomological Science*, 41(1), 9–21. <https://doi.org/10.18474/0749-8004-41.1.9>
- Hunt, T., B. Wright, et K. Jarvi. (2011). Stink bug populations developing in soybeans and corn. *Crop Watch*, 4 August 2011. University of Nebraska Lincoln, NE. ([http://cropwatch.unl.edu/archive/-/asset\\_publisher/VHeSpfv0Aju/content/4620945](http://cropwatch.unl.edu/archive/-/asset_publisher/VHeSpfv0Aju/content/4620945)). [Consulté le 13 Mars 2020]
- Jones, W. A., et Sullivan, M. J. (1982). Role of host plants in population dynamics of stink bug pests of soybean in South Carolina. *Environmental Entomology*, 11(4), 867–875. <https://doi.org/10.1093/ee/11.4.867>
- Jones, V. P., Westcott, D. M., Finson, N. N., et Nishimoto, R. K. (2001). Relationship between community structure and southern green stink bug (Heteroptera: Pentatomidae) damage in macadamia nuts. *Environmental Entomology*, 30(6), 1028-1035.
- Koch, R. L., Rich, W. A., et Pahs, T. (2016). Statewide and season-long surveys for Pentatomidae (Hemiptera: Heteroptera) of Minnesota wheat. *Annals of the Entomological Society of America*, 109(3), 396–404. <https://doi.org/10.1093/aesa/sav157>
- Koch, R. L., Pezzini, D. T., Michel, A. P., et Hunt, T. E. (2017). Identification, biology, impacts, and management of stink bugs (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae) of soybean and corn in the midwestern United States. *Journal of Integrated Pest Management*, 8(1). <https://doi.org/10.1093/jipm/pmx004>
- Kriticos, D. J., Kean, J. M., Phillips, C. B., Senay, S. D., Acosta, H., et Haye, T. (2017). The potential global distribution of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*, a critical threat to plant biosecurity. *Journal of Pest Science*, 90(4), 1033-1043. <https://doi.org/10.1007/s10340-017-0869-5>.

- Krupke, C. H., Brunner, J. F., Doerr, M. D., et Kahn, A. D. (2001). Field attraction of the stink bug *Euschistus conspersus* (Hemiptera: Pentatomidae) to synthetic pheromone-baited host plants. *Journal of Economic Entomology*, 94(6), 1500–1505. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-94.6.1500>
- Labrie, G., Gagnon, A. È., Vanasse, A., Latraverse, A., et Tremblay, G. (2020). Impacts of neonicotinoid seed treatments on soil-dwelling pest populations and agronomic parameters in corn and soybean in Quebec (Canada). *PLoS One*, 15(2), e0229136. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0229136>
- Lee, D.-H., Short, B. D., Joseph, S. V., Bergh, J. C., et Leskey, T. C. (2013). Review of the biology, ecology, and management of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in China, Japan, and the Republic of Korea. *Environmental Entomology*, 42(4), 627–641.
- Lee, D. H., et Leskey, T. C. (2015). Flight behavior of foraging and overwintering brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae). *Bulletin of Entomological Research*, 105(5), 566-573. <https://doi.org/10.1017/S0007485315000462>
- Leskey, T.C., G.C. Hamilton, A.L. Nielsen, D.F. Polk, C. Rodriguez-Saona, J.C. Bergh, D.A. Herbert, T.P. Kuhar, D. Pfeiffer, G.P. Dively, C.R.R. Hooks, M.J. Raup, P.M. Shrewsbury, G. Krawczyk, P.W. Shearer, J. Whalen, C. Koplinka-Loehr, E. Myers, D. K.A. Hoelmer, D.H. Lee, et S.E. Wright. (2012). Pest status of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* in the USA. *Outlooks on Pest Management*, 23(5): 218–226. <https://doi.org/10.1564/23oct07>
- Leskey, T. C., et Nielsen, A. L. (2018). Impact of the invasive brown marmorated stink bug in North America and Europe: history, biology, ecology, and management. *Annual Review of Entomology*, 63, 599-618. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-020117-043226>
- Mathews, C. R., Blaauw, B., Dively, G., Kotcon, J., Moore, J., Ogburn, E., Pfeiffer, D. G., Trope, T., Walgenbach, J. F., Welty, C., Zinati, G., et Nielsen, A. L. (2017). Evaluating a polyculture trap crop for organic management of *Halyomorpha halys* and native stink bugs in peppers. *Journal of Pest Science*, 90(4), 1245-1255. <https://doi.org/10.1007/s10340-017-0838-z>

- McPherson, J. E., et McPherson, R. (2000). *Stink bugs of economic importance in America north of Mexico*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420042429>
- Michel, A., Bansal, R., et Hammond, R. B. (2013). Stink bugs on soybean and other field crops. *Ohio State University Extension Fact Sheet, FC\_ENT-x-13* ([http://oardc.osu.edu/ag/images/StB\\_Factsheet\\_June\\_26.pdf](http://oardc.osu.edu/ag/images/StB_Factsheet_June_26.pdf)) (accessed 2 February 2020).
- Mizzel, R. F., Riddle, T. C., et Blount, A. S. (2008). Trap cropping system to suppress stink bugs in the southern coastal plain. *Proceeding of the Florida State Horticultural Society* 121:377-382
- Molina, G. A., Trumper, E. V., et Shelly, T. (2012). Selection of soybean pods by the stink bugs, *Nezara viridula* and *Piezodorus guildinii*. *Journal of Insect Science*, 12(1). <https://doi.org/10.1673/031.012.10401>
- Morrison , W. R., Mathews, C. R., et Leskey, T. C. (2016). Frequency, efficiency, and physical characteristics of predation by generalist predators of brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) eggs. *Biological control*, 97, 120–130. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2016.03.008>
- Munyaneza, J., et McPherson, J. E. (1994). Comparative study of life histories, laboratory rearing, and immature stages of *Euschistus servus* and *Euschistus variolarius* (Hemiptera: Pentatomidae). *Great Lakes Entomologist*, 26(4), 263. <https://scholar.valpo.edu/tgle/vol26/iss4/2>
- Nakasuji, F., Hokyo, N., et Kiritani, K. (1965). Spatial distribution of three plant bugs in relation to their behavior. *Researches on Population Ecology*, 7(2), 99-108. <https://doi.org/10.1007/BF02518793>
- Ni, X., Cottrell, T. E., Toews, M. D., Tillman, P. G., et Buntin, G. D. (2016). Diurnal activities of the brown stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) in and near tasseling corn fields. *Journal of Entomological Science*, 51(3), 226–237. <https://doi.org/10.18474/JES06-03.1>
- Nielsen, A. L., et Hamilton, G. C. (2009). Seasonal occurrence and impact of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in tree fruit. *Journal of economic entomology*, 102(3), 1133–1140.

- Nielsen, A. L., Dively, G., Pote, J. M., Zinati, G., et Mathews, C. (2016). Identifying a potential trap crop for a novel insect pest, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae), in organic farms. *Environmental entomology*, 45(2), 472-478. <https://doi.org/10.1093/ee/nvw006>
- Olson, D. M., Ruberson, J. R., et Andow, D. A. (2012). Effects on stink bugs of field edges adjacent to woodland. *Agriculture, Ecosystems et Environment*, 156, 94–98. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.05.005>
- Outward, R., Sorenson, C. E., et Bradley, J. R. (2008). Effects of vegetated field borders on arthropods in cotton fields in eastern North Carolina. *Journal of Insect Science*, 8(1). <https://doi.org/10.1673/031.008.0901>
- Panizzi, A. R. (1997). Wild hosts of pentatomids : Ecological significance and role in their pest status on crops. *Annual Review of Entomology*, 42(1), 99-122. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.42.1.99>
- Panizzi, A. R. (2015). Growing problems with stink bugs (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae): species invasive to the US and potential neotropical invaders. *American Entomologist*, 61(4), 223–233. <https://doi.org/10.1093/ae/tmv068>
- Panizzi, A.R., J.E. McPherson, D.G. James, M. Javahery, et R.M. McPherson. (2000). Stink bugs (Pentatomidae). *Heteroptera of Economic Importance*, pp. 828-840. Boca Raton, London, New York, Washington DC: CRC Press
- Pease, C. G., et Zalom, F. G. (2010). Influence of non-crop plants on stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) and natural enemy abundance in tomatoes. *Journal of Applied Entomology*, 134(8), 626-636. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2009.01452.x>
- Perrings, C., Fenichel, E., et Kinzig, A. (2010). Globalization and invasive alien species: trade, pests, and pathogens. *Bioinvasions and globalization: ecology, economics, management and policy*. Oxford University Press (New York), 42-55.
- Pezzini, D. T. (2018). Community characterization and development of a sampling plan for stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) in soybean in the North Central Region of the U.S. M.S. thesis, University of Minnesota, Minneapolis, MN
- Ramos, Y. G., Gómez, J. R., et Klingen, I. (2017). Seeding dates and cultivars effects on stink bugs population and damage on common bean *Phaseolus vulgaris* L.

- Neotropical Entomology*, 46, 701-710. <https://doi.org/10.1007/s13744-017-0512-4>
- Reay-Jones, F. P. F., Greene, J. K., Toews, M. D., et Reeves, R. B. (2009). Sampling stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) for population estimation and pest management in southeastern cotton production. *Journal of economic entomology*, 102(6), 2360-2370. <https://doi.org/10.1603/029.102.0643>
- Reay-Jones, F. P. F. (2010). Spatial and temporal patterns of stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) in wheat. *Environmental Entomology*, 39(3), 944–955. <https://doi.org/10.1603/EN09274>
- Reay-Jones, F. P. F., Toews, M. D., Greene, J. K., et Reeves, R. B. (2010). Spatial dynamics of stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) and associated boll injury in southeastern cotton fields. *Environmental entomology*, 39(3), 956–969. <https://doi.org/10.1603/EN09237>
- Reed, D. A., Ganjisaffar, F., Palumbo, J. C., et Perring, T. M. (2017). Effects of temperatures on immature development and survival of the invasive stink bug *Bagrada hilaris* (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Economic Entomology*, 110(6), 2497–2503.
- Reeves, R. B., Greene, J. K., Reay-Jones, F. P. F., Toews, M. D., et Gerard, P. D. (2010). Effects of adjacent habitat on populations of stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae) in cotton as part of a variable agricultural landscape in South Carolina. *Environmental Entomology*, 39(5), 1420–1427. <https://doi.org/10.1603/EN09194>
- Reisig, D. D. (2011). Insecticidal management and movement of the brown stink bug, *Euschistus servus*, in corn. *Journal of Insect Science*, 11(1). <https://doi.org/10.1673/031.011.16801>
- Rice, K. B., C.J. Bergh, E.J. Bergmann, D.J. Biddinger, C. Dieckhoff, G. Dively, H. Fraser, T. Gariepy, G. Hamilton, T. Haye, A. Herbert, K. Hoelmer, C.R. Hooks, A. Jones, G. Krawczyk, T. Kuhar, H. Martinson, W. Mitchell, A.L. Nielsen, D.G. Pfeiffer, M.J. Raup, C. Rodriguez-Saona, P. Shearer, P. Shrewsbury, P.D. Venugopal, J. Whalen, N.G. Wiman, T.C. Leskey, et J.F. Tooker. (2014). Biology, ecology, and management of brown marmorated stink bug (Hemiptera:

- Pentatomidae). *Journal of Integrated Pest Management*, 5(3) : A1–A13. <https://doi.org/10.1603/IPM14002>
- Rice, K. B., Troyer, R. R., Watrous, K. M., Tooker, J. F., et Fleischer, S. J. (2017). Landscape factors influencing stink bug injury in Mid-Atlantic tomato fields. *Journal of economic entomology*, 110(1), 94–100. <https://doi.org/10.1093/jee/tow252>
- Santos, I. T. B. F. dos, Pinheiro, H. S. S., Santos, V. B. dos, Santana, L. K. N. de, Poderoso, J. C. M., et Riberio, G. T. (2018). Effects of temperature on the development of *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae): implications for mass rearing. *Florida Entomologist*, 101(3), 458–463.
- Saulich, A. K., et Musolin, D. L. (2012). Diapause in the seasonal cycle of stink bugs (Heteroptera, Pentatomidae) from the temperate zone. *Entomological Review*, 92(1), 1-26. <https://doi.org/10.1134/S0013873812010010>
- Serteyn, L., Ponnet, L., Vigneron, Q., Mabola, F., Corneille, J., et Francis, F. (2018). *Invasion of brown marmorated stink bugs and how to control them*. Benelux Congress of Zoology, Antwerp, Belgium. 14-15 décembre 2018 <https://hdl.handle.net/2268/233583>
- Schoeman, S. (2018). Integrated control of insects in subtropical fruit orchards. *FarmBiz*, 4(3), 19-21. <https://hdl.handle.net/10520/EJC-d0135008e>
- Sibilia, C. D., Brosko, K. A., Hickling, C. J., Thompson, L. M., Grayson, K. L., et Olson, J. R. (2018). Thermal physiology and developmental plasticity of pigmentation in the harlequin bug (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Insect Science*, 18(4), 4.
- Smith, J. F., Luttrell, R. G., Greene, J. K., et Tingle, C. (2009). Early-season soybean as a trap crop for stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae) in Arkansas changing system of soybean production. *Environmental entomology*, 38(2), 450-458. <https://doi.org/10.1603/022.038.0219>
- Stirnemann, A., Gagnon, A.-È., Labrie, G., Lucas, É. (2020). Composition spécifique, abondance saisonnière & influence des facteurs abiotiques chez les punaises à bouclier (Hemiptera : Pentatomidae) en champs de pois au Québec. *Phytoprotection* . <https://doi.org/10.7202/1072867ar>

- Thrift, E. M., Herlihy, M. V., Wallingford, A. K., et Weber, D. C. (2018). Fooling the harlequin bug (Hemiptera: Pentatomidae) using synthetic volatiles to alter host plant choice. *Environmental Entomology*, 47(2), 432-439. <https://doi.org/10.1093/ee/nvy013>
- Tillman, P. G., Northfield, T. D., Mizell, R. F., et Riddle, T. C. (2009). Spatiotemporal patterns and dispersal of stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae) in peanut-cotton farms. *Environmental Entomology*, 38(4), 1038–1052. <https://doi.org/10.1603/022.038.0411>
- Tillman, P. G., Aldrich, J. R., Khrimian, A., et Cottrell, T. E. (2010). Pheromone attraction and cross-attraction of *Nezara*, *Acrosternum*, and *Euschistus* spp. stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae) in the field. *Environmental Entomology*, 39(2), 610-617. <https://doi.org/10.1603/EN09114>
- Tillman, P. G. (2011). Influence of corn on stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae) in subsequent crops. *Environmental entomology*, 40(5), 1159-1176. <https://doi.org/10.1603/EN10243>
- Tillman, P. G., et Cottrell, T. E. (2012). Case study: trap crop with pheromone traps for suppressing *Euschistus servus* (Heteroptera: Pentatomidae) in cotton. *Psyche: A Journal of Entomology*, 2012. <https://doi.org/10.1155/2012/401703>
- Tillman, P. G., Cottrell, T. E., Mizell, R. F., et Kramer, E. (2014). Effect of field edges on dispersal and distribution of colonizing stink bugs across farms of the southeast USA. *Bulletin of Entomological Research*, 104(1), 56-64. <https://doi.org/10.1017/S0007485313000497>
- Tillman, P.G., A. Khrimian, T.E. Cottrell, X. Lou, R.F. Mizell, et C.J. Johnson. (2015). Trap cropping systems and a physical barrier for suppression of stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) in cotton. *Journal of Economic Entomology*, 108(5): 2324–2334. <https://doi.org/10.1093/jee/tov217>
- Toews, M. D., et Donald Shurley, W. (2009). Crop juxtaposition affects cotton fiber quality in Georgia farms. *Journal of economic entomology*, 102(4), 1515-1522. <https://doi.org/10.1603/029.102.0416>
- Venugopal, P. D., Coffey, P. L., Dively, G. P., et Lamp, W. O. (2014). Adjacent habitat influence on stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) densities and the associated

- damage at field corn and soybean edges. *PLoS One*, 9(10), e109917. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0109917>
- Venugopal, P. D., Dively, G. P., et Lamp, W. O. (2015). Spatiotemporal dynamics of the invasive *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in and between adjacent corn and soybean fields. *Journal of Economic Entomology*, 108(5), 2231-2241. <https://doi.org/10.1093/jee/tov188>
- Wallner, A. M., Hamilton, G. C., Nielsen, A. L., Hahn, N., Green, E. J., et Rodriguez-Saona, C. R. (2014). Landscape factors facilitating the invasive dynamics and distribution of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae), after arrival in the United States. *PLoS One*, 9(5). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0095691>
- Wiman, N. G., Walton, V. M., Shearer, P. W., Rondon, S. I., et Lee, J. C. (2015). Factors affecting flight capacity of brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Pest Science*, 88(1), 37-47. <https://doi.org/10.1007/s10340-014-0582-6>
- Yan, Y., Wang, Y. C., Feng, C. C., Wan, P. H. M., et Chang, K. T. T. (2017). Potential distributional changes of invasive crop pest species associated with global climate change. *Applied geography*, 82, 83-92. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.03.011>
- Zerbino, M. S., Altier, N. A., et Panizzi, A. R. (2013). Effect of photoperiod and temperature on nymphal development and adult reproduction of *Piezodorus guildinii* (Heteroptera: Pentatomidae). *Florida Entomologist*, 96(2), 572–583.

## RÉFÉRENCES GENERALES

- Abram, P. K., Hoelmer, K. A., Acebes-Doria *et al.* (2017). Indigenous arthropod natural enemies of the invasive brown marmorated stink bug in North America and Europe. *Journal of Pest Science*, 90(4), 1009-1020. <https://doi.org/10.1007/s10340-017-0891-7>
- Adachi, I., Uchino, K., & Mochizuki, F. (2007). Development of a pyramidal trap for monitoring fruit-piercing stink bugs baited with *Plautia crossota stali* (Hemiptera: Pentatomidae) aggregation pheromone. *Applied Entomology and Zoology*, 42(3), 425-431. <https://doi.org/10.1303/aez.2007.425>
- Adebiyi, A. P., et Aluko, R. E. (2011). Functional properties of protein fractions obtained from commercial yellow field pea (*Pisum sativum* L.) seed protein isolate. *Food Chemistry*, 128(4), 902-908. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.03.116>
- Aldrich, J. R., Hoffmann, M. P., Kochansky, J. P., Lusby, W. R., Eger, J. E., et Payne, J. A. (1991). Identification and attractiveness of a major pheromone component for Nearctic *Euschistus* spp. stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae). *Environmental Entomology*, 20(2), 477–483. <https://doi.org/10.1093/ee/20.2.477>
- Aldrich, J. R., Zanuncio, J. C., Vilela, E. F., Torres, J. B., & Cave, R. D. (1997). Field tests of predaceous pentatomid pheromones and semiochemistry of *Podisus* and *Supputius* species (Heteroptera: Pentatomidae: Asopinae). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, 26, 1-14. <https://doi.org/10.1590/S0301-80591997000100001>
- Aldrich, J. R., Khrimian, A., Chen, X., & Camp, M. J. (2009). Semiochemically based monitoring of the invasion of the brown marmorated stink bug and unexpected

- attraction of the native green stink bug (Heteroptera: Pentatomidae) in Maryland. *Florida Entomologist*, 92(3), 483–491. <https://www.jstor.org/stable/40343687>
- Ali, M., et Ewiess, M. A. (1977). Photoperiodic and temperature effects on rate of development and diapause in the green stink bug, *Nezara viridula* L. (Heteroptera: Pentatomidae). *Zeitschrift für angewandte Entomologie*, 84(1-4), 256-264. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.1977.tb04286.x>
- Allard, G., Pellerin, D., Michaud, R., et Perron, M. (1998). Les fourrages : quelque chose à ne pas manquer. In *Proceedings of the Symposium québécois sur les bovins laitiers* (Vol. 22, pp. 15-37).
- Altieri, M. A., et Letourneau, D. K. (1982). Vegetation management and biological control in agroecosystems. *Crop Protection*, 1(4), 405–430. [https://doi.org/10.1016/0261-2194\(82\)90023-0](https://doi.org/10.1016/0261-2194(82)90023-0)
- Andow, D.A. (1991). Yield Loss to arthropods in vegetationally diverse agroecosystems. *Environmental Entomology*, 20(5) : 1228–1235. <https://doi.org/10.1093/ee/20.5.1228>
- Andrade, S. D., Martinelli, N. M., Rossi, G. D., et Andrade, D. J. (2017). Giant cicada emergence, protandry and chorus centers formation as revealed by studies using a sound trap. *Journal of Insect Behavior*, 30(3), 300–307. <https://doi.org/10.1007/s10905-017-9621-5>
- Andrewartha, H.G., et L.C. Birch. (1986). *The ecological web: more on the distribution and abundance of animals*. University of Chicago Press.
- Angelstam, P. (1992). Conservation of communities—the importance of edges, surroundings and landscape mosaic structure. In *Ecological principles of nature conservation* (pp. 9-70). Springer, Boston, MA. [https://doi.org/10.1007/978-1-4615-3524-9\\_2](https://doi.org/10.1007/978-1-4615-3524-9_2)
- Arif, M. A., Guarino, S., Colazza, S., et Peri, E. (2020). The Role of (E)-2-octenyl Acetate as a Pheromone of *Bagrada hilaris* (Burmeister): Laboratory and Field Evaluation. *Insects*, 11(2), 109. <https://doi.org/10.3390/insects11020109>
- Azrag, A.G., L.K. Murungi, H.E. Tonnang, D. Mwenda, et R. Babin. (2017). Temperature-dependent models of development and survival of an insect pest of African tropical highlands, the coffee antestia bug *Antestiopsis thunbergii*

- (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Thermal Biology*, 70 : 27–36. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2017.10.009>
- Bae, S. D., Kim, H. J., Lee, G. H., & Park, S. T. (2007). Development of observation methods for density of stink bugs in soybean field. *Korean journal of applied entomology*, 46(1), 153-158. <https://doi.org/10.5656/KSAE.2007.46.1.153>
- Bae, S., Yi, H., Yoon, Y., Jang, Y., Kim, Y., & Maharjan, R. (2019). Attraction of stink bugs to rocket traps with different combinations of wing and landing board color. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 22(1), 243–249. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2019.01.007>
- Babu, A. (2018). Farmscape ecology of *Euschistus servus* (Hemiptera: Pentatomidae) in a corn, wheat, soybean ecosystem and development of a sampling plan in corn. pp. 63-109. *Ph.D. dissertation*. North Carolina State University, Raleigh
- Babu, A., Reisig, D. D., Walgenbach, J. F., Heiniger, R. W., et Everman, W. (2019). Influence of weed manipulation in field borders on brown stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) densities and damage in field corn. *Environmental Entomology*, 48(2), 444–453. <https://doi.org/10.1093/ee/nvz016>
- Babu, A., Pozo-Valdivia, D., Alejandro, I., et Reisig, D. D. (2020). Baseline flight potential of *Euschistus servus* (Hemiptera: Pentatomidae) and its implications on local dispersal. *Environmental Entomology*, 49(3), 699-708. <https://doi.org/10.1093/ee/nvaa041>
- Baek, S., A. Hwang, H. Kim, H. Lee, et J.H. Lee. (2017). Temperature-dependent development and oviposition models of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 20(2) : 367–375. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2017.02.009>
- Bakken, A. J., Schoof, S. C., Bickerton, M., Kamminga, K. L., Jenrette, J. C., Malone, S., Abney, M. A., Herbert, D. A., Reisig, D., Kuhar, T. P. et Walgenbach, J. F. (2015). Occurrence of brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) on wild hosts in non managed woodlands and soybean fields in North Carolina and Virginia. *Environmental Entomology*, 44(4), 1011-1021. <https://doi.org/10.1093/ee/nvv092>
- Bale, J. S., G.J. Masters, I.D. Hodkinson, C. Awmack, T.M. Bezemer, V.K. Brown, J. Butterfield, A. Buse, J.C. Coulson, J. Farrar, J.E.G. Good, R. Harrington, S.

- Hartley, T.H. Jones, R.L. Lindroth, M.C. Press, L. Symrnioudis, A.D. Watt, et J.B. Whittaker. (2002). Herbivory in global climate change research: direct effects of rising temperature on insect herbivores. *Global change biology*, 8(1): 1-16. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2002.00451.x>
- Barbosa, P. (2003). *Conservation Biological Control*. Academic Press, San Diego, USA. 395p.
- Barbour, K. S., Bradley Jr, J. R., et Bacheler, J. S. (1988). Phytophagous stink bugs in North Carolina cotton: an evaluation of damage potential. In *Proceedings-Beltwide Cotton Production Research Conferences* (USA).
- Bariselli, M., R. Bugiani, et L. Maistrello. (2016). Distribution and damage caused by *Halyomorpha halys* in Italy. *Eppo Bulletin*, 46(2) : 332–334. <https://doi.org/10.1111/epp.12289>
- Barrigossi, J. A., T. Alves, D. F. Caixeta, and E. D. Quintela. 2013. Effects of *Tibraca limbativentris* Stål (Heteroptera: Pentatomidae) infestations on rice (*Oryza sativa* L.) yield components. ESA 61st Annual Meeting, D0387, p. 174.
- Bass, C., et Jones, C. (2018). Editorial overview: Pests and resistance: Resistance to pesticides in arthropod crop pests and disease vectors: mechanisms, models, and tools. *Current Opinion in Insect Science*, 27, iv-vii. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2018.04.009>
- Bastola, A., et Davis, J. A. (2018). Preference of the Redbanded Stink Bug (Hemiptera: Pentatomidae) for Selected Spring Host Plants. *Journal of economic entomology*, 111(4), 1716-1723.
- Bates, S. L., Zhao, J. Z., Roush, R. T., et Shelton, A. M. (2005). Insect resistance management in GM crops: past, present and future. *Nature biotechnology*, 23(1), 57. <https://doi.org/10.1038/nbt1056>
- Battisti, A., et Larsson, S. (2015). Climate change and insect pest distribution range. *Climate Change and Insect Pests*. CABI, Wallingford, 1-15.
- Baum, K. A., & Wallen, K. E. (2011). Potential bias in pan trapping as a function of floral abundance. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 84(2), 155-159. <https://doi.org/10.2317/JKES100629.1>

- Beketov, M. A., Kefford, B. J., Schäfer, R. B., et Liess, M. (2013). Pesticides reduce regional biodiversity of stream invertebrates. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(27), 11039–11043. <https://doi.org/10.1073/pnas.1305618110>
- Beltzer, A. H., Ríos de Salusso, M. L., et Bucher, E. H. (1988). Alimentacion del nacunda (*Podager nacunda*) en Parana (Entre Ríos). *El Hornero*, 13(01), 047–052.
- Bengtsson, J., Ahnström, J., et Weibull, A.-C. (2005). The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*, 42(2), 261–269. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2005.01005.x>
- Bergh, J. C., Morrison, W. R., Joseph, S. V., et Leskey, T. C. (2017). Characterizing spring emergence of adult *Halyomorpha halys* using experimental overwintering shelters and commercial pheromone traps. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 162(3), 336–345. <https://doi.org/10.1111/eea.12539>
- Bergmann, E. J., Venugopal, P. D., Martinson, H. M., Raupp, M. J., et Shrewsbury, P. M. (2016). Host plant use by the invasive *Halyomorpha halys* (Stål) on woody ornamental trees and shrubs. *PloS One*, 11(2). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0149975>
- Bianchi, F.M., A.L. Marsaro Júnior, J. Grazia, P.R.V.S. Pereira, et A.R. Panizzi. (2019). Diversity of stink bugs (Pentatomidae) associated with canola: looking for potential pests. *Neotropical Entomology*, 48(2) : 219–224. <https://doi.org/10.1007/s13744-018-0642-3>
- Blaauw, B. R., Polk, D., et Nielsen, A. L. (2015). IPM-CPR for peaches: incorporating behaviorally-based methods to manage *Halyomorpha halys* and key pests in peach. *Pest Management Science*, 71(11), 1513–1522.
- Blaauw, B. R., Jones, V. P., et Nielsen, A. L. (2016). Utilizing immunomarking techniques to track *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) movement and distribution within a peach orchard. *PeerJ*, 4, e1997.
- Blackman R. L. et Eastop V. F. (2000). Aphids on the world's crops: An identification and information guide, Second edition. John Wiley et Sons, New York, 476 pp.

- Blinka, E. L., Bachelor, J., Bradley, J. R., & Van Duyn, J. W. (2007). Stink bug distribution based on black light trap captures across North Carolina in relation to surrounding agricultural host plant ratios. *Proc. Beltwide Cotton Conf.*, New Orleans, LA, 9–12.
- Blinka, E.L. (2008). Biological and ecological studies on green stink bug, *Acrosternum hilare*, and brown stink bug, *Euschistus servus* (Hemiptera: Pentatomidae), in eastern North Carolina cropping systems. pp. 152-160. *Ph.D. dissertation*, North Carolina State University, Raleigh
- Boissard, P., Martin, V., et Moisan, S. (2008). A cognitive vision approach to early pest detection in greenhouse crops. *Computers and Electronics in Agriculture*, 62(2), 81–93. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2007.11.009>
- Bommarco, R., Kleijn, D., et Potts, S. G. (2013). Ecological intensification: harnessing ecosystem services for food security. *Trends in Ecology et Evolution*, 28(4), 230–238. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2012.10.012>
- Bonduelle (2011). Document de référence 2010-2011. Repéré à [https://www.bonduelle.com/fileadmin/user\\_upload/SITE\\_CORPO/FINANCE/Document\\_de\\_reference/bonduelle-ddr2011-12.pdf](https://www.bonduelle.com/fileadmin/user_upload/SITE_CORPO/FINANCE/Document_de_reference/bonduelle-ddr2011-12.pdf) [consulté le 25/11/18].
- Boquel, S., et Lataverse, A. (2018). Effet d'une culture-piège (tournesol) en bordure de champ de pois sur les populations de punaises. Rapport final du projet collaboratif entre le CÉROM, la Fédération québécoise des producteurs de fruits et légumes de transformation, 19.
- Borges, M., & Aldrich, J. R. (1992). Instar-specific defensive secretions of stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae). *Experientia*, 48(9), 893–896. <https://doi.org/10.1007/BF02118429>
- Borges, M., et Aldrich, J. R. (1994). Attractant pheromone for Nearctic stink bug, *Euschistus obscurus* (Heteroptera: Pentatomidae): insight into a Neotropical relative. *Journal of chemical ecology*, 20(5), 1095–1102.
- Borges, M., Mori, K., Costa, M. L. M., et Sujii, E. R. (1998a). Behavioural evidence of methyl-2, 6, 10-trimethyltridecanoate as a sex pheromone of *Euschistus heros* (Het., Pentatomidae). *Journal of Applied Entomology*, 122(1–5), 335–338. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.1998.tb01508.x>

- Borges, M., F.G.V. Schmidt, E.R. Sujii, M.A. Medeiros, K. Mori, P.H.G. Zarbin, et J.T.B. Ferreira. (1998b). Field responses of stink bugs to the natural and synthetic pheromone of the neotropical brown stink bug, *Euschistus heros* (Heteroptera: Pentatomidae). *Physiological Entomology*, 23(3) : 202–207. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3032.1998.233086.x>
- Borges, M., Zhang, A., Camp, M. J., et Aldrich, J. R. (2001). Adult diapause morph of the brown stink bug, *Euschistus servus* (Say)(Heteroptera: Pentatomidae). *Neotropical Entomology*, 30(1), 179-182. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2001000100028>
- Borges, M., Moraes, M. C. B., Peixoto, M. F., Pires, C. S. S., Sujii, E. R., et Laumann, R. A. (2011). Monitoring the Neotropical brown stink bug *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae) with pheromone-baited traps in soybean fields. *Journal of Applied Entomology*, 135(1-2), 68-80. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2010.01507.x>
- Brader, B., R.C. Lee, R. Plarre, W. Burkholder, G.B. Kitto, C. Kao, L. Polston, E. Dorneanu, I. Szabo, B. Mead, B. Rouse, D. Sullins, et R. Denning. (2002). A comparison of screening methods for insect contamination in wheat. *Journal of Stored Products Research*, 38(1) : 75–86. [https://doi.org/10.1016/S0022-474X\(01\)00006-6](https://doi.org/10.1016/S0022-474X(01)00006-6)
- Brown, L. M. (2017). *Biology, ecology, and economics of brown stink bug, Euschistus servus (Heteroptera: Pentatomidae), in desert cotton agroecosystems*. Master's Thesis, University of Arizona, Tucson, AZ, US, p.75
- Botteon, V. W., Neves, J. A., et Godoy, W. A. C. (2017). Functional response and matrix population model of *Podisus nigrispinus* (Dallas, 1851) (Hemiptera: Pentatomidae) fed on *Chrysomya putoria* (Wiedemann, 1818) (Diptera: Calliphoridae) as alternative prey. *Neotropical Entomology*, 46(2), 137-143. <https://doi.org/10.1007/s13744-016-0440-8>
- Bowden, J. (1982). An analysis of factors affecting catches of insects in light-traps. *Bulletin of Entomological Research*, 72(4), 535–556. <https://doi.org/10.1017/S0007485300008579>
- Bowling, C. C. (1969). Estimation of rice stink bug populations on rice. *Journal of Economic Entomology*, 62(3), 574–575. <https://doi.org/10.1093/jee/62.3.574>

- Brader, L. (1979). Integrated pest control in the developing world. *Annual Review of Entomology*, 24(1), 225-254. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.24.010179.001301>
- Brennan, S. A., Liburd, O. E., Eger, J. E., & Rhodes, E. M. (2013). Species composition, monitoring, and feeding injury of stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae) in blackberry. *Journal of Economic Entomology*, 106(2), 912-923. <https://doi.org/10.1603/EC12415>
- Buchanan, A., Grieshop, M., et Szendrei, Z. (2018). Assessing annual and perennial flowering plants for biological control in asparagus. *Biological Control*, 127, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.bioccontrol.2018.08.013>
- Bueno, A. F., Paula-Moraes, S. V., Gazzoni, D. L., & Pomari, A. F. (2013). Economic thresholds in soybean-integrated pest management: old concepts, current adoption, and adequacy. *Neotropical Entomology*, 42(5), 439-447. <https://doi.org/10.1007/s13744-013-0167-8>
- Bundy, C. S., et McPherson, R. M. (2000). Dynamics and seasonal abundance of stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae) in a cotton–soybean ecosystem. *Journal of Economic Entomology*, 93(3), 697–706. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-93.3.697>
- Bundy, C. S., McPherson, R. M., et Herzog, G. A. (2000). An examination of the external and internal signs of cotton boll damage by stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae). *Journal of Entomological Science*, 35(4), 402–410. <https://doi.org/10.18474/0749-8004-35.4.402>
- Bundy, C. S. (2012). An annotated checklist of the stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae) of New Mexico. *The Great Lakes Entomologist*, 45(3 et 4), 7. <https://scholar.valpo.edu/tgle/vol45/iss2/7>
- Burks, C., Higbee, B., & Beck, J. (2017). Comparison of monitoring techniques in and near almonds and pistachios under mating disruption treatment for navel orange worm. *VII International Symposium on Almonds and Pistachios*, 1219, 331–338.
- Calliera, M., Luzzani, G., Sacchettini, G., et Capri, E. (2019). Resident's perceptions of non-dietary pesticide exposure risk. Knowledge gaps and challenges for targeted awareness-raising material in Italy. *Science of The Total Environment*, 685, 775-785. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.223>

- Cambridge, J. E., Francoeur, L., et Hamilton, G. C. (2017). Brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) attraction to various light stimuli. *Florida Entomologist*, 583-588. <https://doi.org/10.1653/024.100.0315>
- Campbell, J. H., & Wallace, V. H. (2020). Awareness, support, and perceived impact of the Connecticut pesticide ban. *HortTechnology*, 30(1), 96-101. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH04493-19>
- Capinera, J. L. (2018). Invasive stink bugs and related species (Pentatomoidea). Biology, higher systematics, semiochemistry, and management. *Florida Entomologist*, 350-351. <https://doi.org/10.1653/024.101.0235>
- Cardé, R. T., Bau, J., & Elkinton, J. S. (2018). Comparison of attraction and trapping capabilities of bucket-and delta-style traps with different pheromone emission rates for gypsy moths (Lepidoptera: Erebidae): implications for understanding range of attraction and utility in surveillance. *Environmental Entomology*, 47(1), 107–113.
- Casida, J. E. (2009). Pest toxicology: the primary mechanisms of pesticide action. *Chemical Research in Toxicology*, 22(4), 609–619. <https://doi.org/10.1021/tx8004949>
- Cato, A. J., Bateman, N. R., Lorenz, G. M., Hardke, J. T., Black, J. L., Thrash, B. C., Johnson, D. L., Gore, J., Studebaker, G., Fan, S. et Gaillard, P. R. (2019). Influence of sweep length on rice stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) capture and reliability of population density estimates. *Journal of Economic Entomology*, 112(6), 2713-2718. <https://doi.org/10.1093/jee/toz189>
- Chambers, U., V.M. Walton, et S.A. Mehlenbacher. (2011). Susceptibility of hazelnut cultivars to filbertworm, *Cydia latiferreana*. *HortScience*, 46(10) : 1377–1380. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.46.10.1377>
- Chaux, C., et Foury, C. L. (1994). Cultures légumières et maraîchères. Tome III : Légumineuses potagères, légumes fruits. Tec et Doc Lavoisier, Paris, France, 563 p.
- Chen, J. H., Avila, G. A., Zhang, F., Guo, L. F., Sandanayaka, M., Mi, Q. Q., Shi, S.-S. et Zhang, J. P. (2020). Field cage assessment of feeding damage by *Halyomorpha halys* on kiwifruit orchards in China. *Journal of Pest Science*, 1-11. <https://doi.org/10.1007/s10340-020-01216-8>

- Cherry, R., et Nuessly, G. (2010). Establishment of a new stink bug pest, *Oebalus insularis* (Hemiptera: Pentatomidae), in Florida rice. *Florida Entomologist*, 93(2), 291–293. <https://doi.org/10.1653/024.093.0221>
- Chocorosqui, V. R., et Panizzi, A. R. (2004). Impact of cultivation systems on *Dichelops melacanthus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) population and damage and its chemical control on wheat. *Neotropical Entomology*, 33(4), 487-492. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2004000400014>
- Chouinard, G., Larose, M., Légaré, J. P., Bourgeois, G., Racette, G., & Barrette, M. (2018). Interceptions and captures of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in Quebec from 2008 to 2018. *Phytoprotection*, 98(1), 46-50. <https://doi.org/10.7202/1055355ar>
- Chouinard, G., Pelletier, F., & Vincent, C. (2021). Pest activity and protection practices: four decades of transformation in Quebec apple orchards. *Insects*, 12(3), 197. <https://doi.org/10.3390/insects12030197>
- Clark, R. G., C. Boutin, B. Jobin, D. J. Forsyth, D. Shutler, J. Y. Leeson, O. Olfert, and A. G. Thomas. (2005). Living on the edge: Field boundary habitats, biodiversity, and agriculture. Pages 113–133 in A. G. Thomas, editor. *Field boundary habitats: Implications for weed, insect and disease management. Volume 1. Topics in Canadian Weed Science*, Canadian Weed Science Society - Société canadienne de malherbologie, Sainte-Anne-de-Bellevue, Québec, Canada.
- Clower, D.F. (1958). Damage to corn by the southern green stink bug. *Journal of Economic Entomology*, 51(4) : 471–473. <https://doi.org/10.1093/jee/51.4.471>
- Čokl, A., Virant-Doberlet, M., et McDowell, A. (1999). Vibrational directionality in the southern green stink bug, *Nezara viridula* (L.), is mediated by female song. *Animal Behaviour*, 58(6), 1277–1283. <https://doi.org/10.1006/anbe.1999.1272>
- Čokl, A., Zorović, M., et Millar, J. G. (2007). Vibrational communication along plants by the stink bugs *Nezara viridula* and *Murgantia histrionica*. *Behavioural Processes*, 75(1), 40-54. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2007.01.003>
- Čokl, A., et Borges, M. (2017a). *Stinkbugs: Biorational control based on communication processes*. CRC Press, Boca Raton, Floride, États-Unis, 276 p. <http://doi.org/10.1201/9781315120713>

- Čokl, A., & Borges, M. (2017b). Use of pheromones for monitoring phytophagous stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae). In *Stinkbugs* (p. 230–245). CRC Press.
- Čokl, A., Žunič-Kosi, A., et Laumann, R. A. (2019). Stink bug communication with multimodal signals transmitted through air and substrate. *Emerging Science Journal*, 3(6), 407–424. <https://doi.org/10.28991/esj-2019-01203>
- Coli, W. M., Green, T. A., Hosmer, T. A., & Prokopy, R. J. (1985). Use of visual traps for monitoring insect pests in the Massachusetts apple IPM program. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 14(3-4), 251–265. [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(85\)90040-4](https://doi.org/10.1016/0167-8809(85)90040-4)
- Cook, D. et M. Cutts. (2018). Cotton insect loss estimates. (<https://www.entomology.msstate.edu/resources/pdf/2018/table32.pdf>). [Consulté 15 Juin 2020]
- Cooper, R. J., & Whitmore, R. C. (1990). Arthropod sampling methods in ornithology. *Studies in Avian Biology*, 13(1), 29-37.
- Corrêa-Ferreira, B.S., et F. Moscardi. (1995). Seasonal occurrence and host spectrum of egg parasitoids associated with soybean stink bugs. *Biological Control*, 5(2) : 196–202. <https://doi.org/10.1006/bcon.1995.1024>
- Corrêa-Ferreira, B. S., et Moscardi, F. (1996). Biological control of soybean stink bugs by inoculative releases of *Trissolcus basalis*. *Entomologia experimentalis et applicata*, 79(1), 1-7. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1996.tb00802.x>
- Corrêa-Ferreira, B. S., et De Azevedo, J. (2002). Soybean seed damage by different species of stink bugs. *Agricultural and Forest Entomology*, 4(2), 145–150.
- Cottrell, T. E. (2001). Improved trap capture of *Euschistus servus* and *Euschistus tristigmus* (Hemiptera: Pentatomidae) in pecan orchards. *Florida Entomologist*. 731-731 <https://doi.org/10.2307/3496414>
- Cottrell, T. E., et Horton, D. L. (2011). Trap capture of brown and dusky stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) as affected by pheromone dosage in dispensers and dispenser source. *Journal of Entomological Science*, 46(2), 135–147. <https://doi.org/10.18474/0749-8004-46.2.135>
- Cranshaw, W. S., et E. B. Radcliffe. (1984). Insect contaminants of Minnesota processed peas. *Technical Bulletin*, Item No. AD-TB-2211, Agricultural

- Experiment Station, University of Minnesota  
<https://conservancy.umn.edu/bitstream/handle/11299/109698/TB340.pdf?sequence=1>
- Crowder, D. W. et Jabbour, R. (2014). Relationships between biodiversity and biological control in agroecosystems: Current status and future challenges. *Biological Control*, 75, 8–17. <https://doi.org/10.1016/j.bioccontrol.2013.10.010>
- Cullen, Eileen M., et Zalom, F. G. (2000). Phenology-based field monitoring for consperse stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) in processing tomatoes. *Environmental Entomology*, 29(3), 560–567. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-29.3.560>
- Cullen, E. M., et Zalom, F. G. (2005). Relationship between *Euschistus conspersus* (Hem., Pentatomidae) pheromone trap catch and canopy samples in processing tomatoes. *Journal of Applied Entomology*, 129(9–10), 505–514. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2005.01013.x>
- Cutler, G. C. (2013). Insects, insecticides and hormesis: evidence and considerations for study. *Dose-Response*, 11(2), 154–177. <https://doi.org/10.2203/dose-response.12-008>
- Daane, K. M., Yokota, G. Y., Bentley, W. J., Weinberger, G., Millar, J. G., et Beede, R. H. (2016). Stink bugs and leaffooted bugs. *Pistachio production manual*, 1<sup>st</sup> ed., Oakland, University of California – Agriculture & Natural Resources. 3545, 225–239.
- Da Silva, P.G., et K.M. Daane. (2014). Life history parameters of *Chinavia hilaris* (Hemiptera: Pentatomidae), a stink bug injurious to pistachios in California. *Journal of Economic Entomology*, 107(1) : 166–173. <https://doi.org/10.1603/EC13272>
- Dauber, J., et Wolters, V. (2004). Edge effects on ant community structure and species richness in an agricultural landscape. *Biodiversity et Conservation*, 13(5), 901–915. <https://doi.org/10.1023/B:BIOC.0000014460.65462.2b>
- Daza, E., et Pantoja, A. (1992). Hospederos alternos en pentatómido; implicaciones en el manejo de plagas. *Turrialba (IICA)*, 42 (3), 408–410. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/9904>

- De Castro Solar, R. R., Barlow, J., Andersen, A. N., Schoereder, J. H., Berenguer, E., Ferreira, J. N., et Gardner, T. A. (2016). Biodiversity consequences of land-use change and forest disturbance in the Amazon: A multi-scale assessment using ant communities. *Biological Conservation*, 197, 98-107. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.03.005>
- DeCoursey, R. M., et Esselbaugh, C. O. (1962). Descriptions of the nymphal stages of some North American Pentatomidae (Hemiptera-Heteroptera). *Annals of the Entomological Society of America*, 55(3), 323-342.
- DeCoursey, R. M. (1963). The life histories of *Banasa dimidiata* and *Banasa calva* (Hemiptera: Pentatomidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 56(5), 687-693. <https://doi.org/10.1093/aesa/56.5.687>
- Dent D. (2000). Insect pest management. *CAB International*; Wallingford, UK.
- De Santana Souza, E., Lopes Baldin, E. L., Gonçalves Franco da Silva, J. P., et Lourenção, A. L. (2013). Feeding preference of *Nezara viridula* (Hemiptera: Pentatomidae) and attractiveness of soybean genotypes. *Chilean journal of agricultural research*, 73(4), 351-357. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392013000400004>
- Deutsch, C. A., Tewksbury, J. J., Tigchelaar, M., Battisti, D. S., Merrill, S. C., Huey, R. B., et Naylor, R. L. (2018). Increase in crop losses to insect pests in a warming climate. *Science*, 361(6405), 916-919. 10.1126/science.aat3466
- Duke, S. (2018). The stink bug complex in Alabama field crops with a focus on the brown marmorated stink bug. <http://hdl.handle.net/10415/6216>
- Ehler, L. E. (2000). Farmscape ecology of stink bugs in northern California. *Mem. Thomas Say Publ. Entomol. Entomol. Soc. Am. Press*, Lanham, MD.
- Eilenberg, J., Hajek, A., et Lomer, C. (2001). Suggestions for unifying the terminology in biological control. *BioControl*, 46(4), 387-400. <https://doi.org/10.1023/A:1014193329979>
- Elkinton, J. S., & Cardé, R. T. (1988). Effects of intertrap distance and wind direction on the interaction of gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) pheromone-baited traps. *Environmental Entomology*, 17(5), 764-769. <https://doi.org/10.1093/ee/17.5.764>

- Embrapa (2008). Tecnologias de produção de soja-Região Central do Brasil 2009 e 2010. Embrapa Soja, Londrina, Parana, Brazil. 263pp.
- Endo, N. (2016). Effective monitoring of the population dynamics of *Nezara viridula* and *Nezara antennata* (Heteroptera: Pentatomidae) using a light trap in Japan. *Applied Entomology and Zoology*, 51(3), 341–346. <https://doi.org/10.1007/s13355-016-0404-9>
- Espino, L., Way, M. O., et Wilson, L. T. (2008). Determination of *Oebalus pugnax* (Hemiptera: Pentatomidae) spatial pattern in rice and development of visual sampling methods and population sampling plans. *Journal of Economic Entomology*, 101(1), 216–225. <https://doi.org/10.1093/jee/101.1.216>
- Esquivel, J. F., Medrano, E. G., et Bell, A. A. (2010). Southern green stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) as vectors of pathogens affecting cotton bolls—a brief review. *Southwestern Entomologist*, 35(3), 457–461. <https://doi.org/10.3958/059.035.0332>
- European Food Safety Authority (2008). Conclusion on pesticide peer review regarding the risk assessment of the active substance methomyl. *EFSA Scientific Report*, 222, 1-99r.
- Fagan, W. F., Cantrell, R. S., et Cosner, C. (1999). How habitat edges change species interactions. *The American Naturalist*, 153(2), 165-182.
- FAO (Food and Agriculture Organization). (2018). Production/Yield quantities of peas, green in World. <http://www.fao.org/faostat>
- FAO (Food and Agriculture Organization). (2020). AGP - Integrated Pest Management <http://www.fao.org/agriculture/crops/thematic-sitemap/theme/pests/ipm>
- Favaro, C. F., et Zarbin, P. H. (2012). Identification of the defensive compounds in metathoracic and dorsal abdominal glands of the stink bugs *Loxa deducta* and *Pellaea stictica* (Heteroptera: Pentatomidae). *Química Nova*, 35(8), 1582-1586. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422012000800017>
- Fogain, R., et Graff, S. (2011). First records of the invasive pest, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae), in Ontario and Quebec. *Journal of the Entomological Society of Ontario*. 142 : 45-48.

FQPFLT (Fédération Québécoise des Producteurs de Fruit et Légumes de Transformation) (2018), Rapport annuel 2018. Repéré à <https://www.legumes-transformation.qc.ca> consulté le 15/02/19].

Fucarino, A., Millar, J. G., McElfresh, J. S., et Colazza, S. (2004). Chemical and physical signals mediating conspecific and heterospecific aggregation behavior of first instar stink bugs. *Journal of chemical ecology*, 30(6), 1257-1269. <https://doi.org/10.1023/B:JOEC.0000030276.32665.cb>

Funayama, K. (2008). Seasonal fluctuations and physiological status of *Halyomorpha halys* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae) adults captured in traps baited with synthetic aggregation pheromone of *Plautia crossota stali* Scott (Heteroptera: Pentatomidae). *Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology*, 52(2), 69–75. <https://doi.org/10.1303/aez.2004.617>

Gardner, W. A., Peeler, H. B., LaForest, J., Roberts, P. M., Sparks, A. N. Jr., Greene, J. K., Reisig, D., Suiter, D. R., Bacheler, J. S., Kidd, K., Ray, C. H., Hu, X. P., Kemerait, R. C., Scocco, E. A., Eger, J. E. Jr., Ruberson, J. R., Sikora, E. J., Herbert, D. A. Jr., Campana, C., Halbert, S., Stewart, S. D., Buntin, G. D., Toews M. D. et Bargeron, C. T. (2013). Confirmed distribution and occurrence of *Megacopta cribraria* (F.) (Hemiptera: Plataspidae) in the southeastern United States. *Journal of Entomological Science* 48: 118 – 127. <https://doi.org/10.18474/0749-8004-48.2.118>

Gariepy, T. D., Fraser, H., et Scott-Dupree, C. D. (2014). Brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) in Canada: recent establishment, occurrence, and pest status in southern Ontario. *The Canadian Entomologist*, 146(5), 579-582. <https://doi.org/10.4039/tce.2014.4>

Gatersleben, I. P. K. (2003). Mansfeld's world database of agricultural and horticultural crops. *Leibniz Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research* ([http://mansfeld.ipk-gatersleben.de/mansfeld/mf-inf\\_e.htm](http://mansfeld.ipk-gatersleben.de/mansfeld/mf-inf_e.htm))—accessed 26/02/20).

Getzin, L. W., et Eric Halfhill, J. (1976). Removal of Insect Contaminants from Peas in the Processing Plane. *Journal of Economic Entomology*, 69(5), 647-651. <https://doi.org/10.1093/jee/69.5.647>

- Glover, J. P., Sword, G. A., et Brewer, M. J. (2019). Photoperiod-specific within-plant distribution of the green stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) on cotton. *Environmental Entomology*, 48(5), 1234-1240. <https://doi.org/10.1093/ee/nvz102>
- Glover, T. (1855). Accidents and diseases of the cotton plant. *Report on agriculture by the commissioner of patents for the year*, 230-234.
- Gomez, C., et Mizell, R. F. (2008). Brown stink bug *Euschistus servus* (Say) (Insecta: Hemiptera: Pentatomidae). *Florida: University of Florida, IFAS Extension. (EENY 433)*. 5pp. <https://www.growable.org/information/LowChillFruit/documents/BrownStinkBug.pdf>
- Gonçalves, M. W., Gambale, P. G., Godoy, F. R., Alves, A. A., Rezende, P. H., Cruz, A. D. D., Maciel, N. M., Nomura, F., Bastos, R. P. et Silva, D. D. M. (2017). The agricultural impact of pesticides on *Physalaemus cuvieri* tadpoles (Amphibia: Anura) ascertained by comet assay. *Zoologia (Curitiba)*, 34 <https://doi.org/10.3897/zootaxa.34.e19865>
- Gosselin, B., C. Ouellet, M.F. Asselin. (2014). La punaise brune dans le maïs (sucré et de grandes cultures) (<https://www.agrireseau.net/Rap/documents/b14gc14.pdf>).
- Greene, C. R., Kramer, R. A., Norton, G. W., Rajotte, E. G., et Robert M, M. (1985). An economic analysis of soybean integrated pest management. *American Journal of Agricultural Economics*, 67(3), 567-572. <https://doi.org/10.2307/1241077>
- Greene, J. K., Turnipseed, S. G., Sullivan, M. J., et Herzog, G. A. (1999). Boll damage by southern green stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) and tarnished plant bug (Hemiptera: Miridae) caged on transgenic *Bacillus thuringiensis* cotton. *Journal of Economic Entomology*, 92(4), 941-944. <https://doi.org/10.1093/jee/92.4.941>
- Greene, J. K., Turnipseed, S. G., Sullivan, M. J., et May, O. L. (2001). Treatment thresholds for stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) in cotton. *Journal of Economic Entomology*, 94(2), 403-409. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-94.2.403>
- Greene, J. K., Bundy, C. S., Roberts, P. M., et Leonard, B. R. (2006). Identification and management of common boll feeding bugs in cotton. *Clemson Extension*,

*Report, EB158, Clemson University, Blackville, SC, USA.*  
 (<http://www.clemson.edu/psapublishing/Pages/Entom/EB158.pdf>)

- Guarino, S., Arif, M. A., Millar, J. G., Colazza, S., et Peri, E. (2018). Volatile unsaturated hydrocarbons emitted by seedlings of *Brassica* species provide host location cues to *Bagrada hilaris*. *PloS One*, 13(12). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0209870>
- Guerra, A. A., et Garcia, R. D. (1982). Seasonal patterns of boll weevil response to grandlure-baited traps in the subtropical Rio Grande Valley of Texas [*Anthonomus grandis grandis*]. *Southwest Entomology*.
- Guichard, L., Dedieu, F., Jeuffroy, M. H., Meynard, J. M., Reau, R., et Savini, I. (2017). Le plan Ecophyto de réduction d'usage des pesticides en France : décryptage d'un échec et raisons d'espérer. *Cahiers Agricultures*, 26(1), 14002. <https://doi.org/10.1051/cagri/2017004>
- Gurr, G.M., S.D. Wratten, D.A. Landis, et M. You. (2017). Habitat management to suppress pest populations: progress and prospects. *Annual Review of Entomology*, 62(1) : 91–109. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-031616-035050>
- Hadden, W. T., Nixon, L. J., Leskey, T. C., & Bergh, J. C. (2021). Seasonal distribution of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) captures in woods-to-orchard pheromone trap transects in Virginia. *Journal of economic entomology*. <https://doi.org/10.1093/jee/toab226>
- Hardee, D. D., Cross, W. H., Huddleston, P. M., & Davich, T. B. (1970). Survey and control of the boll weevil in West Texas with traps baited with males. *Journal of Economic Entomology*, 63(4), 1041–1048. <https://doi.org/10.1093/jee/63.4.1041>
- Harris, V.E., et J.W. Todd. (1980). Temporal and numerical patterns of reproductive behavior in the southern green stink bug, *Nezara viridula* (Hemiptera: Pentatomidae). *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 27(2) : 105–116. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1980.tb02954.x>
- Hartman, E., Rohde, B., Lujo, S., Dixon, M., McNeill, S., et Mankin, R. W. (2017). Behavioral responses of male *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) to mating communication signals from vibration traps in citrus (Sapindales: Rutaceae) trees. *Florida Entomologist*, 100(4), 767–771. <https://doi.org/10.1653/024.100.0425>

- Haye, T., & Weber, D. C. (2017). Special issue on the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*: an emerging pest of global concern. <https://doi.org/10.1007/s10340-017-0897-1>
- Henry, T. J. (2017). Biodiversity of Heteroptera. *Insect biodiversity: science and society*, 1, 279-335.
- Herbert, A. D. et Harper, J. D. (1983). Modification of the shake cloth sampling technique for soybean insect research. *Journal of Economic Entomology*, 76(3), 667-670. <https://doi.org/10.1093/jee/76.3.667>
- Hogmire, H. W., et Leskey, T. C. (2006). An improved trap for monitoring stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae) in apple and peach orchards. *Journal of Entomological Science*, 41(1), 9–21. <https://doi.org/10.18474/0749-8004-41.1.9>
- Hori, K., et R. Inamura. (1991). Effects of stationary photoperiod on reproductive diapause, nymphal growth, feeding and digestive physiology of *Eysarcoris lewisi* distant (Heteroptera: Pentatomidae). *Applied Entomology and Zoology*, 26(4) : 493–499. <https://doi.org/10.1303/aez.26.493>
- Huang, T.I., et M.D. Toews. (2012). Feeding preference and movement of *Nezara viridula* and *Euschistus servus* (Hemiptera: Pentatomidae) on individual cotton plants. *Journal of Economic Entomology*, 105(3) : 847–853. <https://doi.org/10.1603/EC11433>
- Hulme, P. E. (2009). Trade, transport, and trouble: managing invasive species pathways in an era of globalization. *Journal of Applied Ecology*, 46(1), 10-18. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2008.01600.x>
- Hunt, T., B. Wright, et K. Jarvi. (2011). Stink bug populations developing in soybeans and corn. *Crop Watch*, 4 August 2011. University of Nebraska Lincoln, NE. ([http://cropwatch.unl.edu/archive-/asset\\_publisher/VHeSpfv0Agju/content/4620945](http://cropwatch.unl.edu/archive-/asset_publisher/VHeSpfv0Agju/content/4620945)). [Consulté 13 Mars 2020]
- Inkley, D. B. (2012). Characteristics of home invasion by the brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Entomological Science*, 47(2), 125-130. <https://doi.org/10.18474/0749-8004-47.2.125>
- ISQ (Institut de la Statistique du Québec) et MAPAQ (Ministère de l’Agriculture, des Pêcheries et de l’Alimentation du Québec (2016), Profil sectoriel de l’industrie

- horticole au Québec Repéré à  
<http://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/agriculture/profil-horticole2016.pdf>  
[consulté le 04/04/21].
- Jawahery, M. (1990). Biology and ecological adaptation of the green stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) in Québec and Ontario. *Annals of the Entomological Society of America*, 83(2), 201-206. <https://doi.org/10.1093/aesa/83.2.201>
- James, D. G., Heffer, R., et Amaike, M. (1996). Field attraction of *Biprorulus bibax* Breddin (Hemiptera: Pentatomidae) to synthetic aggregation pheromone and (E)-2-hexenal, a pentatomid defense chemical. *Journal of Chemical Ecology*, 22(9), 1697–1708. <https://doi.org/10.1007/BF02272408>
- Jones, D., & Sterling, W. L. (1979). Rate and thresholds of boll weevil locomotory activity in response to temperature. *Environmental Entomology*, 8(5), 874–878. <https://doi.org/10.1093/ee/8.5.874>
- Jones, W. A., et Sullivan, M. J. (1982). Role of host plants in population dynamics of stink bug pests of soybean in South Carolina. *Environmental Entomology*, 11(4), 867–875. <https://doi.org/10.1093/ee/11.4.867>
- Jones, V.P., et L.C. Caprio. (1994). Southern green stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) feeding on hawaiian macadamia nuts: the relative importance of damage occurring in the canopy and on the ground. *Journal of Economic Entomology*, 87(2) : 431–435. <https://doi.org/10.1093/jee/87.2.431>
- Jones, V. P., Westcott, D. M., Finson, N. N., et Nishimoto, R. K. (2001). Relationship between community structure and southern green stink bug (Heteroptera: Pentatomidae) damage in macadamia nuts. *Environmental Entomology*, 30(6), 1028-1035.
- Joseph, S. V., Stallings, J. W., Leskey, T. C., Krawczyk, G., Polk, D., Butler, B., et Bergh, J. C. (2014). Spatial distribution of brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) injury at harvest in mid-Atlantic apple orchards. *Journal of Economic Entomology*, 107(5), 1839-1848. <https://doi.org/10.1603/EC14154>
- Kandel, H. 2010. *Soybean production: field guide for North Dakota and Northwestern Minnesota*. North Dakota State University Extension Service. <https://www.ag.ndsu.edu/extensionentomology/field-crops-insect->

- [pests/Documents/soybean/a-1172-soybean-production-field-guide](https://www.ipm.psu.edu/pests/Documents/soybean/a-1172-soybean-production-field-guide) (repéré le 2 Mar. 2020).
- Kamminga, K., A. D. Herbert, Jr., S. Malone, T. P. Kuhar, and J. Greene. (2009). Field Guide to Stink Bugs of Agricultural Importance in the Upper Southern Region and Mid-Atlantic States. College of Agriculture and Life Sciences, Virginia Tech, Blacksburg, VA. <http://hdl.handle.net/10919/50280>
- Kamminga, K. L., Davis, J. A., Stock, S. P., et Richter, A. R. (2012a). First report of a mermithid nematode infecting *Piezodorus guildinii* and *Acrosternum hilare* (Hemiptera: Pentatomidae) in the United States. *Florida Entomologist*, 95(1), 214-217. <https://doi.org/10.1653/024.095.0137>
- Kamminga, K. L., Koppel, A. L., Herbert Jr, D. A., et Kuhar, T. P. (2012b). Biology and management of the green stink bug. *Journal of Integrated Pest Management*, 3(3), C1–C8. <https://doi.org/10.1653/024.095.0137>
- Katayama, E., Fukuda, T., Nozawa, H. (1993). Light trap monitoring of the stink bugs attacking fruit trees and their ovarian development. *Bull. Tochigi Agr. Exp. Stn.*, 40 : 59–74.
- Karp, D. S., Rominger, A. J., Zook, J., Ranganathan, J., Ehrlich, P. R., et Daily, G. C. (2012). Intensive agriculture erodes β-diversity at large scales. *Ecology Letters*, 15(9), 963-970. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2012.01815.x>
- Kennedy, J. S. (1978). The concepts of olfactory ‘arrestment and attraction.’ *Physiological Entomology*, 3(2), 91–98. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3032.1978.tb00138.x>
- Khrimian, Ashot, Shearer, P. W., Zhang, A., Hamilton, G. C., et Aldrich, J. R. (2008). Field trapping of the invasive brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*, with geometric isomers of methyl 2, 4, 6-decatrienoate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(1), 197–203. <https://doi.org/10.1021/jf072087e>
- Khrimian A., Zhang A., Weber D. C., Ho H.-Y., Aldrich J. R., Vermillion K. E., Siegler M. A., Shirali S., Guzman F., Leskey T. C. (2014). Discovery of the aggregation pheromone of the brown marmorated stink bug (*Halyomorpha halys*) through the creation of stereoisomeric libraries of 1-bisabolen-3-ols. *J Nat Prod* 77:1708–1717. <https://doi.org/10.1021/np5003753>

- Khrimian, A., J.R. Aldrich, A. Zhang, T.C. Leskey, et D.C. Weber. (2016). Compositions and methods to attract the brown marmorated stink bug (BMSB), *Halyomorpha halys*. U.S. Patent No. 9,451,771. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Kiritani K., Hokyo H., Kimura K. et Nakasuji F. (1965). Imaginal dispersal of southern green stink bug, *Nezara viridula* (L.) in relation to feeding and oviposition. *Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology*, 9: 291 – 297.
- Kiritani, K., et Sasaba, T. (1969). The differences in bio-and ecological characteristics between neighbouring populations in the southern green stink bug, *Nezara viridula* L. *Japanese Journal of Ecology*, 19(5), 177–184. [https://doi.org/10.18960/seitai.19.5\\_177](https://doi.org/10.18960/seitai.19.5_177)
- Knight, K. M., et Gurr, G. M. (2007). Review of *Nezara viridula* (L.) management strategies and potential for IPM in field crops with emphasis on Australia. *Crop Protection*, 26(1), 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2006.03.007>
- Koch, R.L., et T. Pahs. (2014). Species composition, abundance, and seasonal dynamics of stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) in Minnesota soybean fields. *Environmental Entomology*, 43(4) : 883–888. <https://doi.org/10.1603/EN14082>
- Koch, R. L., et Pahs, T. (2015). Species composition and abundance of stink bugs (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae) in Minnesota field corn. *Environmental entomology*, 44(2), 233-238. <https://doi.org/10.1093/ee/nvv005>
- Koch, R.L., et W.A. Rich. (2015). Stink bug (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae) feeding and phenology on early maturing soybean in Minnesota. *Journal of Economic Entomology*, 108(5) : 2335–2343. <https://doi.org/10.1093/jee/tov218>
- Koch, R. L., Rich, W. A., et Pahs, T. (2016). Statewide and season-long surveys for Pentatomidae (Hemiptera: Heteroptera) of Minnesota wheat. *Annals of the Entomological Society of America*, 109(3), 396–404. <https://doi.org/10.1093/aesa/sav157>
- Koch, R. L., Pezzini, D. T., Michel, A. P., et Hunt, T. E. (2017). Identification, biology, impacts, and management of stink bugs (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae) of soybean and corn in the midwestern United States. *Journal of Integrated Pest Management*, 8(1). <https://doi.org/10.1093/jipm/pmx004>

- Koch, R. L., Ambourn, A., et Burlington, J. (2018). Detections of *Bagrada hilaris* (Hemiptera: Pentatomidae) in Minnesota. *Journal of Entomological Science*, 53(2), 278-280. <https://doi.org/10.18474/JES17-131.1>
- Kogan, M. (1998). Integrated pest management: historical perspectives and contemporary developments. *Annual review of entomology*, 43(1), 243-270. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.43.1.243>
- Koppel, A. L., Herbert Jr, D. A., Kuhar, T. P., et Kamminga, K. (2009). Survey of stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) egg parasitoids in wheat, soybean, and vegetable crops in southeast Virginia. *Environmental Entomology*, 38(2), 375–379. <https://doi.org/10.1603/022.038.0209>
- Krambias, A. (1987). Host plant, seasonal migration and control of the berry bug *Dolycoris baccarum* L. in Cyprus. *FAO Plant Protection Bulletin (FAO)*.
- Kriticos, D. J., Kean, J. M., Phillips, C. B., Senay, S. D., Acosta, H., et Haye, T. (2017). The potential global distribution of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*, a critical threat to plant biosecurity. *Journal of Pest Science*, 90(4), 1033-1043. <https://doi.org/10.1007/s10340-017-0869-5>
- Krupke, C. H., Brunner, J. F., Doerr, M. D., et Kahn, A. D. (2001). Field attraction of the stink bug *Euschistus conspersus* (Hemiptera: Pentatomidae) to synthetic pheromone-baited host plants. *Journal of Economic Entomology*, 94(6), 1500–1505. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-94.6.1500>
- Krupke, C. H., Jones, V. P., & Brunner, J. F. (2006). Diel periodicity of *Euschistus conspersus* (Heteroptera: Pentatomidae) aggregation, mating, and feeding. *Annals of the Entomological Society of America*, 99(1), 169–174. [https://doi.org/10.1603/0013-8746\(2006\)099\[0169:DPOECH\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0013-8746(2006)099[0169:DPOECH]2.0.CO;2)
- Labrie, G. Gagnon, A-È., Rioux, S., de Almeida, J., Tremblay, G. & Duval, B. (2017). Impact des néonicotinoïdes & des fongicides foliaires sur les maladies, les ravageurs des semis, le puceron du soya & les ennemis naturels ainsi que sur les paramètres agronomiques du soya au Québec. Projet Prime-Vert PV3.2-2014-020. [https://www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/Agroenvironnement/PV-3.2-2014-020\\_Rapport.pdf](https://www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/Agroenvironnement/PV-3.2-2014-020_Rapport.pdf)

- Labrie, G., Gagnon, A. È., Vanasse, A., Latraverse, A., et Tremblay, G. (2020). Impacts of neonicotinoid seed treatments on soil-dwelling pest populations and agronomic parameters in corn and soybean in Quebec (Canada). *PLoS One*, 15(2), e0229136. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0229136>
- Lafond, J., et Pageau, D. (2010). Fertilisation phosphatée et potassique dans la culture du pois sec. *Canadian Journal of Plant Science*, 90(5), 629-636. <https://doi.org/10.4141/CJPS09152>
- Lancashire, P. D., Bleiholder, H., Boom, T. V. D., Langelüddeke, P., Stauss, R., Weber, E., et Witzenberger, A. (1991). A uniform decimal code for growth stages of crops and weeds. *Annals of applied Biology*, 119(3), 561-601. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1991.tb04895.x>
- Lau, E. T. C., Karraker, N. E., et Leung, K. M. Y. (2015). Temperature-dependent acute toxicity of methomyl pesticide on larvae of three Asian amphibian species. *Environmental toxicology and chemistry*, 34(10), 2322-2327. <https://doi.org/10.1002/etc.3061>
- Lee, C.-K., Lim, J.-T., Choi, J.-S., Kim, O.-R., Park, J.-D., et Lee, S.-M. (2002). Seasonal occurrence and damage by three cerambycid borers in chestnut trees. *Journal of Korean Forestry Society*, 91(6), 701-705.
- Lee, W., Kang, J., Jung, C., Hoelmer, K., Lee, S. H., et Lee, S. (2009). Complete mitochondrial genome of brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae), and phylogenetic relationships of hemipteran suborders. *Molecules and Cells*, 28(3), 155-165. <https://doi.org/10.1007/s10059-009-0125-9>
- Lee, D.-H., Short, B. D., Joseph, S. V., Bergh, J. C., et Leskey, T. C. (2013). Review of the biology, ecology, and management of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in China, Japan, and the Republic of Korea. *Environmental Entomology*, 42(4), 627-641. <https://doi.org/10.1603/EN13006>
- Lee, D.-H., Nielsen, A. L., et Leskey, T. C. (2014a). Dispersal capacity and behavior of nymphal stages of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) evaluated under laboratory and field conditions. *Journal of Insect Behavior*, 27(5), 639-651. <https://doi.org/10.1007/s10905-014-9456-2>

- Lee, D.-H., Short, B. D., Nielsen, A. L., et Leskey, T. C. (2014b). Impact of organic insecticides on the survivorship and mobility of *Halyomorpha halys* (Stål) (Hemiptera: Pentatomidae) in the laboratory. *Florida Entomologist*, 97(2), 414–422. <https://doi.org/10.1653/024.097.0211>
- Lee, D. H., et Leskey, T. C. (2015). Flight behavior of foraging and overwintering brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae). *Bulletin of entomological research*, 105(5), 566-573. <https://doi.org/10.1017/S0007485315000462>
- Leskey, T. C., et Hogmire, H. W. (2005). Monitoring stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) in mid-Atlantic apple and peach orchards. *Journal of Economic Entomology*, 98(1), 143–153. <https://doi.org/10.1093/jee/98.1.143>
- Leskey, T. C., et Hogmire, H. W. (2007). Response of the brown stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) to the aggregation pheromone, methyl (2 E, 4 Z)-decadienoate. *Journal of Entomological Science*, 42(4), 548–557. <https://doi.org/10.18474/0749-8004-42.4.548>
- Leskey, T.C., G.C. Hamilton, A.L. Nielsen, D.F. Polk, C. Rodriguez-Saona, J.C. Bergh, D.A. Herbert, T.P. Kuhar, D. Pfeiffer, G.P. Dively, C.R.R. Hooks, M.J. Raup, P.M. Shrewsbury, G. Krawczyk, P.W. Shearer, J. Whalen, C. Koplinka-Loehr, E. Myers, D. K.A. Hoelmer, D.H. Lee, et S.E. Wright. (2012a). Pest status of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* in the USA. *Outlooks on Pest Management*, 23(5): 218–226. <https://doi.org/10.1564/23oct07>
- Leskey, T. C., Wright, S. E., Short, B. D., et Khrimian, A. (2012b). Development of behaviorally based monitoring tools for the brown marmorated stink bug (Heteroptera: Pentatomidae) in commercial tree fruit orchards. *Journal of Entomological Science*, 47(1), 76–85. <https://doi.org/10.18474/0749-8004-47.1.76>
- Leskey, Tracy C., Lee, D.-H., Glenn, D. M., & Morrison, W. R. (2015). Behavioral responses of the invasive *Halyomorpha halys* (Stål) (Hemiptera: Pentatomidae) to light-based stimuli in the laboratory and field. *Journal of Insect Behavior*, 28(6), 674–692. <https://doi.org/10.1007/s10905-015-9535-z>
- Leskey, Tracy C., Hamilton, G. C., Biddinger, D. J., Buffington, M. L., Dieckhoff, C., Dively, G. P., Fraser, H., Hedstrom, C., Herbert, D. A., et Hoelmer, K. A. (2016).

- Halyomorpha halys* (brown marmorated stink bug).  
<http://www.cabi.org/isc/datasheetreport?dsid=27377>
- Leskey, T. C., et Nielsen, A. L. (2018). Impact of the invasive brown marmorated stink bug in North America and Europe: history, biology, ecology, and management. *Annual Review of Entomology*, 63, 599-618. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-020117-043226>
- Lichtfouse, E., Navarrete, M., Debaeke, P., Souchère, V., Alberola, C., et Ménassieu, J. (2009). Agronomy for sustainable agriculture: a review. In *Sustainable agriculture* (pp. 1-7). Springer, Dordrecht. [https://doi.org/10.1007/978-90-481-2666-8\\_1](https://doi.org/10.1007/978-90-481-2666-8_1)
- Likhayo, P.W., et R.J. Hodges. (2000). Field monitoring *Sitophilus zeamais* and *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) using refuge and flight traps baited with synthetic pheromone and cracked wheat. *Journal of Stored Products Research*, 36(4), 341-353. [https://doi.org/10.1016/S0022-474X\(99\)00052-1](https://doi.org/10.1016/S0022-474X(99)00052-1)
- Liu, W., Wan, F., et Guo, J. (2002). Structure and seasonal dynamics of arthropods in transgenic *Bt* cotton field. *Acta Ecologica Sinica*, 22(5), 729–735.
- Losey, J. E., et Vaughan, M. (2006). The economic value of ecological services provided by insects. *Bioscience*, 56(4), 311–323. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2006\)56\[311:TEVOES\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2006)56[311:TEVOES]2.0.CO;2)
- Ludwick, D., Morrison III, W. R., Acebes-Doria, A. L., Agnello, A. M., Bergh, J. C., Buffington, M. L., Hamilton, G. C., Harper, J. K., Hoelmer, K. A., Krawczyk, G., Kuhar, T. P., Pfeiffer, D. G., Nielsen, A. L., Rice, K. B., Rodriguez-Saona, C., Shearer, P. W., Shrewsbury, P. M., Talamas, E. J., Walgenbach, J. F., Wiman, N. G. et Leskey, T. C. (2020). Invasion of the brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) into the United States: developing a national response to an invasive species crisis through collaborative research and outreach efforts. *Journal of Integrated Pest Management*, 11(1), pmaa001. <https://doi.org/10.1093/jipm/pmaa001>
- Luttrell, R. G., Teague, T. G., et Brewer, M. J. (2015). Cotton insect pest management. *Cotton*, 57, 509-546. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr57.2014.0072>
- Macavei, L. I., Baetan, R., Oltean, I., Florian, T., Varga, M., Costi, E., et Maistrello, L. (2015). First detection of *Halyomorpha halys* Stål, a new invasive species with a

- high potential of damage on agricultural crops in Romania. *Lucrări Științifice, Universitatea de Stiinte Agricole și Medicină Veterinară*” Ion Ionescu de la Brad” Iași, Seria Agronomie, 58, 105-108.
- Maciel, A. A., de Lemos, R. N., Souza, J. R. D., Costa, V. A., Barrigossi, J. A., et Chagas, E. F. D. (2007). Parasitismo de ovos de *Tibraca limbativentris* Stål (Hemiptera: Pentatomidae) na cultura do arroz no Maranhão. *Neotropical Entomology*, 36(4), 616-618.
- Mahajan, R., Dar, A. A., Mukthar, S., Zargar, S. M., et Sharma, S. (2018). *Pisum Improvement Against Biotic Stress: Current Status and Future Prospects*. In *Pulse Improvement* (pp. 109-136). Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-01743-9\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-030-01743-9_6)
- Maistrello, L., Vaccari, G., Caruso, S., Costi, E., Bortolini, S., Macavei, L., Foca, G., Ulrici, A., Paolo Bortolotti, P., Nannini, R., Casoli, L., Fornaciari, M., Mazzoli Lorenzo, G. et Dioli, Paride. (2017). Monitoring of the invasive *Halyomorpha halys*, a new key pest of fruit orchards in northern Italy. *Journal of Pest Science*, 90(4), 1231-1244. <https://doi.org/10.1007/s10340-017-0896-2>
- MAPAQ (Ministère de l’Agriculture, des Pêches et de l’Alimentation du Québec) (2011). Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture 2011-2021. Ministère de l’Agriculture, des Pêcheries et de l’Alimentation du Québec. Repéré à [https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Publications/Strategie\\_phytosanitaire.pdf](https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Publications/Strategie_phytosanitaire.pdf) [consulté le 14/09/18].
- MAPAQ (Ministère de l’Agriculture, des Pêches et de l’Alimentation du Québec) (2014). *Monographie de l’industrie du légume de transformation au Québec*. Ministère de l’Agriculture, des Pêcheries et de l’Alimentation du Québec. Repéré à [https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Publications/Monographie\\_legumestransformation\\_web.pdf](https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Publications/Monographie_legumestransformation_web.pdf) [consulté le 31/08/18].
- MAPAQ (Ministère de l’Agriculture, des Pêches et de l’Alimentation du Québec) (2019). Le dépistage des ennemis des cultures pour des interventions ciblées. Ministère de l’Agriculture, des Pêcheries et de l’Alimentation du Québec. Repéré à <https://www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/ProtectionCultures/Troussepesticides/Fiche4.pdf> [consulté le 14/02/20].

- Marie-Victorin, F. (1997). Flore laurentienne. Troisième édition mise à jour et annotée par L. Brouillet, SG Hay, I. Goulet, M. Blondeau, J. Cayouette et J. Labrecque. *Les Presses de l'Université de Montréal, Montréal.*
- Martin, G., Barth, K., Blanc, M., Dumont, B., Hübner, S., Magne, M. A., Mosnier, C., Primi, R., Schanz, L., Werne, S. et Winckler, C. (2019). Diversified farming systems for improved sustainability of agriculture: potentialities and challenges. 6th Farming Systems Design Symposium, Montevideo, Uruguay, 18-21 August 2019
- Mathews, C. R., Blaauw, B., Dively, G., Kotcon, J., Moore, J., Ogburn, E., Pfeiffer, D. G., Trope, T., Walgenbach, J. F., Welty, C., Zinati, G., et Nielsen, A. L. (2017). Evaluating a polyculture trap crop for organic management of *Halyomorpha halys* and native stink bugs in peppers. *Journal of Pest Science*, 90(4), 1245-1255. <https://doi.org/10.1007/s10340-017-0838-z>
- Mayo, J. H., Straka, T. J., & Leonard, D. S. (2003). The cost of slowing the spread of the gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae). *Journal of Economic Entomology*, 96(5), 1448–1454. <https://doi.org/10.1093/jee/96.5.1448>
- McBrien, H. L. et Millar, J. G. (1999). Pheromones of non-Lepidopteran insects pests of agriculture. CAB International, Wallingfor, England. 300p
- McBrien, H. L., Čokl, A., et Millar, J. G. (2002). Comparison of substrate-borne vibrational signals of two congeneric stink bug species, *Thyanta pallidovirens* and *T. custator accerra* (Heteroptera: Pentatomidae). *Journal of Insect Behavior*, 15(6), 715–738. <https://doi.org/10.1023/A:1020513218454>
- McCrary, K. W. (2018). A review of sampling and monitoring methods for beneficial arthropods in agroecosystems. *Insects*, 9(4), 170. <https://doi.org/10.3390/insects9040170>
- McPherson, J. E., et McPherson, R. (2000). *Stink bugs of economic importance in America north of Mexico*. CRC Press, Boca Raton, Floride, États-Unis, 272p. <https://doi.org/10.1201/9781420042429>
- McPherson, J.E., et R.H. Mohlenbrock. (1976). A list of the Scutelleroidea of the la rue-pine hills ecological area with notes on biology. *The Great Lakes Entomologist*, 9(3): 125–69 <https://scholar.valpo.edu/tgle/vol9/iss3/1>

- Mcpherson, J.E., et I. Ahmad. (2012). Comparison of male genitalia of *Euschistus* spp. in the midwestern United States (Hemiptera : Heteroptera : Pentatomidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 105(3) : 395–402. <https://doi.org/10.1603/AN11181>
- McPherson, R. M., Pitis, J. R., Newsom, L. D., Chapin, J. B., et Herzog, D. C. (1982). Incidence of tachinid parasitism of several stink bug (Heteroptera: Pentatomidae) species associated with soybean. *Journal of Economic Entomology*, 75(5), 783–786. <https://doi.org/10.1093/jee/75.5.783>
- MDDELCC (Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les Changement Climatique) (2015). Stratégie québécoise sur les pesticides 20152018. Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements Climatiques, 24 p. [http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/developpement/strategie\\_gouvernementale/exemples\\_actions.pdf](http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/developpement/strategie_gouvernementale/exemples_actions.pdf) [consulté le 19/10/18].
- Meier, U., Bleiholder, H., Buhr, L., Feller, C., Hack, H., Heß, M. et al., (2009). The BBCH system to coding the phenological growth stages of plants—history and publications. *Journal für Kulturpflanzen*, 61(2), 41-52.
- Michel, A., R. Bansal, et R.B. Hammond. (2013). Stink bugs on soybean and other field crops. Ohio State University Extension Fact Sheet, FC\_ENT-x-13 ([Http://Oardc.Osu.Edu/Ag/Images/StB\\_Factsheet\\_June\\_26.Pdf](Http://Oardc.Osu.Edu/Ag/Images/StB_Factsheet_June_26.Pdf)) [Consulté 31 Mai 2020].
- Millar, J. G., McBrien, H. L., Ho, H. Y., Rice, R. E., Cullen, E., Zalom, F. G., et Uokl, A. (2002). Pentatomid bug pheromones in IPM: possible applications and limitations. *Bulletin of the International Organization of Biological Control*, Pheromone working Group Bulletin, 25(9), 241-250.
- Millar, J. G., McBrien, H. M., et Steven McElfresh, J. (2010). Field trials of aggregation pheromones for the stink bugs *Chlorochroa uhleri* and *Chlorochroa sayi* (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Economic Entomology*, 103(5), 1603-1612. <https://doi.org/10.1603/EC10095>
- Mizell, R. F., Riddle, T. C., & Blount, A. S. (2008). Trap cropping system to suppress stink bugs in the southern coastal plain. In *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* (Vol. 121, pp. 377-382).

- Molina, G. A., Trumper, E. V., et Shelly, T. (2012). Selection of soybean pods by the stink bugs, *Nezara viridula* and *Piezodorus guildinii*. *Journal of Insect Science*, 12(1). <https://doi.org/10.1673/031.012.10401>
- Moore, P. D., Yedjou, C. G., et Tchounwou, P. B. (2010). Malathion-induced oxidative stress, cytotoxicity, and genotoxicity in human liver carcinoma (HepG2) cells. *Environmental toxicology*, 25(3), 221-226. <https://doi.org/10.1002/tox.20492>
- Moraes, M. C., Pareja, M., Laumann, R. A., et Borges, M. (2008). The chemical volatiles (semiochemicals) produced by neotropical stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae). *Neotropical Entomology*, 37(5), 489–505. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2008000500001>
- Morehead, J. A. (2016). Efficacy of organic insecticides and repellents against brown marmorated stink bug in vegetables (Doctoral dissertation, Virginia Tech). <http://hdl.handle.net/10919/71810>
- Moriya, S., & Shiga, M. (1984). Attraction of the male brown-winged green bug, *Plautia stali* Scott (Heteroptera: Pentatomidae) for males and females of the same species. *Applied Entomology and Zoology*, 19(3), 317–322. <https://doi.org/10.1303/aez.19.317>
- Moriya, S., Shiga, M., et Mabuchi, M. (1987). Analysis of light trap records in four major species of fruit-piercing stink bugs, with special reference to body size variation in trapped adults of *Plautia stali* Scott. Kaju Shikenjo hokoku. *Bulletin of the Fruit Tree Research Station. Series*, 14, 79–94.
- Morrill, A. W. (1910). *Plant-bugs injurious to cotton bolls* (No. 86). US Department of Agriculture, Bureau of Entomology.
- Morrison, W. R., Lee, D.-H., Short, B. D., Khrimian, A., et Leskey, T. C. (2016a). Establishing the behavioral basis for an attract-and-kill strategy to manage the invasive *Halyomorpha halys* in apple orchards. *Journal of Pest Science*, 89(1), 81–96. <https://doi.org/10.1007/s10340-015-0679-6>
- Morrison, W. R., Mathews, C. R., et Leskey, T. C. (2016b). Frequency, efficiency, and physical characteristics of predation by generalist predators of brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) eggs. *Biological control*, 97, 120–130. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2016.03.008>

- Morrison, W. R., Allen, M., et Leskey, T. C. (2018). Behavioural response of the invasive *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) to host plant stimuli augmented with semiochemicals in the field. *Agricultural and Forest Entomology*, 20(1), 62-72. <https://doi.org/10.1111/afe.12229>
- Muehlbauer, F. J., et Tullu, A. (1997). *Pisum sativum L. NewCrop Factsheet*, Purdue University, Center for new crops et plant products. <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/cropfactsheets/pea.html>
- Munyaneza, J., et McPherson, J. E. (1994). Comparative study of life histories, laboratory rearing, and immature stages of *Euschistus servus* and *Euschistus variolarius* (Hemiptera: Pentatomidae). *Great Lakes Entomologist*, 26(4), 263. <https://scholar.valpo.edu/tgle/vol26/iss4/2>
- Munyaneza, J., et J.E. McPherson. (2017). Comparative study of life histories, laboratory rearing, and immature stages of *Euschistus servus* and *Euschistus variolarius* (Hemiptera: Pentatomidae). *The Great Lakes Entomologist*, 26(4) : 2. <https://scholar.valpo.edu/tgle/vol26/iss4/2>
- Musolin, D. L., Tougou, D., et Fujisaki, K. (2010). Too hot to handle? Phenological and life-history responses to simulated climate change of the southern green stink bug *Nezara viridula* (Heteroptera: Pentatomidae). *Global Change Biology*, 16(1), 73-87. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.01914.x>
- Musolin D. L. (2012). Surviving winter: diapause syndrome of the southern green stink bug *Nezara viridula* in the laboratory, in the field, and under climate change conditions. *Physiological Entomology*, 37: 309 – 322. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3032.2012.00846.x>
- Musolin, D. L., Konjević, A., et Karpun, N. N. (2018). Invasive brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae) in Russia, Abkhazia, and Serbia: history of invasion, range expansion, early stages of establishment, and first records of damage to local crops. *Arthropod Plant Interact* 12: 517–529. <https://doi.org/10.1007/s11829-017-9583-8>
- Nakamura, K. (1982). Competition between females and pheromone traps: time lag between female mating activity and male trap captures. *Applied Entomology and Zoology*, 17(3), 292-300. <https://doi.org/10.1303/aez.17.292>

- Nakasui, F., Hokyo, N., et Kiritani, K. (1965). Spatial distribution of three plant bugs in relation to their behavior. *Researches on Population Ecology*, 7(2), 99–108. <https://doi.org/10.1007/BF02518793>
- Negrón, J.F., et T.J. Riley. (1987). Southern green stink bug, *Nezara viridula* (Heteroptera: Pentatomidae), feeding in corn. *Journal of Economic Entomology*, 80(3) : 666–669. <https://doi.org/10.1093/jee/80.3.666>
- Ni, X., K. Da, G.D. Buntin, T.E. Cottrell, P.G. Tillman, D.M. Olson, R. Powell Jr, R.D. Lee, P.D. Jeffrey, et B.T. Scully. (2010). Impact of brown stink bug (Heteroptera: Pentatomidae) feeding on corn grain yield components and quality. *Journal of Economic Entomology*, 103(6) : 2072–2079. <https://doi.org/10.1603/EC09301>
- Ni, X., Cottrell, T. E., Toews, M. D., Tillman, P. G., et Buntin, G. D. (2016). Diurnal activities of the brown stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) in and near tasseling corn fields. *Journal of Entomological Science*, 51(3), 226–237. <https://doi.org/10.18474/JES06-03.1>
- Ni, X., Cottrell, T. E., Buntin, G. D., Li, X., Wang, W., et Zhuang, H. (2017). Monitoring of brown stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) population dynamics in corn to predict its abundance using weather data. *Insect science*.
- Ni, X., Cottrell, T. E., Buntin, G. D., Li, X., Wang, W., et Zhuang, H. (2019). Monitoring of brown stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) population dynamics in corn to predict its abundance using weather data. *Insect Science*, 26(3), 536–544. <https://doi.org/10.1111/1744-7917.12545>
- Nielsen, A. L., et Hamilton, G. C. (2009). Seasonal occurrence and impact of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in tree fruit. *Journal of Economic Entomology*, 102(3), 1133–1140. <https://doi.org/10.1603/029.102.0335>
- Nielsen, A. L., Hamilton, G. C., et Shearer, P. W. (2011). Seasonal phenology and monitoring of the non-native *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in soybean. *Environmental Entomology*, 40(2), 231–238. <https://doi.org/10.1603/EN10187>
- Nielsen, A. L., Dively, G., Pote, J. M., Zinati, G., et Mathews, C. (2016a). Identifying a potential trap crop for a novel insect pest, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae), in organic farms. *Environmental entomology*, 45(2), 472–478. <https://doi.org/10.1093/ee/nvw006>

- Nielsen, A. L., Chen, S., & Fleischer, S. J. (2016b). Coupling developmental physiology, photoperiod, and temperature to model phenology and dynamics of an invasive Heteropteran, *Halyomorpha halys*. *Frontiers in Physiology*, 7, 165. <https://doi.org/10.1093/ee/nvw006>
- Niva, C. C., et Takeda, M. (2003). Effects of photoperiod, temperature and melatonin on nymphal development, polyphenism and reproduction in *Halyomorpha halys* (Heteroptera: Pentatomidae). *Zoological Science*, 20(8), 963-971. <https://doi.org/10.2108/zsj.20.963>
- Northeast IPM Center. (2020). Management of brown marmorated stink bug in the US in specialty crops. StopBMSB.org.
- OCDE (Organisation de Coopération et de Développement Économique). (2007). Harmonised Environmental Indicators for Pesticide Risk. Repéré à [http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=env/jm/mono\(2007\)27etdclanguage=en](http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=env/jm/mono(2007)27etdclanguage=en) [consulté le 05/09/18].
- Olson, D. M., Ruberson, J. R., Zeilinger, A. R., & Andow, D. A. (2011). Colonization preference of *Euschistus servus* and *Nezara viridula* in transgenic cotton varieties, peanut, and soybean. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 139(2), 161-169. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2011.01116.x>
- Olson, D. M., Ruberson, J. R., & Andow, D. A. (2012). Effects on stink bugs of field edges adjacent to woodland. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 156, 94–98. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.05.005>
- Owens, D.R., D.A. Herbert Jr, T.P. Kuhar, et D.D. Reisig. (2013). Effects of temperature and relative humidity on the vertical distribution of stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) within a soybean canopy and implications for field sampling. *Journal of Entomological Science*, 48(2) : 90–98. <https://doi.org/10.18474/0749-8004-48.2.90>
- INSPQ (2010). Mesures de réduction de l'exposition aux pesticides dans les aliments : synthèse. Repéré à [https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1166\\_MesuresReducPesticidesAliments\\_Synthese.pdf](https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1166_MesuresReducPesticidesAliments_Synthese.pdf) [consulté le 13/09/18].
- Olson, D. M., et Andow, D. A. (2008). Patch edges and insect populations. *Oecologia*, 155(3), 549–558. <https://doi.org/10.1007/s00442-007-0933-6>

- Olson, D. M., Ruberson, J. R., et Andow, D. A. (2012). Effects on stink bugs of field edges adjacent to woodland. *Agriculture, Ecosystems et Environment*, 156, 94–98. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.05.005>
- OMS (Organisation Mondiale de la Santé). (2016). *9th FAO/WHO joint meeting on pesticide management, 12-16 October 2015, Nanjing, China: report* (No. WHO/HTM/NTD/WHOPES/2016.1). World Health Organization. [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/204713/WHO\\_HTM\\_NTD\\_WHOPES\\_2016.1\\_eng.pdf](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/204713/WHO_HTM_NTD_WHOPES_2016.1_eng.pdf)
- Outward, R., Sorenson, C. E., et Bradley, J. R. (2008). Effects of vegetated field borders on arthropods in cotton fields in eastern North Carolina. *Journal of Insect Science*, 8(1). <https://doi.org/10.1673/031.008.0901>
- Owusu-Manu, E. (1977). Notes on some factors influencing egg production and development in *Bathycoelia Thalassina* (Herrich-Schaeffer) (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Natural History*, 11(4), 425–444. <https://doi.org/10.1080/00222937700770341>
- Paiero, S. M., Marshall, S. A., McPherson, J. E., et Ma, M.-S. (2013). Stink bugs (Pentatomidae) and parent bugs (Acanthosomatidae) of Ontario and adjacent areas: A key to species and a review of the fauna. *Canadian Journal of Arthropod Identification*, 24, 1-183. <https://doi.org/10.3752/cjai.2013.24>
- Palumbo, J. C., Perring, T. M., Millar, J. G., et Reed, D. A. (2016). Biology, ecology, and management of an invasive stink bug, *Bagrada hilaris*, in North America. *Annual Review of Entomology*, 61, 453-473. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-010715-023843>
- Panizzi, A. R., Ferreira, B., Gazzoni, D. L., De Oliveira, E. B., Newman, G. G., et Turnipseed, S. G. (1977). Insetos da soja no Brasil. *Embrapa Soja-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento* (INFOTECA-E). CNPSO, Londrina, PR, Bol Téc 1, 20p
- Panizzi, A.R., et F. Slansky Jr. (1985). Review of phytophagous pentatomids (Hemiptera: Pentatomidae) associated with soybean in the Americas. *Florida Entomologist*, 68 : 184–214. <https://doi.org/10.2307/3494344>
- Panizzi, A. R., et Alves, R. M. (1993). Performance of nymphs and adults of the southern green stink bug (Heteroptera: Pentatomidae) exposed to soybean pods

- at different phenological stages of development. *Journal of Economic Entomology*, 86(4), 1088-1093. <https://doi.org/10.1093/jee/86.4.1088>
- Panizzi, A. R., Niva, C. C., et Hirose, E. (1995). Feeding preference by stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae) for seeds within soybean pods. *Journal of Entomological Science*, 30(3), 333-341. <https://doi.org/10.18474/0749-8004-30.3.333>
- Panizzi, A. R. (1997). Wild hosts of pentatomids: ecological significance and role in their pest status on crops. *Annual Review of Entomology*, 42(1), 99–122. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.42.1.997>
- Panizzi, A. R. (2000). Suboptimal nutrition and feeding behavior of hemipterans on less preferred plant food sources. *Anais Da Sociedade Entomológica Do Brasil*, 29(1), 1–12.
- Panizzi, A.R., et B.S. Corrêa-Ferreira. (1997). Dynamics in the insect fauna adaptation to soybean in the tropics. *Trends in Entomology*, 1 : 71–88.
- Panizzi, A.R., J.E. McPherson, D.G. James, M. Javahery, et R.M. McPherson. (2000). Stink bugs (Pentatomidae). *Heteroptera of Economic Importance*, pp. 828-840. Boca Raton, London, New York, Washington DC: CRC Press
- Panizzi, A.R. (2015). Growing problems with stink bugs (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae): species invasive to the US and potential neotropical invaders. *American Entomologist*, 61(4), 223-233. <https://doi.org/10.1093/ae/tmv068>
- Pareja, M., Borges, M., Laumann, R. A., et Moraes, M. C. (2007). Inter-and intraspecific variation in defensive compounds produced by five neotropical stink bug species (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Insect Physiology*, 53(7), 639–648. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2007.04.004>
- Paulen, O., & Kobolka, R. (2018). Monitoring of moth pests in apple tree orchard. *Acta Horticulturae & Regiotecturae*, 21(2), 54–57. <https://doi.org/10.2478/ahr-2018-0012>
- Pease, C. G., et Zalom, F. G. (2010). Influence of non-crop plants on stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) and natural enemy abundance in tomatoes. *Journal of applied entomology*, 134(8), 626-636. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2009.01452.x>

- Penca, C., Hodges, A. C., Leppla, N. C., et Cottrell, T. E. (2020). Trap-based economic injury levels and thresholds for *Euschistus servus* (Hemiptera: Pentatomidae) in Florida peach orchards. *Journal of Economic Entomology*. 113(3), 1347-1355. <https://doi.org/10.1093/jee/toaa044>
- Perrings, C., Fenichel, E., et Kinzig, A. (2010). Globalization and invasive alien species: trade, pests, and pathogens. *Bioinvasions and globalization: ecology, economics, management and policy*. Oxford University Press (New York), 42-55.
- Petrovskii, S., Bearup, D., Ahmed, D. A., & Blackshaw, R. (2012). Estimating insect population density from trap counts. *Ecological Complexity*, 10, 69-82. <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2011.10.002>
- Pezzini, D. T. (2018). Community characterization and development of a sampling plan for stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) in soybean in the North Central Region of the U.S. *M.S. thesis*, University of Minnesota, Minneapolis, MN
- Pilkay, G. L., Reay-Jones, F. P., et Greene, J. K. (2014). Host preference of the parasitoid *Trichopoda pennipes* (Diptera: Tachinidae) with *Euschistus servus* and *Nezara viridula* (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of entomological science*, 49(1), 56-62. <https://doi.org/10.18474/0749-8004-49.1.56>
- Pino, M.R., L. Landesa, J.L. Rodriguez, F. Obelleiro, et R.J. Burkholder. (1999). The generalized forward-backward method for analyzing the scattering from targets on ocean-like rough surfaces. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 47(6), 961-969. <https://doi.org/10.1109/8.777118>
- Pisa, L. W., Amaral-Rogers, V., Belzunces, L. P., Bonmatin, J. M., Downs, C. A., Goulson, D., Kreutzweiser, D. P., Krupke, C., Liess, M., McField, M., Morrissey, C.A., Noome, D.A., Settele, J., Simon-Delso, N., Stark J. D., Van der Sluijs J. P. Van Dyck H., Wiemers, M. (2015). Effects of neonicotinoids and fipronil on non-target invertebrates. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(1), 68-102. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3471-x>
- Pyke, B., Sterling, W., et Hartstack, A. (1980). Beat and shake bucket sampling of cotton terminals for cotton flea hoppers, other pests, and predators. *Environmental Entomology*, 9(5), 572-576. <https://doi.org/10.1093/ee/9.5.572>
- Ramankutty, N., Mehrabi, Z., Waha, K., Jarvis, L., Kremen, C., Herrero, M., et Rieseberg, L. H. (2018). Trends in global agricultural land use: implications for

- environmental health and food security. *Annual review of plant biology*, 69, 789-815. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042817-040256>
- Ramos, Y. G., Gómez, J. R., et Klingen, I. (2017). Seeding dates and cultivars effects on stink bugs population and damage on common bean *Phaseolus vulgaris* L. *Neotropical Entomology*, 46, 701-710. <https://doi.org/10.1007/s13744-017-0512-4>
- Rasmussen, J. J., Baattrup-Pedersen, A., Wiberg-Larsen, P., McKnight, U. S., et Kronvang, B. (2011). Buffer strip width and agricultural pesticide contamination in Danish lowland streams: Implications for stream and riparian management. *Ecological Engineering*, 37(12), 1990-1997. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2011.08.016>
- R Core Team (2019). R: A language and environment for statistical computing. *R Foundation for Statistical Computing*, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>
- Rea, J. H., Wratten, S. D., Sedcole, R., Cameron, P. J., Davis, S. I., et Chapman, R. B. (2002). Trap cropping to manage green vegetable bug *Nezara viridula* (L.) (Heteroptera: Pentatomidae) in sweet corn in New Zealand. *Agricultural and Forest Entomology*, 4(2), 101–107. <http://doi.org/10.1046/j.1461-9563.2002.00130.x>
- Read, R. A. (1964). Tree windbreaks for the central Great Plains. US Department of Agriculture, Forest Service. Handbook No. 250
- Reay-Jones, F. P. F., Greene, J. K., Toews, M. D., et Reeves, R. B. (2009). Sampling stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) for population estimation and pest management in southeastern cotton production. *Journal of Economic Entomology*, 102(6), 2360–2370. <https://doi.org/10.1603/029.102.0643>
- Reay-Jones, F. P. F. (2010). Spatial and temporal patterns of stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) in wheat. *Environmental Entomology*, 39(3), 944–955. <https://doi.org/10.1603/EN09274>
- Reay-Jones, F.P.F., M.D. Toews, J.K. Greene, et R.B. Reeves. (2010). Spatial dynamics of stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) and associated boll injury in southeastern cotton fields. *Environmental Entomology*, 39(3) : 956–969. <https://doi.org/10.1603/EN09237>

- Reay-Jones, F. P. F. (2014). Spatial distribution of stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) in wheat. *Journal of Insect Science*, 14(98), 1-22.
- Rechcigl, J. E., et Rechcigl, N. A. (Eds.). (2016). *Insect pest management: techniques for environmental protection*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781439822685>
- Reed, D. A., Ganjisaffar, F., Palumbo, J. C., et Perring, T. M. (2017). Effects of temperatures on immature development and survival of the invasive stink bug *Batrachomoeus hilaris* (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Economic Entomology*, 110(6), 2497–2503. <https://doi.org/10.1093/jee/tox289>
- Reeves, R. B., Greene, J. K., Reay-Jones, F. P. F., Toews, M. D., et Gerard, P. D. (2010). Effects of adjacent habitat on populations of stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae) in cotton as part of a variable agricultural landscape in South Carolina. *Environmental Entomology*, 39(5), 1420–1427. <https://doi.org/10.1603/EN09194>
- Reisig, D. D. (2011). Insecticidal management and movement of the brown stink bug, *Euschistus servus*, in corn. *Journal of Insect Science*, 11(1). <https://doi.org/10.1673/031.011.16801>
- Ribeiro, S., Sousa, J. P., Nogueira, A. J. A., et Soares, A. (2001). Effect of endosulfan and parathion on energy reserves and physiological parameters of the terrestrial isopod *Porcellio dilatatus*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 49(2), 131-138. <https://doi.org/10.1006/eesa.2001.2045>
- Ribeiro, J. C. T., Nunes-Freitas, A. F., Fidalgo, E. C. C., & Uzêda, M. C. (2019). Forest fragmentation and impacts of intensive agriculture: Responses from different tree functional groups. *Plos one*, 14(8), e0212725. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212725>
- Rice, K. B., C.J. Bergh, E.J. Bergmann, D.J. Biddinger, C. Dieckhoff, G. Dively, H. Fraser, T. Gariepy, G. Hamilton, T. Haye, A. Herbert, K. Hoelmer, C.R. Hooks, A. Jones, G. Krawczyk, T. Kuhar, H. Martinson, W. Mitchell, A.L. Nielsen, D.G. Pfeiffer, M.J. Raup, C. Rodriguez-Saona, P. Shearer, P. Shrewsbury, P.D. Venugopal, J. Whalen, N.G. Wiman, T.C. Leskey, et J.F. Tooker. (2014). Biology, ecology, and management of brown marmorated stink bug (Hemiptera:

- Pentatomidae). *Journal of Integrated Pest Management*, 5(3): A1–A13. <https://doi.org/10.1603/IPM14002>
- Rice, K. B., Troyer, R. R., Watrous, K. M., Tooker, J. F., et Fleischer, S. J. (2017). Landscape factors influencing stink bug injury in Mid-Atlantic tomato fields. *Journal of economic entomology*, 110(1), 94–100. <https://doi.org/10.1093/jee/tow252>
- Ritchie, J.W., G.Y. Abawi, S.C. Dutta, T.R. Harris, and M. Bange. (2004). Risk management strategies using seasonal climate forecasting in irrigated cotton production: A tale of stochastic dominance. *Aust. J. Agric. Resour. Econ.* 48(1):65–93. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8489.2004.00236.x>
- Roch, J.-F. (2016). *Guide d'identification des punaises à bouclier du Québec (Hemiptera : Pentatomoidea)*. Entomofaune du Quebec (EQ) inc., Saguenay, Québec, Canada 244 p.
- Rodríguez, S., Gualotuna, T., et Grilo, C. (2017). A system for the monitoring and predicting of data in precision agriculture in a rose greenhouse based on wireless sensor networks. *Procedia Computer Science*, 121, 306-313.
- Rojas, M. G., Morales-Ramos, J. A., et King, E. G. (2000). Two meridic diets for *Perillus bioculatus* (Heteroptera: Pentatomidae), a predator of *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae). Biological Control, 17(1), 92–99. <https://doi.org/10.1006/bcon.1999.0780>
- Rolston, L. H., et R.L. Kendrick. (1961). Biology of the brown stink bug, *Euschistus servus* Say. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 34(3) : 151–157. <https://www.jstor.org/stable/25083222>
- Roulston, T. A. H., Smith, S. A., & Brewster, A. L. (2007). A comparison of pan trap and intensive net sampling techniques for documenting a bee (Hymenoptera: Apiformes) fauna. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 80(2), 179-181. <https://www.jstor.org/stable/25086376>
- Rudd, W. G., & Jensen, R. L. (1977). Sweep net and ground cloth sampling for insects in soybeans. *Journal of Economic Entomology*, 70(3), 301-304. <https://doi.org/10.1093/jee/70.3.301>

- SAgE Pesticide. (2020). Toxicité des substances actives. Disponible sur <http://www.sagepesticides.qc.ca>
- Santos, I. T. B. F. D., Pinheiro, H. S. S., Santos, V. B. D., Santana, L. K. N. D., Poderoso, J. C. M., et Riberio, G. T. (2018). Effects of temperature on the development of *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae): implications for mass rearing. *Florida Entomologist*, 101(3), 458-463. <https://doi.org/10.1653/024.101.0303>
- Sappington, T. W., & Spurgeon, D. W. (2000). Variation in boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) captures in pheromone traps arising from wind speed moderation by brush lines. *Environmental Entomology*, 29(4), 807–814. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-29.4.807>
- Sargent, C., Martinson, H. M., et Raupp, M. J. (2014). Traps and trap placement may affect location of brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) and increase injury to tomato fruits in home gardens. *Environmental Entomology*, 43(2), 432–438. <https://doi.org/10.1603/EN13237>
- Saulich, A. K., et Musolin, D. L. (2012). Diapause in the seasonal cycle of stink bugs (Heteroptera, Pentatomidae) from the temperate zone. *Entomological Review*, 92(1), 1-26. <https://doi.org/10.1134/S0013873812010010>
- Schoeman, S. (2018). Integrated control of insects in subtropical fruit orchards. *FarmBiz*, 4(3), 19-21. <https://hdl.handle.net/10520/EJC-d0135008e>
- Schotzko, D. J., & O'Keeffe, L. E. (1990). Effect of pea and lentil development on reproduction and longevity of *Thyanta pallidovirens* (Stål) (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of economic entomology*, 83(4), 1333-1337. <https://doi.org/10.1093/jee/83.4.1333>
- Scotti, R., Bonanomi, G., Scelza, R., Zoina, A., et Rao, M. A. (2015). Organic amendments as sustainable tool to recovery fertility in intensive agricultural systems. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 15(2), 333-352. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-9516201500500031>
- Serteyn, L., Ponnet, L., Vigneron, Q., Mabola, F., Corneille, J., et Francis, F. (2018). *Invasion of brown marmorated stink bugs and how to control them*. Benelux Congress of Zoology, Antwerp, Belgium. 14-15 décembre 2018 <https://hdl.handle.net/2268/233583>

- Shearer, P. W., et Jones, V. P. (1996). Suitability of macadamia nut as a host plant of *Nezara viridula* (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Economic Entomology*, 89(4), 996–1003. <https://doi.org/10.1093/jee/89.4.996>
- Sibilia, C. D., Brosko, K. A., Hickling, C. J., Thompson, L. M., Grayson, K. L., et Olson, J. R. (2018). Thermal physiology and developmental plasticity of pigmentation in the harlequin bug (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Insect Science*, 18(4), 4. <https://doi.org/10.1093/jisesa/iey066>
- Silva, M.H., et S.L. Beauvais. (2010). Human health risk assessment of endosulfan. I: Toxicology and hazard identification. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 56(1), 4-17. <https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2009.08.013>
- Silva, F.A.C., J.J. Da Silva, R.A. Depieri, et A.R. Panizzi. (2012). Feeding activity, salivary amylase activity, and superficial damage to soybean seed by adult *Edessa meditabunda* (F.) and *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae). *Neotropical Entomology*, 41(5) : 386–390. <https://doi.org/10.1007/s13744-012-0061-9>
- Smith, J. F., Luttrell, R. G., Greene, J. K., et Tingle, C. (2009). Early-season soybean as a trap crop for stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae) in Arkansas changing system of soybean production. *Environmental entomology*, 38(2), 450-458. <https://doi.org/10.1603/022.038.0219>
- Sosa-Gómez, D. R., Corrêa-Ferreira, B. S., Kraemer, B., Pasini, A., Husch, P. E., Delfino Vieira, C. E., Martinez, B. R. et Negrão Lopes, I. O. (2019). Prevalence, damage, management, and insecticide resistance of stink bug populations (Hemiptera: Pentatomidae) in commodity crops. *Agricultural and Forest Entomology*. 22(2), 99-118. <https://doi.org/10.1111/afe.12366>
- Sparling, D. W., Fellers, G. M., et McConnell, L. L. (2001). Pesticides and amphibian population declines in California, USA. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 20(7), 1591–1595. <https://doi.org/10.1002/etc.5620200725>
- Smith, P., House, J. I., Bustamante, M., Sobocká, J., Harper, R., Pan, G., West, P., Clark, J., Adhya, T., Rumpel, C., Paustian, K., Kuikman, P., Cotrufo, M.F., Elliott, J.A., McDowell, R., Griffiths, R., Asakawa, S., Bondeau, A. Jain, A.K., Meersmans, J. et Pugh, T.A.M. (2016). Global change pressures on soils from

- land use and management. *Global Change Biology*, 22(3), 1008-1028. <https://doi.org/10.1111/gcb.13068>
- Snodgrass, G. L., Adamczyk Jr, J. J., & Gore, J. (2005). Toxicity of insecticides in a glass-vial bioassay to adult brown, green, and southern green stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae). *Journal of Economic Entomology*, 98(1), 177–181. <https://doi.org/10.1093/jee/98.1.177>
- Stehle, S., et Schulz, R. (2015). Agricultural insecticides threaten surface waters at the global scale. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(18), 5750-5755.
- Stirnemann, A., Gagnon, A.-È., Labrie, G., Lucas, É. (2020). Composition spécifique, abondance saisonnière & influence des facteurs abiotiques chez les punaises à bouclier (Hemiptera : Pentatomidae) en champs de pois au Québec. *Phytoprotection*. <https://doi.org/10.7202/1072867ar>
- Southwood, T. R. E. (1978). Ecological methods. Chapman and Hall London. Spain, AV, Hidgen, MJ 1994. *Changes in the composition of sugarcane harvest residues during decomposition as a surface mulch*. Biology and Fertility of Soils, (17), 225.
- Suckling, D. M. (2000). Issues affecting the use of pheromones and other semiochemicals in orchards. *Crop Protection*, 19(8-10), 677-683. <https://doi.org/10.1073/pnas.1500232112>
- Suckling, D. M., Cristofaro, M., Roselli, G., Levy, M. C., Cemmi, A., Mazzoni, V., Stringer, L. D., Zeni, V., Ioratti, C. & Anfora, G. (2019). The competitive mating of irradiated brown marmorated stink bugs, *Halyomorpha halys*, for the sterile insect technique. *Insects*, 10(11), 411. <https://doi.org/10.3390/insects10110411>
- Sugie, H., M. Yoshida, K. Kawasaki, H. Noguchi, S. Moriya, K. Takagi, H. Fukuda, A. Fujiie, M. Yamanaka, Y. Ohira, T. Tsutsumi, K. Tsuda, K. Fukumoto, M. Yamashita, et H. Suzuki. (1996). Identification of the aggregation pheromone of the brown-winged green bug, *Plautia stali* Scott (Heteroptera: Pentatomidae). *Applied Entomology and Zoology*, 31(3) : 427–431. <https://doi.org/10.1303/aez.31.427>
- Stirnemann, A., Gagnon, A.-È., Labrie, G., Lucas, É. (2020). Composition spécifique, abondance saisonnière & influence des facteurs abiotiques chez les punaises à

- bouclier (Hemiptera : Pentatomidae) en champs de pois au Québec. *Phytoprotection*. <https://doi.org/10.7202/1072867ar>
- Tada, N., Yoshida, M., et Sato, Y. (2001). Monitoring of forecasting for stink bugs in apple, 1: Characteristics of attraction to aggregation pheromone in Iwate prefecture [Japan]. *Annual Report of the Society of Plant Protection of North Japan* (Japan). 52 : 224-226
- Takita, M., Sugie, H., Tabata, J., Ishii, S., & Hiradate, S. (2008). Isolation and estimation of the aggregation pheromone from *Eysarcoris lewisi* (Distant) (Heteroptera: Pentatomidae). *Applied entomology and zoology*, 43(1), 11-17. <https://doi.org/10.1303/aez.2008.11>
- Tavanpour, T., A. Sarafrazi, M.R. Mehrnejad, et S. Imani. (2019). Distribution modelling of *Acrosternum* spp. (Hemiptera: Pentatomidae) in south of Iran. *Biologia*, 1–9. <https://doi.org/10.2478/s11756-019-00266-3>
- Tchounwou, P. B., Patlolla, A. K., Yedjou, C. G., et Moore, P. D. (2015). Environmental exposure and health effects associated with Malathion toxicity. In *Toxicity and Hazard of Agrochemicals*. 71.
- Tecic, D.L., et J.E. McPherson. (2018). Resurvey of the pentatomoidea (Heteroptera) of the la rue-pine hills research natural area in Union County, Illinois. *The Great Lakes Entomologist*, 37(1): 30-70. <https://scholar.valpo.edu/tgle/vol37/iss1/4>
- Teulon, D. A., Davidson, M. M., Nielsen, M., Butler, R., Bosch, D., Riudavets, J., et Castañé, C. (2018). Efficacy of a non-pheromone semiochemical for trapping of western flower thrips in the presence of competing plant volatiles in a nectarine orchard. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 16(3), 10-01 <https://doi.org/10.5424/sjar/2018163-13060>
- Thrift, E. M., Herlihy, M. V., Wallingford, A. K., et Weber, D. C. (2018). Fooling the harlequin bug (Hemiptera: Pentatomidae) using synthetic volatiles to alter host plant choice. *Environmental Entomology*, 47(2), 432-439. <https://doi.org/10.1093/ee/nvy013>
- Tillman, P.G. (2006). Sorghum as a trap crop for *Nezara viridula* L. (Heteroptera: Pentatomidae) in cotton in the southern United States. *Environmental Entomology*, 35(3) : 771–783. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-35.3.771>

- Tillman, P. G. (2008). Populations of stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae) and their natural enemies in peanuts. *Journal of Entomological Science*, 43(2), 191–207. <https://doi.org/10.18474/0749-8004-43.2.191>
- Tillman, P. G. (2010a). Composition and abundance of stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae) in corn. *Environmental Entomology*, 39(6), 1765–1774. <https://doi.org/10.1603/EN09281>
- Tillman, P. G. (2010b). Parasitism and predation of stink bug (Heteroptera: Pentatomidae) eggs in Georgia corn fields. *Environmental Entomology*, 39(4), 1184–1194. <https://doi.org/10.1603/EN09323>
- Tillman, P. G. (2011). Influence of corn on stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae) in subsequent crops. *Environmental entomology*, 40(5), 1159–1176. <https://doi.org/10.1603/EN10243>
- Tillman, P.G. (2013). Likelihood of stink bugs colonizing crops: a case study in southeastern farmscapes. *Environmental Entomology*, 42(3) : 438–444. <https://doi.org/10.1603/EN12269>
- Tillman, P. G., et Cottrell, T. E. (2012). Case study: trap crop with pheromone traps for suppressing *Euschistus servus* (Heteroptera: Pentatomidae) in cotton. *Psyche: A Journal of Entomology*, 2012. <https://doi.org/10.1155/2012/401703>
- Tillman, P.G., et Cottrell, T.E. (2016). Stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) in pheromone-baited traps near crop field edges in Georgia, USA. *Florida Entomologist*, 99(3) : 363–371. <https://doi.org/10.1653/024.099.0304>
- Tillman, D., Fargione, J., Wolff, B., D'Antonio, C., Dobson, A., Howarth, R., et al., (2001). Forecasting agriculturally driven global environmental change. *Science*, 292(5515), 281–284. <https://doi.org/10.1126/science.1057544>
- Tillman, P. G., Northfield, T. D., Mizell, R. F., et Riddle, T. C. (2009). Spatiotemporal patterns and dispersal of stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae) in peanut-cotton farmscapes. *Environmental Entomology*, 38(4), 1038–1052. <https://doi.org/10.1603/022.038.0411>
- Tillman, P. G., Aldrich, J. R., Khrimian, A., et Cottrell, T. E. (2010). Pheromone attraction and cross-attraction of *Nezara*, *Acrosternum*, and *Euschistus* spp. stink

- bugs (Heteroptera: Pentatomidae) in the field. *Environmental entomology*, 39(2), 610-617. <https://doi.org/10.1603/EN09114>
- Tillman, P. G., Cottrell, T. E., Mizell, R. F., et Kramer, E. (2014). Effect of field edges on dispersal and distribution of colonizing stink bugs across farmscapes of the southeast USA. *Bulletin of Entomological Research*, 104(1), 56-64. <https://doi.org/10.1017/S0007485313000497>
- Tillman, P.G., A. Khrimian, T.E. Cottrell, X. Lou, R.F. Mizell, et C.J. Johnson. (2015). Trap cropping systems and a physical barrier for suppression of stink bugs (Hemiptera: Pentatomidae) in cotton. *Journal of Economic Entomology*, 108(5): 2324–2334. <https://doi.org/10.1093/jee/tov217>
- Tillman, P. Glynn, & Cottrell, T. E. (2019). Influence of pheromone-baited traps on stink bugs in cotton. *Journal of Insect Science*, 19(1), 24.
- Todd, J. W., et Herzog, D. C. (1980). Sampling phytophagous Pentatomidae on soybean. In *Sampling Methods in Soybean Entomology*, (Kogan, M. et Herzog, D.C., Eds), Springer, New York, NY, États-Unis, pp. 438-478 [https://doi.org/10.1007/978-1-4612-9998-1\\_23](https://doi.org/10.1007/978-1-4612-9998-1_23)
- Toews, M. D., Greene, J., Reay-Jones, F. P. F., Reeves, R. B., Boyd, S., Huffman, M., Richter, D., & Robertson, B. (2008). A comparison of sampling techniques for stink bugs in cotton. *Proceedings of the beltwide cotton conferences*, 8-11 January 2008Nashville, TNNational Cotton Council of America, Memphis, TN 1193–1203.
- Toews, M. D., et Donald Shurley, W. (2009). Crop juxtaposition affects cotton fiber quality in Georgia farmscapes. *Journal of economic entomology*, 102(4), 1515-1522. <https://doi.org/10.1603/029.102.0416>
- Topping, C. J., & Sunderland, K. D. (1992). Limitations to the use of pitfall traps in ecological studies exemplified by a study of spiders in a field of winter wheat. *Journal of Applied Ecology*, 485-491. <https://doi.org/10.2307/2404516>
- Tozoou, P., W. Poutouli, P. Akantetou, B. Ayeva, N.A. Nadio, M.E. Bokobana, B. Bonfoh, K. Koba, et K. Sanda. (2014). Évaluation des dégâts des punaises (Heteroptera) sur les capsules vertes de cotonnier en fonction des traitements chimiques au Togo. *Sciences de La Vie, de La Terre et Agronomie*, 2 (2). <http://publication.lecames.org/index.php/svt/article/viewFile/420/279>

- Trachantong, W., Saenphet, S., Saenphet, K., et Chaiyapo, M. (2017). Lethal and sublethal effects of a methomyl-based insecticide in *Hoplobatrachus rugulosus*. *Journal of toxicologic pathology*, 30(1), 15-24. <https://doi.org/10.1293/tox.2016-0039>
- Truxa, C., et Fiedler, K. (2012). Attraction to light—from how far do moths (Lepidoptera) return to weak artificial sources of light? *European Journal of Entomology*, 109(1). <http://www.eje.cz/scripts/viewabstract.php?abstract=1682>
- Tscharntke, T., Klein, A. M., Kruess, A., Steffan-Dewenter, I., et Thies, C. (2005). Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity–ecosystem service management. *Ecology Letters*, 8(8), 857–874. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00782.x>
- Tsiafouli, M.A., Thébault, E., Sgardelis, S.P., de Ruiter, P.C., van der Putten, W.H., Birkhofer, K., Hemerik, L., de Vries, F.T., Bardgett, R.D., Brady, M.V., Bjornlund, L., Jørgensen, H.B., Christensen, S., d'Hertefeldt, T., Hotes, S., Hol, W.H. G., Frouz, J., Liiri, M., Mortimer, S.R., Setälä, H., Tzanopoulos, J., Uteseny, K., Pižl, V., Stray, J., Wolters, V., Hedlund, K. (2015). Intensive agriculture reduces soil biodiversity across Europe. *Global Change Biology* 21, 973-985. <https://doi.org/10.1111/gcb.12752>
- Underhill, G. W. (1934). The green stinkbug. *Virginia Agricultural Experiment Station Bulletin*, 294, 26pp.
- Valencia-Quintana R, Gómez-Arroyo S, Sánchez-Alarcón S, Milić M, Olivares JLG, Waliszewski SM, Cortés-Eslava J, Villalobos-Pietrini R, Calderón-Segura ME. (2016). Assessment of genotoxicity of Lannate-90® and its plant and animal metabolites in human lymphocyte cultures. *Arh Hig Rada i Toksikol*; 67:116-25. <https://doi.org/10.1515/aiht-2017-68-3060>
- Van Emden, H. F., et Harrington, R. (2007). Aphids as crop pests. CAB International.
- Van Lenteren, J. C., Bolckmans, K., Köhl, J., Ravensberg, W. J., et Urbaneja, A. (2018). Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. *BioControl*, 63(1), 39-59. <https://doi.org/10.1007/s10526-017-9801-4>
- Van Scoy, A.R., M. Yue, X. Deng, et R.S. Tjeerdema. (2013). Environmental fate and toxicology of methomyl. In *Reviews of environmental contamination and*

- toxicology* 222 : 93-109. Springer, New York, NY. [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4717-7\\_3](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4717-7_3)
- Venugopal, P. D., Coffey, P. L., Dively, G. P., et Lamp, W. O. (2014). Adjacent habitat influence on stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) densities and the associated damage at field corn and soybean edges. *PLoS One*, 9(10), e109917. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0109917>
- Venugopal, P. D., Martinson, H. M., Bergmann, E. J., Shrewsbury, P. M., et Raupp, M. J. (2015a). Edge effects influence the abundance of the invasive *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in woody plant nurseries. *Environmental entomology*, 44(3), 474-479. <https://doi.org/10.1093/ee/nvv061>
- Venugopal, P. D., Dively, G. P., et Lamp, W. O. (2015b). Spatiotemporal dynamics of the invasive *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in and between adjacent corn and soybean fields. *Journal of economic entomology*, 108(5), 2231-2241. <https://doi.org/10.1093/jee/tov188>
- Venugopal, P.D., G.P. Dively, A. Herbert, S. Malone, J. Whalen, et W.O. Lamp. (2016). Contrasting role of temperature in structuring regional patterns of invasive and native pestilential stink bugs. *PLoS One*, 11 (2), e0150649. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0150649>
- Vidogbéna, F., Parrot, L., Adégbidi, A., Tossou, R., Assogba Komlan, F., Ngouajio, M., Martin, T., Simon, S. et Zander, K. K. (2014). Farmers' preferences for eco-friendly nets as an alternative to insecticides in Africa. 3rd International Conference. Environment and Natural Resources Management in Developing and Transition Economies. [http://enrmdte2014.sciencesconf.org/conference/enrmdte2014/pages/programme\\_en\\_1.pdf](http://enrmdte2014.sciencesconf.org/conference/enrmdte2014/pages/programme_en_1.pdf)
- Walgenbach (2017). Management of brown marmorated stink bug in US specialty crops. North Carolina State University. Accessed the February 26<sup>th</sup> 2022 <https://portal.nifa.usda.gov/web/crisprojectpages/1010011-management-of-brown-marmorated-stink-bug-in-us-specialty-crops.html>
- Wallingford, A. K., Kuhar, T. P., et Schultz, P. B. (2012). Toxicity and field efficacy of four neonicotinoids on harlequin bug (Hemiptera: Pentatomidae). *Florida Entomologist*, 95(4), 1123-1127. <https://doi.org/10.1653/024.095.0442>

- Wallner, A. M., Hamilton, G. C., Nielsen, A. L., Hahn, N., Green, E. J., et Rodriguez-Saona, C. R. (2014). Landscape factors facilitating the invasive dynamics and distribution of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae), after arrival in the United States. *PloS One*, 9(5). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0095691>
- Weber, E., et Bleiholder, H. (1990). Explanations of the BBCH decimal codes for the growth stages of maize, rape, faba beans, sunflowers and peas with illustrations. *Gesunde Pflanzen*, 42(9), 308–321.
- Weber, D. C., Walsh, G. C., DiMeglio, A. S., Athanas, M. M., Leskey, T. C., et Khrimian, A. (2014). Attractiveness of harlequin bug, *Murgantia histrionica*, aggregation pheromone: Field response to isomers, ratios, and dose. *Journal of Chemical Ecology*, 40(11-12), 1251-1259. <https://doi.org/10.1007/s10886-014-0519-9>
- Weber DC, Khrimian A, Blassioli-Moraes MC, Millar JG. (2018) Semiochemistry of Pentatomoidea. In: McPherson J. E., eds. *Biology of invasive stink bugs and related species* (Pentatomoidea), FL, USA: CRC Press, 677–725.
- Wedding, R., Anderbrant, O., & Jönsson, P. (1995). Influence of wind conditions and intertrap spacing on pheromone trap catches of male European pine sawfly, *Neodiprion sertifer*. *Entomologia Experimentalis & Applicata*, 77(2), 223–232. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1995.tb02005.x>
- Wermelinger, B., Wyniger, D., et Forster, B. (2008). First records of an invasive bug in Europe: *Halyomorpha halys* Stål (Heteroptera: Pentatomidae), a new pest on woody ornamentals and fruit trees? *Mitteilungen-Schweizerische Entomologische Gesellschaft*, 81 : 1-8.
- Williams, D. T., & Jonusas, G. (2019). The influence of tree species and edge effects on pheromone trap catches of oak processionary moth *Thaumetopoea processionea* (L.) in the UK. *Agricultural and Forest Entomology*, 21(1), 28-37. <https://doi.org/10.1111/afe.12300>
- Willrich, M.M., Leonard, B.R., et Temple, J. (2004). Injury to preflowering and flowering cotton by brown stink bug and southern green stink bug. *Journal of Economic Entomology*, 97(3) : 924–933. <https://doi.org/10.1093/jee/97.3.924>

- Wilson, J., Gut, L., Grieshop, M., Poley, K., Shane, W. (2017). Managing brown marmorated stink bug in Michigan orchards [https://www.canr.msu.edu/ipm/uploads/files/BMSB/MichiganBMSBMngtGuid\\_eJuly2017.pdf](https://www.canr.msu.edu/ipm/uploads/files/BMSB/MichiganBMSBMngtGuid_eJuly2017.pdf)
- Wiman, N. G., Walton, V. M., Shearer, P. W., Rondon, S. I., et Lee, J. C. (2015). Factors affecting flight capacity of brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Pest Science*, 88(1), 37-47. <https://doi.org/10.1007/s10340-014-0582-6>
- Wipfli, M. S., Wedberg, J. L., & Hogg, D. B. (1990). Cultural and chemical control strategies for three plant bug (Heteroptera: Miridae) pests of birdsfoot trefoil in northern Wisconsin. *Journal of Economic Entomology*, 83(5), 2086-2091. <https://doi.org/10.1093/jee/83.5.2086>
- Woodside, A. M. (1947). Weed hosts of bugs which cause cat-facing of peaches in Virginia. *Journal of Economic Entomology*, 40(2), 231–233.
- Yan, Y., Wang, Y. C., Feng, C. C., Wan, P. H. M., et Chang, K. T. T. (2017). Potential distributional changes of invasive crop pest species associated with global climate change. *Applied geography*, 82, 83-92. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.03.011>
- Youn, H. S., & Jung, C. (2008). Effect of trap cropping on the egg parasitism of *Riptortus clavatus* (Thunberg) in soybean fields. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 11(2), 73–76. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2008.05.001>
- Yu, G. Y., et Zhang, J. M. (2007). The brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Heteroptera: Pentatomidae) in PR China. In "International workshop on biological control of invasive species of forests" (Eds. Y. Wu et X.-y. Wang), 20–25 September 2007, Beijing, China. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.650.5200&rep=rep1&type=pdf#page=70>
- Zahn, D.K., J.A. Moreira, et J.G. Millar. (2008). Identification, synthesis, and bioassay of a male-specific aggregation pheromone from the harlequin bug, *Murgantia histrionica*. *Journal of Chemical Ecology*, 34(2): 238–251. <https://doi.org/10.1007/s10886-007-9415-x>

- Zanuncio, J., Alves, J. B., Zanuncio, T. V., et Garcia, J. F. (1994). Hemipterous predators of eucalypt defoliator caterpillars. *Forest Ecology and Management*, 65(1), 65–73.
- Zanuncio, J. C., Tavares, W. D. S., Fernandes, B. V., Wilcken, C. F., et Zanuncio, T. V. (2014). Production and use of Heteroptera predators for the biological control of *Eucalyptus* pests in Brazil. *Ekoloji*, 98-104. <http://dx.doi.org/10.5053/ekoloji.2014.9112>
- Zahn, D. K., Moreira, J. A., et Millar, J. G. (2008). Identification, synthesis, and bioassay of a male-specific aggregation pheromone from the harlequin bug, *Murgantia histrionica*. *Journal of chemical ecology*, 34(2), 238-251. <https://doi.org/10.1007/s10886-007-9415-x>
- Zerbino, M. S., Altier, N. A., et Panizzi, A. R. (2013). Effect of photoperiod and temperature on nymphal development and adult reproduction of *Piezodorus guildinii* (Heteroptera: Pentatomidae). *Florida Entomologist*, 96(2), 572–583. <https://doi.org/10.1653/024.096.0223>
- Zhang, W., Jiang, F., & Ou, J. (2011). Global pesticide consumption and pollution: with China as a focus. Proceedings of the international academy of ecology and environmental sciences, 1(2), 125.
- Zhao, Q., Wang, J., Wang, M. Q., Cai, B., Zhang, H. F., et Wei, J. F. (2018). Complete mitochondrial genome of *Dinorhynchus dybowskyi* (Hemiptera: Pentatomidae: Asopinae) and phylogenetic analysis of Pentatomomorpha species. *Journal of Insect Science*, 18(2), 44. <https://doi.org/10.1093/jisesa/iey031>
- Zhu, G., Bu, W., Gao, Y., et Liu, G. (2012). Potential geographic distribution of brown marmorated stink bug invasion (*Halyomorpha halys*). *PLoS One*, 7(2), e31246. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0031246>
- Zink, A. G., & Rosenheim, J. A. (2004). State-dependent sampling bias in insects: implications for monitoring western tarnished plant bugs. *Entomologia Experimentalis & Applicata*, 113(2), 117-123. <https://doi.org/10.1111/j.0013-8703.2004.00213.x>