



Effet d'une culture-piège en bordure de champ de pois sur les populations de punaises

Rapport final

Projet CEROM No.611 – Septembre 2018/Décembre 2019

Sébastien Boquel et Alexis Latraverse

CÉROM - Centre de recherche sur les grains inc., 740 chemin Trudeau, Saint-
Mathieu-de-Beloeil (Québec), J3G 0E2.

Table des matières

Table des matières	2
Introduction	3
Objectifs	4
Matériels et Méthodes	5
<i>Dispositif expérimental</i>	5
<i>Pièges d'interception</i>	5
<i>Dépistage visuel et battage</i>	6
<i>Filet-fauchoir</i>	7
<i>Capture-marquage-recapture</i>	7
<i>Identification des punaises</i>	8
<i>Analyses statistiques</i>	8
Résultats	9
<i>Diversité des punaises</i>	9
<i>Abondance et flux de population de punaises brunes</i>	11
<i>Dépistage visuel et battage</i>	13
<i>Filet-fauchoir</i>	13
<i>Capture-marquage-recapture</i>	13
Discussion	14
Conclusions et perspectives	18
Remerciements	19
Références	20

Introduction

Une culture-piège est une culture qui sert à attirer et retenir les insectes ravageurs afin d'éviter qu'ils ne colonisent une culture principale. La culture-piège peut être plantée en périphérie du champ à protéger, ou à l'intérieur sous forme de rangs intercalés. L'utilisation de cultures-pièges est une stratégie de lutte appropriée pour le contrôle des punaises, car leur phénologie est étroitement liée à la phénologie des cultures (Kogan et Turnipseed 1987).

L'efficacité des cultures-pièges comme moyen de contrôle des populations de punaises a été étudiée pour différentes cultures. Des cultures-pièges de moutarde blanche [*Sinapis alba* (L.)], en combinaison avec du pois [*Pisum sativum* (L.)] ou encore de la moutarde noire [*Brassica nigra* (L.)] seule, ont été utilisées contre une Pentatomidae, *Nezara viridula* (Linnaeus), dans le maïs sucré biologique [*Zea mays* (L.)] (Rea *et al.* 2002). L'utilisation de sorgho [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] comme culture-piège a permis de réduire les populations de *N. viridula* et d'*Euschistus servus* (Say) (Pentatomidae) à l'interface culture-piège/coton (Tillman 2006, Tillman et Cottrell 2012). Mizell III *et al.* (2008) ont mis au point une culture-piège composée de triticales [*Triticale hexaploide*], de vesce velue [*Vicia villosa* Roth] et de trèfle incarnat [*Trifolium incarnatum* L.], au printemps, suivi de tournesol [*Helianthus annuus* (L.)], de sarrasin [*Fagopyrum sagittatum* Gilib], de sorgho [*S. bicolor*] et de millet [*Pennisetum glaucum* (L.)] pendant l'été et l'automne. Cet habitat multifonctionnel a permis de gérer efficacement *E. servus*, *Acrosternum hilare* (Say) (Pentatomidae), et *Leptoglossus phyllopus* (L.) (Coreidae), dans la culture de soya biologique. Des variétés de soya à maturation hâtive plantées tôt en saison autour d'un champ commercial de soya à maturation tardive ont permis de réduire les populations des punaises *N. viridula* dans ces derniers (McPherson et Newsom 1984, Todd et Schumann 1988). Dans les cultures adjacentes de soya et de coton, *C. hiliaris*, *E. servus* et *N. viridula* étaient plus attirées par la fructification du soya que par celle du coton (Bundy et McPherson 2000), ce qui indique que le soya pourrait être une culture-piège efficace.

Le triticales, le sorgho, le millet, le sarrasin et le tournesol sont les principales espèces recommandées par Mizell III *et al.* (2008), mais elles doivent être semées tôt afin d'être en fleurs au moment où les insectes commencent à migrer en grand nombre (Majumdar 2010). Un mélange d'espèces et une gestion continue de la culture-piège seraient nécessaires pour assurer

une disponibilité alimentaire optimale et ainsi concurrencer la culture commerciale pour l'alimentation des punaises.

La culture-piège n'a pas besoin d'être implantée sur tout le pourtour des grandes parcelles commerciales si les sources de punaises aux alentours sont connues. La culture-piège servirait ainsi de barrière physique contre la migration des punaises, les empêchant de coloniser la culture commerciale. Des semis en bandes à l'intérieur des champs peuvent également être réalisés dans les grandes parcelles. Une seule largeur de semoir serait suffisante puisqu'un fort effet de bordure existe chez les punaises. En effet, de nombreuses études démontrent que les punaises restent préférentiellement en bordure de champ plutôt que dans le reste du champ (Mizell III *et al.* 2008, Tillman 2006).

Depuis les dernières années, les punaises de la famille des Pentatomidae posent de plus en plus de problèmes dans la culture du pois au Québec. Bien que leur présence sur les plants ne provoque pas de pertes de rendement significatives, elles contaminent toutefois les récoltes. En effet, leur ressemblance avec le pois, quant à leur taille et leur couleur, rend l'opération de triage optique en usine très difficile. La faible disponibilité d'insecticides homologués et efficaces pour contrôler ces punaises a forcé le secteur à se tourner vers un insecticide à large spectre très nocif, le lannate.

Objectifs

L'objectif du présent projet était de tester l'efficacité de différentes cultures-pièges comme moyen pour réduire les populations de punaises brunes (PB), *E. servus euschistoides*, dans la culture du pois hâtif. Plus spécifiquement, des cultures-pièges composées de seigle d'automne semé seul ou en combinaison avec du tournesol ou du blé de printemps ont été testées. Ces combinaisons de cultures permettraient d'assurer une disponibilité alimentaire optimale pour l'alimentation des punaises et ainsi de concurrencer la culture commerciale. L'abondance des PB dans les cultures-pièges et dans les parcelles de pois hâtif, ainsi que la direction du flux de population à l'interface culture-piège/pois, ont été suivies au cours de la saison.

Matériels et Méthodes

Dispositif expérimental

Les essais ont été effectués dans les champs du Centre de Recherche sur les Grains inc. (CÉROM) à Saint-Mathieu-de-Beloil en Montérégie-Est (45,58355, -73,23758). Le dispositif expérimental était constitué de trois blocs de quatre parcelles de pois (cv. Avocette; 58 jours pour la maturité) de 50 x 50 m et espacées de 25 m les unes des autres (**Figure 1**). Dans chaque bloc, trois parcelles étaient bordées d'une bande de culture-piège d'une largeur de 4,5 m et une parcelle témoin était laissée sans bande. Les trois cultures-pièges testées étaient composées (i) de seigle d'automne seul (S) [mélange de variétés; William Houde, QC], (ii) d'une combinaison de seigle d'automne et de cinq variétés de blé de printemps présentant différentes maturités (B-S) [cv. Major, Pasteur, Hoffmann, CRGB.16-00052, et CRGB.16-00053; CÉROM, QC], et (iii) d'une combinaison de seigle d'automne et de tournesol (T-S) [cv. Cobalt II].

Le seigle d'automne a été semé le 18 octobre 2018 (taux de semis de 78,5 kg/ha), alors que le tournesol (20 000 graines/ha) et le blé (164 kg/ha) ont été semés le 6 mai 2019. Le pois (192,7 kg/ha) a été semé les 27 et 28 mai 2019. Un herbicide (Treflan™; 2,3 L/ha) et une fertilisation en azote et en phosphore ont été appliqués en pré-semis. Aucun insecticide n'a été utilisé au cours de la saison.

Pièges d'interception

Des pièges d'interception bidirectionnels ont été installés en bordure des parcelles d'un des trois blocs deux semaines après le semis du pois (13 juin). Un piège était placé au centre de chacun des côtés des parcelles, à l'interface culture-piège/pois pour les parcelles culture-piège et bordure/pois pour la parcelle témoin (quatre pièges par parcelle, 16 pièges en tout; **Figure 1**). Les pièges étaient constitués de feuilles de Plexiglas® (L : 61 cm, H : 121 cm) fixés sur des piquets de bois (**Figure 2**). Une gouttière était fixée de chaque côté de la base du Plexiglas® de manière à récolter séparément les insectes arrivant de la bordure et ceux provenant du champ de pois. Les gouttières étaient remplies d'un mélange à parts égales d'eau et de liquide de refroidissement (Prestone®; éthylène glycol), afin de tuer et préserver les insectes. Les punaises Pentatomidae dans les gouttières étaient récoltées deux fois par semaine pendant un peu plus de deux mois (23 août) et conservées dans l'alcool 70 % jusqu'à leur identification.

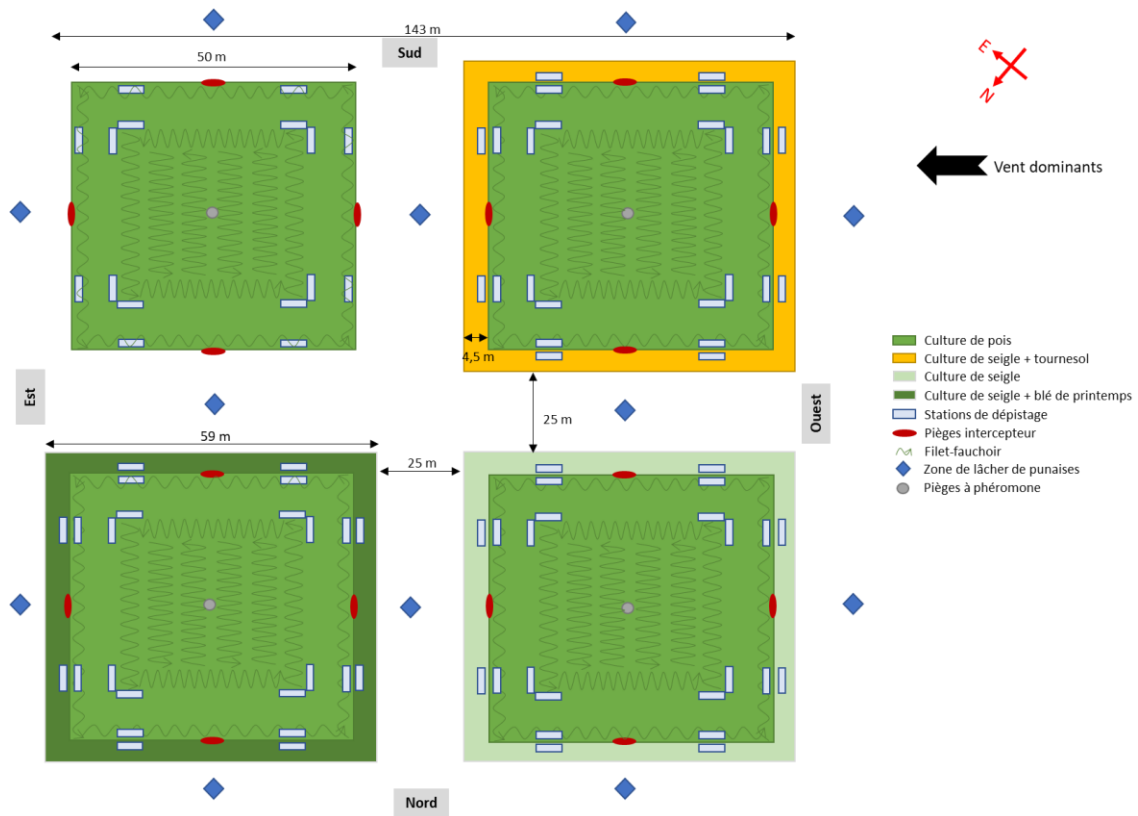


Figure 1. Dispositif expérimental utilisé pour tester l'effet d'une culture-piège sur les abondances et les flux de populations de punaises dans les champs de pois.



Figure 2. Dispositif expérimental constitué d'un champ de pois entouré de la culture-piège avec les pièges d'interception disposé à l'interface culture-piège/pois (à gauche). Piège d'interception utilisé pour le piégeage des punaises (à droite). Source : Sébastien Boquel.

Dépistage visuel et battage

Deux semaines avant la date prévue de la récolte en frais des pois (15 juillet), des stations de dépistage (quatre rangs de 1 m de longueur) ont été identifiées le long de transects perpendiculaires à la bordure des parcelles des trois blocs, à raison de deux transects par côté (huit transects par parcelle; **Figure 1**). Deux stations étaient placées le long de chaque transect,

à 1 m et 10 m de la bordure à l'intérieur des parcelles de pois (16 stations par parcelle). Pour les trois parcelles avec cultures-pièges, une station supplémentaire a aussi été installée à l'intérieur de la bande, vis-à-vis de chacun des transects (huit stations par bande).

Les stations dans le pois ont été dépistées par battage (15 juillet) à l'aide d'une toile de moustiquaire en forme de gouttière (20 cm x 1 m). La toile était posée sur le sol entre deux rangs, sous la partie aérienne des plants, et les rangs de chaque côté de la toile étaient ensuite frappés avec les mains. Les insectes qui tombaient dans la toile étaient ensuite récoltés. Les stations dans les bandes ont été dépistées visuellement (17 juillet) en observant tous les plants sur les quatre rangs de 1 m.

Filet-fauchoir

Au moment prévu de la récolte en frais des pois, un dépistage au filet-fauchoir a aussi été réalisé dans les parcelles de pois (25 juillet) et les bandes de cultures-pièges (26 juillet) des trois blocs. Le pois a été dépisté sur une largeur de 1 m sur tout le pourtour des parcelles, à la jonction culture-piège/pois et bordure/pois, et à 10 m à l'intérieur des parcelles. Le centre du champ (784 m²) a aussi été dépisté entièrement au filet-fauchoir (**Figure 1**). Les bandes ont été dépistées sur une largeur de 2 m sur tout le pourtour des parcelles. Chacun des côtés était dépisté séparément et le contenu des filets était placé dans des sacs Ziploc® et ramenés au laboratoire afin d'être triés.

Capture-marquage-recapture

Afin d'étudier l'effet physique de la culture-piège sur les flux de populations des PB, une expérience de capture-marquage-recapture a été réalisée. Dans la semaine du 26 août, des PB ont été capturées sur les plants de tournesol de la bordure T-S puis marquées de différentes couleurs à l'aide de peinture à l'eau non toxique (**Figure 3**).

Un piège à phéromone pyramidal (phéromone d'agrégation pour punaise marbrée; Solida, QC) a été placé au centre de chacune des parcelles du bloc avec pièges d'interception (quatre pièges en tout; **Figure 4 A et B**). Douze points de lâché ont été définis autour des parcelles (**Figure 1**) et 30 PB d'une même couleur ont été relâchées à chacun de ces points (360 PB en tout). Les pièges ont été relevés une fois par semaine pendant deux semaines.



Figure 3. Capture-marquage des punaises avant de les relâcher dans l'essai pour étudier l'effet physique des cultures-pièges sur les flux de populations de punaises. Source : Sébastien Boquel.

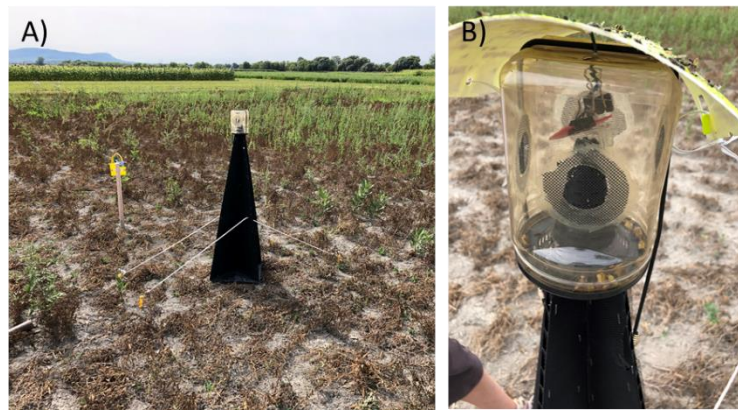


Figure 4. Pièges pyramidaux contenant une phéromone d'agrégation utilisés pour l'expérience de capture-marquage-recapture. A) Piège placé au milieu d'une des parcelles de pois; B) Piège pyramidal. Source : Sébastien Boquel.

Identification des punaises

Toutes les punaises récoltées dans le cadre du projet ont été placées dans des tubes Eppendorfs et conservées dans de l'alcool à 70 % avant d'être identifiées à l'espèce à l'aide de la clé de Paiero *et al.* (2013).

Analyses statistiques

Étant donné le faible nombre de punaises observées par dépistage visuel (1 adulte) et capturées par battage (1 adulte), ces deux méthodes n'ont pas été analysées.

Dans un premier temps, les captures de PB ont été analysées à l'aide d'un modèle linéaire généralisé (*Generalized Linear Models* ou GLM) avec une structure d'erreur de type Poisson et une fonction de lien log. Le nombre total de PB capturées au cours de la saison a été calculé pour chacun des pièges et utilisé comme variable réponse. Les effets principaux étaient

le type de bordure (témoin, S, B-S, ou T-S), la direction du flux de population (entrant ou sortant, c.à.d. en direction du pois ou de la bordure), l'orientation de la face du piège où les punaises ont été capturées (nord, sud, est, ou ouest), ainsi que les interactions doubles entre ces trois facteurs. Les effets ont été testés à l'aide de tests de vraisemblance (*Likelihood Ratio Test* ou LRT). Lorsqu'un effet significatif était détecté, les moyennes étaient comparées par la méthode des moyennes ajustées (*Least Square Means* ou *lsmeans*) avec correction de Holm pour comparaisons multiples. Les résultats des comparaisons ont été représentés par des lettres au-dessus des barres dans les figures; les effets avec des lettres en commun ne différaient pas significativement les uns des autres. Dans un deuxième temps, la dynamique de la population de PB dans les différents types de bordure (taux de captures et direction du flux de population au cours de la saison) a été évaluée visuellement à l'aide de figures. Toutes les analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel R version 3.5.1 (R Core Team 2018). Le seuil de significativité était fixé à $\alpha = 0,05$.

Résultats

Diversité des punaises

Un total de 194 punaises Pentatomidae adultes ont été capturées dans les pièges d'interception au cours de la saison, dont 193 PB (*Euschistus servus euschistoides*). L'autre individu capturé appartenait à l'espèce *Holcostethus limbolarius* (**Tableau 1**). Le nombre total de punaises capturées était le plus élevé dans la parcelle avec bordure S (55) suivi par la parcelle témoin (51), puis les parcelles T-S (48) et B-S (39), mais aucune ne différait significativement de l'autre (LRT; $\chi^2 = 3,12$; *ddl* = 3; *p* = 0,374).

Tableau 1. Abondance des différentes espèces de punaises Pentatomidae capturées à l'aide des pièges d'interception dans les parcelles témoin et avec cultures-pièges. Les pourcentages ont été calculés sur le pourcentage total. Le nombre d'individus est présenté entre parenthèses.

Espèce	Nom commun	Témoin	Seigle	Tournesol/Seigle	Blé/Seigle	Total
<i>E. servus euschistoides</i>	Punaise brune	26,3% (51)	28,4% (55)	24,7% (48)	20,1% (39)	99,5% (193)
<i>H. limbolarius</i>	Punaise soldat	0% (0)	0% (0)	0% (0)	0,51% (1)	0,5% (1)
Total		26,2% (51)	28,7% (55)	24,6% (48)	25,5% (40)	100% (194)

Dynamique temporelle de la population de punaises brunes

L'abondance des PB et la direction du flux de population variaient au cours de la saison entre les types de bordure (**Figure 5**). De manière générale, un pic d'activité a été observé en début de saison, soit entre le 1^{er} et le 15 juillet dans la parcelle témoin et les parcelles S et B-S. Pour la parcelle T-S, le pic était légèrement devancé, soit entre le 24 juin et le 8 juillet, mais uniquement pour le flux sortant. Il est aussi important de noter qu'un pic d'activité a été observé entre le 15 et le 24 juin dans la parcelle B-S.

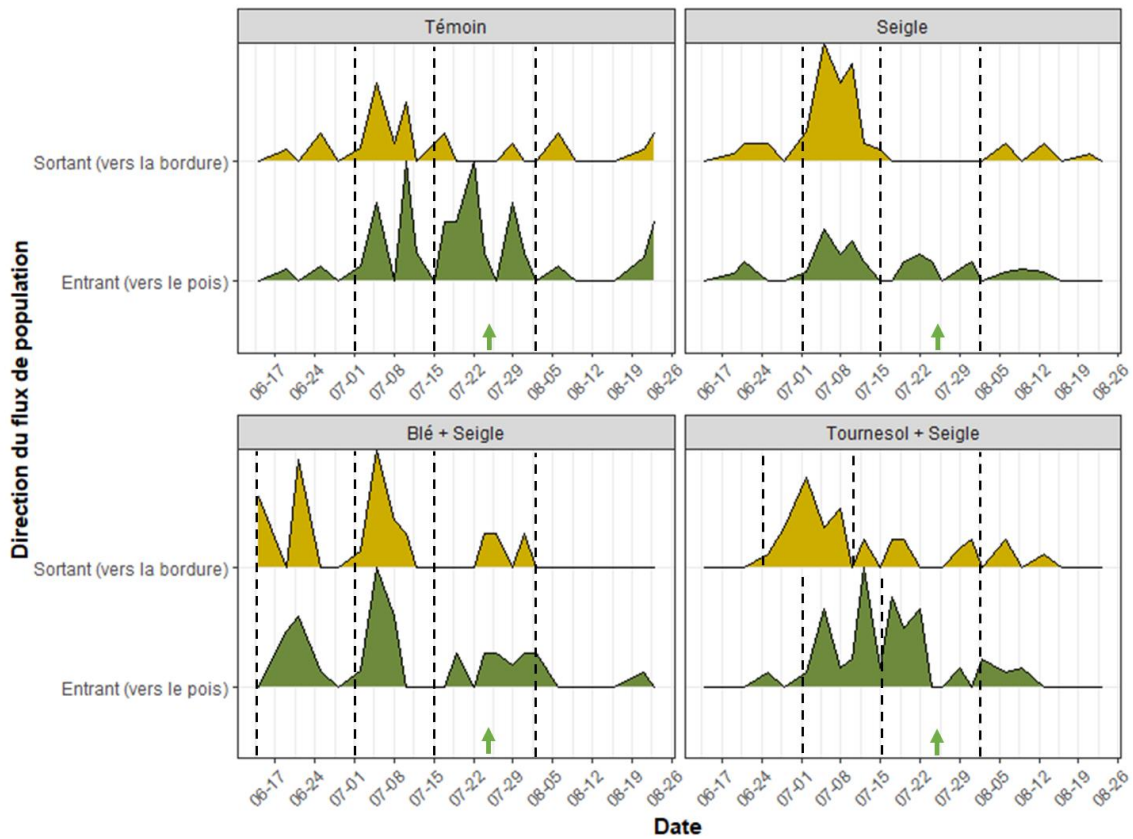


Figure 5. Flux de population entrant (vers le pois) et sortant (vers la bordure) de punaises brunes (nombre/piège/jour) au cours de la saison dans les parcelles avec différents types de bordure. La flèche verte représente la date de la récolte en frais des pois. L'échelle des Y est la même pour le flux entrant et sortant pour chacun des traitements.

Pendant la période de piégeage du 13 juin au 15 juillet, les flux entrant et sortant étaient similaires dans les parcelles témoin et B-S. Par contre, le flux sortant étaient plus élevés dans les parcelles S ou T-S.

Entre le 15 juillet et le début du mois d'août, une inversion des flux de populations a été observée. Les flux sortants sont restés faibles ou nuls, alors que les flux entrants sont demeurés

constants ou ont augmenté. Le flux entrant était particulièrement important dans les parcelles témoin et T-S, et dans une moindre mesure dans la parcelle S. Après cette période, les flux entrant et sortant sont redevenus relativement similaires.

Abondance et flux de population de punaises brunes

L'analyse du nombre total de PB par piège a révélé une interaction significative entre la direction du flux de population et le type de bordure (LRT; $\chi^2 = 8,30$; $ddl = 3$; $p = 0,040$). Le flux entrant était significativement plus élevé que le flux sortant dans la parcelle témoin, mais pas dans celles avec cultures-pièges (**Figure 6**). Le flux sortant tendait tout de même à être plus élevé dans la parcelle S, alors que la tendance inverse a été observée dans les parcelles B-S et T-S (**Figure 6**).

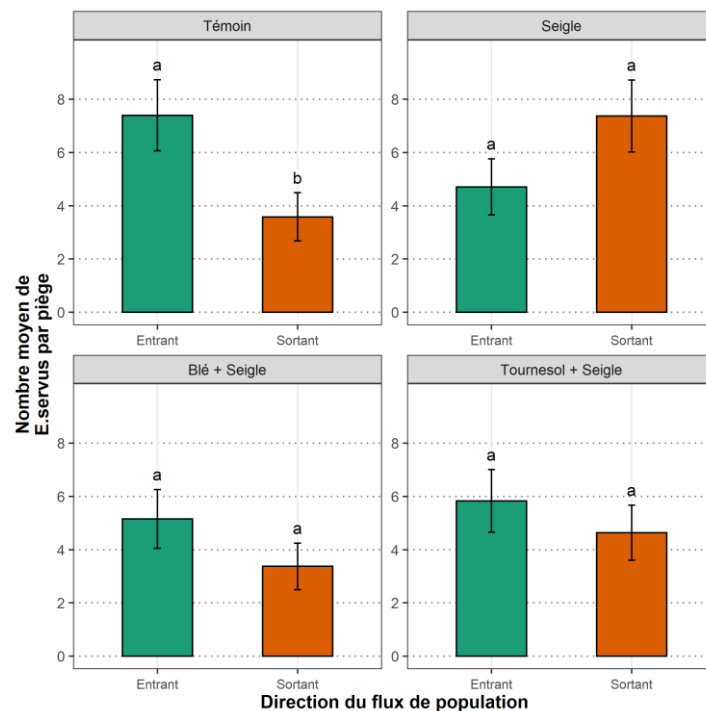


Figure 6. Nombre de punaises brunes par piège (moyenne \pm erreur-type) capturées en direction du pois (flux entrant) et de la bordure (flux sortant) dans les parcelles avec différents types de bordure. L'analyse a été faite sur le total des captures de chacun des pièges. Les traitements avec des lettres en commun ne sont pas significativement différents.

Les taux de capture de PB ne différaient pas significativement entre les types de bordure (cultures-pièges), autant pour le flux entrant que sortant (**Figure 7**). Le flux entrant tendait cependant à être plus élevé dans la parcelle témoin que dans celles avec cultures-pièges, alors

que le flux sortant tendait à être plus élevé dans la parcelle S que dans les autres parcelles (Figure 7).

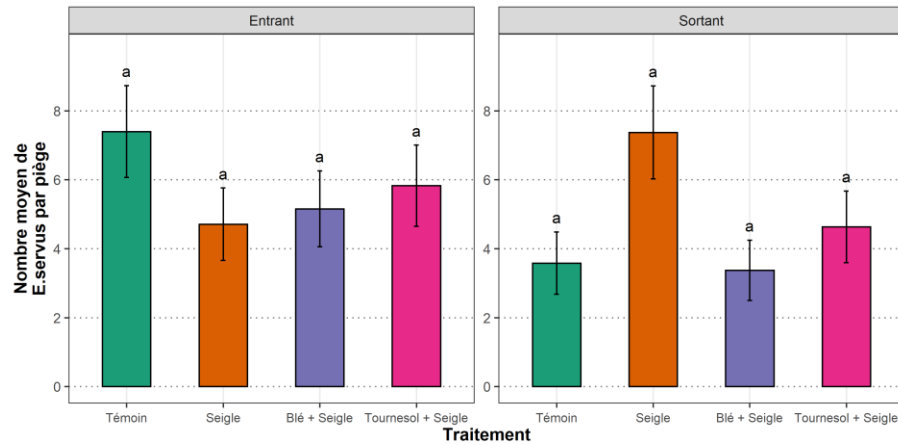


Figure 7. Nombre de punaises brunes par piège (moyenne \pm erreur-type) capturées en direction du pois (flux entrant) et de la bordure (flux sortant) dans les parcelles avec différents types de bordure. L'analyse a été faite sur le total des captures de chacun des pièges. Les traitements avec des lettres en commun ne sont pas significativement différents.

Les flux entrant et sortant de PB différaient en fonction de l'orientation du côté des pièges (LRT; $\chi^2 = 12,02$; $ddl = 3$; $p = 0,007$). Le flux entrant était plus important en provenance du sud que de l'est ou de l'ouest (Figure 8). Celui en provenance du nord ne différait pas des autres orientations. Le flux sortant était plus important en provenance de l'est et du sud qu'en provenance du nord et de l'ouest (Figure 8).

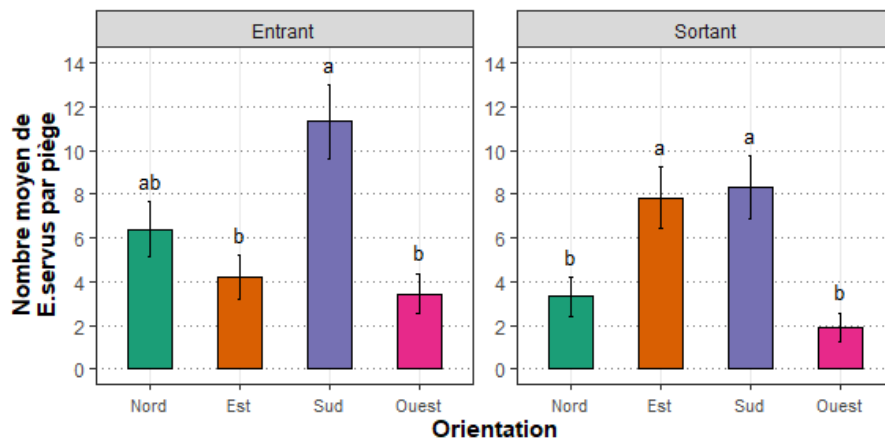


Figure 8. Nombre de punaises brunes par piège (moyenne \pm erreur-type) capturées en direction du pois (flux entrant) et de la bordure (flux sortant) en fonction de l'orientation des pièges. L'analyse a été faite sur le total des captures de chacun des pièges. Les traitements avec des lettres en commun ne sont pas significativement différents.

Dépistage visuel et battage

Le dépistage visuel et le dépistage par battage réalisés deux semaines avant la récolte n'ont permis de collecter que deux punaises adultes, toutes deux de l'espèce *E. servus euschistoides*. La première a été observée sur un plant de tournesol de la parcelle T-S, alors que la deuxième a été capturée par battage dans le pois de la parcelle B-S, à 1 m de la bordure.

Filet-fauchaie

Le dépistage par filet-fauchaie du pois et des bordures a permis de capturer 22 punaises Pentatomidae, dont sept PB adultes et 15 nymphes non-identifiées (**Tableau 2**). Un total de 11 individus a été capturé dans deux des trois cultures-pièges, dont la majorité dans la bordure S (8). Les trois autres individus ont été capturés dans la bordure B-S. Un total de 11 individus a aussi été capturé dans le pois, dont quatre dans la parcelle T-S (une au centre, une à 10 m de la bordure et deux à 1 m de la bordure), trois dans la parcelle B-S (deux au centre et une à 10 m de la bordure), deux dans la parcelle S (à 1 m de la bordure), et deux dans la parcelle témoin (à 1 m du bord du champ).

Tableau 2. Abondance de punaises capturées au filet-fauchaie dans les bandes et dans le pois pour les différentes cultures-pièges à l'essai. L'éloignement par rapport à la bande est présenté entre parenthèses.

Lieu	Stade	Témoin	Seigle	Tournesol/Seigle	Blé/Seigle	Total
Bandes	Adultes	-	2	0	1	3
	Nymphes	-	6	0	2	8
	Total	-	8	0	3	11
Pois	Adultes	1 (1 m)	0 (-)	2 (1 m et 10 m)	1 (Centre)	4
	Nymphes	1 (1m)	2 (1 m)	2 (1 m et centre)	2 (10 m et centre)	7
	Total	2	2	4	3	11
Grand total		2	10	4	6	22

Capture-marquage-recapture

Des 360 PB capturées, marquées et relâchées, aucune n'a été recapturée dans les pièges à phéromone au cours des deux semaines de piégeage, mais une punaise non marquée a tout de même été capturée dans la parcelle T-S.

Discussion

La diversité des punaises Pentatomidae capturées dans le cadre de cette étude était très faible et la presque totalité des individus appartenait à l'espèce *E. servus euschistoides* (PB). Ces résultats sont comparables à ceux observés au CÉROM en 2018 dans le cadre de ce même projet (Boquel et Latraverse 2018). Une étude menée en 2016-2017 dans 20 champs de pois commerciaux en Montérégie (Boquel *et al.* 2018) rapporte également une faible diversité de punaises Pentatomidae (quatre espèces) et une forte prédominance d'*E. servus euschistoides* (99 %). Les résultats du présent projet renforcent donc l'idée que *E. servus euschistoides* est probablement l'espèce responsable des problèmes lors du triage optique des pois. Pour vérifier cette hypothèse, il serait intéressant d'identifier des punaises ayant réellement échappé au lecteur optique, ou encore de tester le dispositif de triage optique avec différentes espèces et différents stades (adultes et nymphes) de punaises.

À notre connaissance, la présente étude est la première à étudier la direction des flux de populations de punaises entre une culture-piège et une culture commerciale. L'analyse des captures des pièges d'interception a montré que le flux de PB entrant (vers le champ de pois) tendait à être plus faible dans les parcelles avec cultures-pièges que dans la parcelle témoin (bien que de manière non-significative), ce qui suggère que les cultures-pièges ont réussi à retenir, voir attirer, une partie des PB en-dehors des champs de pois.

Des trois cultures-pièges testées, c'est celle composée de seigle d'automne seul qui a montré les résultats les plus concluants. D'une part, c'est elle qui présentait le plus haut taux de capture sortant (vers la bordure) et le plus faible taux de capture entrant (vers le pois). C'est d'ailleurs la seule parcelle où le flux sortant était plus élevé que le flux entrant, bien que de manière non-significative. D'autre part, c'est dans la bordure de seigle qu'a été capturé le plus grand nombre de punaises par filet-fauchoir, alors que très peu ont été retrouvées à l'intérieur du champ de pois. Les deux seules punaises capturées dans le pois se trouvaient d'ailleurs très près de la bande de seigle (1 m). Bien que le stade phénologique des cultures-pièges n'ait pas été suivi, cette différence marquée semble concorder avec le remplissage des épis de seigle. Le même phénomène avait été remarqué en 2018 (Boquel et Latraverse 2018), alors que de nombreuses punaises adultes avaient été observées dans des parcelles expérimentales de seigle d'automne au moment du remplissage des épis. Des nymphes avaient aussi été observées dans des parcelles expérimentales de blé d'automne.

L'efficacité des autres cultures-pièges (B-S et T-S), bien que moins certaine, montre toutefois une tendance. En effet, malgré le flux entrant plus élevé que le flux sortant dans ces parcelles, aucune différence significative n'a été notée, contrairement à la parcelle témoin où le flux entrant était significativement supérieur au flux sortant. Ceci suggère encore une fois que ces cultures-pièges ont pu retenir une partie des PB en-dehors du champ de pois. Dans l'ensemble, les résultats de la présente étude sont en accord avec différentes études qui rapportent le potentiel des céréales (Mizell III *et al.* 2008, Tillman 2006, Tillman et Cottrell 2012) et du tournesol (Mizell III *et al.* 2008, Soergel *et al.* 2005) comme cultures-pièges contre les punaises. Par exemple, l'utilisation de sorgho comme culture-piège permet de réduire les populations de *N. viridula* et d'*E. servus* à l'interface cultures-pièges/coton (Tillman 2006, Tillman et Cottrell 2012). Mizell III *et al.* (2008) rapportent que le tournesol, dans un système de culture-piège composé de plusieurs espèces de plantes, est attractif et servirait de plante hôte pour les trois espèces majeures de punaise *E. servus*, *A. hilare* et *N. viridula* présentes dans la plaine côtière du sud. Dans une autre étude, Soergel *et al.* (2005) ont observé significativement plus de punaises marbrées *Halyomorpha halys* (Stål) dans le tournesol utilisé comme culture-piège que dans la culture commerciale adjacente de poivrons. Cependant, aucune réduction des dommages n'a été observée dans les poivrons entourés de tournesol comparativement au champ témoin.

Les données de captures des pièges d'interception ont aussi permis d'étudier la dynamique de population des PB, et ainsi de déterminer les périodes d'activité et les différences dans la direction des flux de population (entrant versus sortant) au cours de la saison. Trois périodes d'activité ont été observées entre le début du piégeage (13 juin) et la mi-juillet. Ces périodes n'ont toutefois pas été observées au même moment dans toutes les parcelles. Un premier pic d'activité a été observé dans la parcelle B-S (13 au 24 juin), suivi d'un pic dans la parcelle T-S (24 juin au 8 juillet), et enfin, d'un pic plus important dans toutes les parcelles (1^{er} au 15 juillet). Ce dernier pic correspond possiblement au moment où la génération hibernante de PB se disperse massivement dans les cultures avoisinantes. La présence d'un pic seulement dans la parcelle B-S entre le 15 et le 24 juin suggère que le blé pourrait être attractif assez tôt en début de saison pour les premières PB qui sortent d'hibernation.

Des différences dans la direction des flux de population ont été notées dans certaines des parcelles au cours de la saison. Durant les deux premières périodes d'activité (du 15 au 24

juin et du 1^{er} au 15 juillet), les flux entrant et sortant étaient équivalents dans les parcelles B-S et témoin. Le blé ne semblerait donc pas retenir les PB dans la culture-piège puisqu'autant de punaises sont entrées que sorties du champ de pois. Durant les deuxième et troisième périodes d'activité (24 juin au 15 juillet), le flux sortant était plus élevé que le flux entrant dans les parcelles S et T-S, ce qui suggère que le seigle et le tournesol pourraient être attractifs pour les PB au moment du pic d'activité principal en début de saison.

Les pics d'activité du début de saison ont ensuite été suivis d'une période de deux semaines (15 juillet à début août) pendant laquelle les flux de population se sont inversés. Pendant cette période, les flux sortants sont restés faibles ou nuls, alors que les flux entrants sont demeurés constants ou ont augmenté. Les flux entrants étaient particulièrement importants dans les parcelles témoin et T-S, et dans une moindre mesure dans la parcelle S. Il est intéressant de noter que cette transition concorde avec le moment où le pois était prêt à être récolté. La culture-piège T-S, bien qu'attractive en début de saison, n'a donc pas permis de retenir les punaises au moment de la récolte. Par contre, malgré un flux de punaise qui avait tendance à entrer dans le champ de pois, la forte abondance de PB capturées par filet-fauchoir dans la bordure de seigle au moment de la récolte, et la faible abondance dans le pois suggère que le seigle est resté attractif pour les PB. En outre, les PB capturées dans le pois ont été capturées près de la bordure (1 m) renforçant l'effet attractif du seigle.

La quantité importante de PB capturées en fin de saison (semaine du 26 août) pour l'expérience de marquage-recapture sur les plants de tournesol de la parcelle T-S suggère que celui-ci serait un hôte propice pour les PB. Cependant, comme le flux sortant était globalement plus important que le flux entrant dans cette parcelle, il est possible que le stade le plus attractif du tournesol soit arrivé trop tôt (24 juin au 15 juillet) ou tard (semaine du 26 août) dans la saison et n'ait pas permis de retenir les PB au moment de la récolte des pois. Le tournesol pourrait donc présenter deux stades phénologiques attractifs, dont un en début de saison et l'autre en fin de saison. Une autre possibilité est que le tournesol soit un site de ponte propice pour la génération hibernante et que les PB capturées en fin de saison soient en fait des adultes issus des œufs pondus plus tôt en saison.

Les différences dans la direction des flux de population observées au cours de la saison pourraient être expliquées par l'attraction ou la rétention changeante des cultures-pièges par rapport au pois. Nielsen *et al.* (2016) ont montré que le tournesol était très attractif en début de

saison pour *H. halys* et les punaises endémiques telles que *Euschistus spp.* Plus tard dans la saison, alors que le tournesol était en sénescence, le sorgho était quant à lui toujours attractif. Boquel *et al.* (2018) ont eux aussi remarqué que l'abondance de punaises dans le pois était supérieure lors des stades floraison et gousses, ce qui souligne l'importance de la phénologie du pois sur l'attractivité des PB. Il est donc possible que l'inversion des flux observée dans les parcelles T-S, B-S, et plus faiblement dans la parcelle S, soit due au fait que le stade du pois était plus attractif que ces cultures au moment de la récolte. D'autres études seraient requises pour conclure sur l'attractivité des différents stades du pois et des cultures-pièges utilisées pour la PB. Cette connaissance permettrait de choisir des plantes de culture-piège et des dates de semis adaptées de manière à ce qu'elles restent attractives jusqu'au moment où les pois sont récoltés.

Les flux de population entrant et sortant différaient en fonction de l'orientation. Le flux entrant était 2,3 à 3,5 fois plus élevé en provenance du sud qu'en provenance de l'est et de l'ouest, alors que le flux entrant en provenance du nord avait une valeur intermédiaire. Le flux sortant, quant à lui, était plus élevé en direction du nord et de l'ouest. Ces différentes observations pourraient s'expliquer par les vents dominants en provenance du sud-ouest. En effet, la Montérégie est une région très agricole où les vents peuvent atteindre des vitesses élevées en raison du peu d'obstacles qu'ils rencontrent. Il est aussi possible qu'une culture avoisinante située plus au sud ait agit comme un réservoir de PB. D'un autre côté, la tendance à entrer dans les parcelles par le nord pourrait s'expliquer par des composés organiques volatils (COV) émis par les plantes des cultures-pièges et/ou par le pois. Ces COV seraient portés vers le sud par les vents dominants et les PB remonteraient le « courant » vers les parcelles. En effet, certains COV produits par les plantes sont reconnus comme importants dans les interactions trophiques en agriculture (Turlings *et al.* 1990, Dudareva *et al.* 2013) et joueraient un rôle important dans le processus de sélection de la plante par les punaises (Weber *et al.* 2017). Il a par exemple été montré que les nymphes de *H. halys* réagissent aux COV des plantes (Lee *et al.* 2014) et cette attraction est corrélée à la phénologie de la plante hôte (Blaauw *et al.* 2017). Nos résultats s'accordent avec les conclusions de Mizell III *et al.* (2008) qui rapportent que la culture-piège n'a pas besoin d'être implantée sur tout le pourtour des grandes parcelles commerciales si les sources de punaises aux alentours sont connues. Le fait de tenir compte de la direction des vents dominants et des sources environnantes de punaises permettrait d'implanter des cultures-pièges sur de plus petites portions de champs et minimiserait l'espace utilisé au profit de la culture commerciale.

Conclusions et perspectives

Comme cela a déjà été observé dans de précédentes études, la communauté de punaises Pentatomidae retrouvée dans le pois était dominée presque exclusivement par la PB (*Euschistus servus euschistoides*).

Les données de captures par pièges d'interception suggèrent que les cultures-pièges ont une certaine attractivité et un certain pouvoir de rétention sur les PB. D'une part, le flux de population en direction du pois (entrant) tendait à être plus faible dans les parcelles avec cultures-pièges que dans la parcelle témoin. D'autre part, le flux de population en direction de la bordure (sortant) tendait à être plus élevé dans la parcelle avec une culture-piège de seigle. Le seigle était la culture-piège qui présentait les résultats les plus concluants et cette culture favoriserait l'attraction et la rétention des punaises, diminuant ainsi les abondances de PB dans les champs de pois ou en les limitant aux bordures de champs. Le seigle constituerait donc une bonne culture-piège pour les PB.

Bien que cette étude ne permette pas de conclure fermement sur l'efficacité d'une culture-piège sur la réduction des populations de punaises dans les champs de pois, elle apporte des connaissances complémentaires, notamment sur la diversité, l'abondance et le comportement des punaises. En effet, le tournesol et les céréales semblent avoir une certaine attractivité pour les punaises Pentatomidae mais à différents moments au cours de la saison. Les vents dominants et les sources de punaises environnantes semblent être également des éléments importants à considérer. L'ensemble des nouvelles connaissances issues de ce projet souligne qu'il est important de connaître les sources de punaises environnantes, les vents dominants ainsi que les stades phénologiques les plus attractifs pour les punaises afin d'utiliser les cultures-pièges de manière optimale. De telles connaissances permettraient de choisir un emplacement et une date de semis adéquats afin de limiter les populations de punaises dans les champs de pois.

Une des stratégies de lutte intégrée qui a déjà fait ses preuves est la technique "attract-and-kill" (voir revue de Weber *et al.* 2017). Cette dernière consiste à concentrer les individus indésirables dans une zone précise et d'utiliser un ou des insecticides uniquement dans cette zone. L'utilisation de bandes pièges attractives constitue une des techniques possibles de cette stratégie. Une des avenues qui permettrait d'améliorer l'efficacité de la culture-piège serait

donc d'utiliser la culture-piège en combinaison avec un attractif telle qu'une phéromone d'agrégation. Les punaises se trouveraient donc concentrées dans les zones définies de la bande piège, ce qui permettrait de réduire l'utilisation d'insecticides en ne traitant que des zones de quelques mètres autour de la phéromone (Morrison *et al.* 2016; Leskey *et al.* 2012). L'utilisation de composés sémiocchimiques autres que les phéromones (allomones, kairomones, synomones, etc.) permettrait également d'augmenter l'efficacité des cultures-pièges. Cependant, des études supplémentaires sont requises, notamment afin de déterminer leurs efficacités dans les grandes cultures, ainsi que le nombre de zones par acre ou par hectare nécessaires (Weber *et al.* 2017).

Une autre avenue possible serait la pulvérisation d'argile blanche (*e.g.* kaolin) sur les feuilles. Cette dernière agirait comme répulsif pour les adultes et les nymphes de *H. halys*, qui évitent les feuilles traitées (Morehead 2016). En outre, l'utilisation de ce produit a permis de réduire les dommages de 76–90% dans la culture de poivrons (Morehead 2016).

De nombreuses méthodes de luttés telles que décrites ci-dessus sont disponibles en horticulture. En revanche, elles ont été validées principalement pour la punaise marbrée *H. halys*, une espèce exotique. Ainsi, la plupart nécessitent des études supplémentaires afin de déterminer les modalités d'utilisation dans les grandes cultures, mais aussi de valider leur efficacité sur les punaises endémiques, notamment la PB *E. servus euschistoides*.

Remerciements

Les auteurs remercient la participation de Bonduelle Amérique ainsi que la Fédération québécoise des producteurs de fruits et légumes de transformation pour leur financement. Les auteurs remercient également les personnes ayant participé au projet notamment, Manon Giolland (technicienne), Charles-Étienne Ferland (technicien), Frédérique Pilote (étudiante d'été), Sandrine Corriveau (étudiante d'été), Étienne Minaud (stagiaire), Cyril Le Maux (stagiaire), ainsi que l'équipe technique du CÉROM pour la mise en place et la gestion de l'essai en champ.

Références

- Blaauw BR, Morrison WR III, Mathews C, Leskey TC, Nielsen AL (2017) Measuring host plant selection and retention of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae). *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 163: 197–208.
- Boquel S, 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, pp. 19.
- Boquel S, Latraverse A, De Almeida J (2018) Caractérisation de la diversité et de la phénologie des punaises Pentatomidae dans la culture du pois au Québec dans le but de développer une technique de dépistage fiable. Rapport final du projet Prime-Vert CERO-1-15-1730, pp. 15.
- Bundy CS, McPherson RM (2000) Dynamics and Seasonal Abundance of Stink Bugs (Heteroptera: Pentatomidae) in a Cotton–Soybean Ecosystem. *Journal of Economic Entomology*, 93(3): 697–706.
- Dudareva N, Klempien A, Muhlemann JK, Kaplan I (2013) Biosynthesis, function, and metabolic engineering of plant volatile organic compounds. *New Phytologist*, 198: 16–32.
- Kogan M, Turnipseed SG (1987) Ecology and management of soybean arthropods. *Annual Review of Entomology*, 32: 507–538.
- Lee D-H, Nielsen AL, Leskey TC (2014) Dispersal capacity and behavior of nymphal stages of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) evaluated under laboratory and field conditions. *Journal of Insect Behavior*, 27: 639–651.
- Leskey TC, Wright SE, Short BD, Khrimian A (2012) Development of behaviorally based monitoring tools for the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae) in commercial tree fruit orchards. *Journal of Entomological Science*, 47: 76–85.
- Majumdar A (2010) Trap crop for managing vegetable insect pests: Timely information agriculture and natural resources. Alabama Cooperative Extension System. Alabama A & M and Auburn Universities, and Tuskegee University, country governing bodies and USDA cooperating, 4 pp.

- McPherson RM, Newsom LD (1984) Trap crops for the control of stink bugs in soybean. *Journal of the Georgia Entomological Society*, 19: 470-780.
- Mizell III RF, Riddle C, Blount AS (2008) Trap cropping system to suppress stink bugs in the southern coastal plain. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 121: 377–382.
- Morehead JA (2016) Efficacy of organic insecticides and repellents against brown marmorated stink bug in vegetables. M.Sc. thesis, Department of Entomology, Virginia Tech, Blacksburg, VA.
- Morrison WR III, Lee D-H, Short BD, Khrimian A, Leskey TC (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: 81–96.
- Nielsen AL, Dively G, Pote JM, Zinati G, 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.
- Paiero SM, Marshall SA, McPherson JE, 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.
- R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <https://www.R-project.org/>.
- Rea JH, Wratten SW, Sedcole R, Cameron PJ, Davis SI, Chapman RB (2002) Trap cropping to manage green vegetable bug *Nezara viridula* (L.) (Heteroptera: Pentatomidae) in sweet corn in New Zealand. *Agricultural and Forest Entomology*, 4: 101-107.
- Soergel DC, Ostiguy N, Fleischer SJ, Troyer RR, Rajotte EG, Krawczyk G (2015) Sunflower as a potential trap crop of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in pepper fields. *Environmental Entomology*, 44: 1581–1589.
- Tillman PG (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.
- Tillman PG, Cottrell TE (2012) Case Study: Trap Crop with Pheromone Traps for Suppressing *Euschistus servus* (Heteroptera: Pentatomidae) in Cotton. *Psyche*, 2012: 401703.

Todd J, Schumann F (1988) Combination of insecticide applications with trap crops of early maturing soybean and southern peas for population management of *Nezara viridula* in soybean. (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Entomological Science*, 23: 192–199.

Turlings TCJ, Scheepmaker JWA, Vet LEM, Tumlinson JH, Lewis WJ (1990) How contact foraging experiences affect preferences for host-related odors in the larval parasitoid *Cotesia marginiventris* (Cresson) (Hymenoptera: Braconidae). *Journal of Chemical Ecology*, 16: 1577–1589.

Weber DC, Morrison III WR, Khimian A, Rice KB, Leskey TC, Rodriguez-Saona C, Nielsen AL, Blaauw BR (2017) Chemical ecology of *Halyomorpha halys*: discoveries and applications. *Journal of Pest Science*. 90(4): 989-1008.