



Programme Agri-innovation – Volet B

Rapport annuel sur le rendement 2017-2018

Pour les projets ou activités ayant débutés en retard, nous nous attendons à ce que les réponses à certaines questions soient brèves et à ce que d'autres questions ne s'appliquent pas ou soient prématurées. Veuillez indiquer « sans objet » si la question n'est pas pertinente pour l'instant.

Nom du bénéficiaire : Centre de recherche agroalimentaire de Mirabel	
Titre du projet : Aménagement de bandes trappes en fraisières pour améliorer l'efficacité de la lutte à la punaise de terne à deux moments cruciaux du cycle de vie	
Numéro du projet : PAI-377	Période visée par le rapport : 01-04-2017 au 31-03-2018
Numéro de l'activité : activité 2	Chercheur principal : Dr. Caroline Provost

1. Mesures de rendement. Consultez l'annexe A pour obtenir une explication de chaque mesure.

Innovations	Résultats obtenus Nombre	Décrivez (2-3 paragraphes) chaque innovation produite, ainsi que son importance pour le groupe cible ou le secteur. Expliquez tout écart entre les résultats obtenus et les cibles. Utilisez un langage simple.
Nombre d'éléments de propriété intellectuelle découlant du projet	0	Sans objet
Nombre de produits nouveaux ou améliorés	0	Sans objet
Nombre de processus ou systèmes nouveaux ou améliorés	0	Sans objet
Nombre de pratiques nouvelles ou améliorées	Cible : 2 Atteinte : 3	<p>1) <i>Bandes trappes estivales</i> : Nos résultats indiquent que les bandes trappes de sarrasin sont attractives pour la punaise terne pendant une période de deux à trois semaines. Les applications d'insecticide et bioinsecticide n'ont toutefois pas été efficaces dans les bandes trappes. Sans méthode répressive contre les punaises ternes dans les bandes trappes, cette approche est peu efficace. Des efforts de recherche doivent être déployés pour résoudre cette lacune.</p> <p>2) <i>Bandes trappes automnales</i> : Les bandes trappes automnales composées de plants de molène ont attirer avec succès une proportion intéressante de la population de punaises ternes en période d'hivernation. Les traitements d'insecticide</p>



Innovations	Résultats obtenus Nombre	Décrivez (2-3 paragraphes) chaque innovation produite, ainsi que son importance pour le groupe cible ou le secteur. Expliquez tout écart entre les résultats obtenus et les cibles. Utilisez un langage simple.
		<p>(cyperméthrine) appliqué à l'automne sur les plants de molène ont causé 100 % de mortalité chez les punaises ternes. Cette approche combinée de bandes trappes automnales et d'insecticide permet de réduire la densité de punaise terne près des fraisières et réduirait l'impact des punaises ternes en champ. Cette méthode préventive est économique et pourrait s'intégrer facilement par les producteurs.</p> <p>3) La souche de champignon entomopathogène utilisée dans le cadre de ce projet, et ayant été efficace contre les jeunes larves de punaise terne, n'est actuellement pas commercialisée. Elle a été développée spécifiquement contre la punaise terne. Les résultats fournis dans le cadre de notre projet pourront aider à établir un protocole visant à homologuer ce produit contre la punaise terne en fraisière.</p>
Nombre de nouvelles variétés	0	Sans objet
Nombre de matériaux génétiques nouveaux ou améliorés	0	Sans objet
Nombre de séquences de gènes nouvelles ou améliorées	0	Sans objet
Nombre de connaissances améliorées	Cible : 0 Atteinte : 1	L'utilité du champignon entomopathogène <i>Beauveria bassiana</i> appliqué comme bioinsecticide contre la punaise terne est peu connu. Dans notre expérience, nous avons démontré que cette approche réduisait efficacement les populations de jeunes larves de punaises, mais était peu efficace contre les adultes. L'application de <i>Beauveria</i> réduisait la quantité de dommage aux fraises durant la période où les punaises étaient majoritairement au stade de jeunes larves. Ce bioinsecticide pourrait être utilisé en champ de fraise dans le cadre d'un protocole visant spécifiquement les jeunes stades larvaires.

Éléments d'information	Résultats obtenus	Donnez une référence complète pour chaque élément. Consultez les exemples de l'annexe A.
Nombre de publications avec un comité de lecture	0	Possibilité à venir.



Nombre d'éléments d'information		
Nombre de reportages	0	Sans objets
Nombre d'événements d'information	2	F. Dumont et C. Provost. 2017. Combining trap crop and insecticide to control tarnished plant bug in strawberry field. 3rd Hemipteran-Plant Interactions Symposium, Madrid (Espagne), 4-8 juin 2017. F. Dumont et C. Provost, C. 2017. Lutte à la punaise terne : des bandes trappes estivales et automnales. Colloque Bio pour Tous, Victoriaville, 22 février 2018.
		Indiquez le nombre de participants
Nombre de participants aux événements d'information	500	HPIS :~300 CBT :~200
		Indiquez le nombre de participants qui envisagent d'adopter la nouvelle innovation.
Nombre de participants aux événements d'information qui envisagent d'adopter la nouvelle innovation	1	Un producteur m'a contacté pour implanter l'approche des bandes trappes de molène à sa ferme. D'autres producteurs pourraient être intéressés sans avoir manifesté leurs intentions.
		Précisez le nom des personnes qui ont décroché un diplôme, le diplôme obtenu ainsi que la date d'obtention.
Nombre de personnes ayant décroché une maîtrise ou un doctorat pendant le projet	0	Sans objet

2. Sommaire

Le sommaire comporte deux volets : les points saillants des activités et des résultats scientifiques, et les exemples de réussite. L'information peut être utilisée à des fins de communications internes et externes. Utilisez un langage simple, à l'intention d'un public général. Ne divulguez pas de renseignements confidentiels ou de nature délicate.

Points saillants – Cette section décrit les principales activités et les résultats scientifiques définitifs d'une activité ou d'un projet de manière à ce que les lecteurs puissent obtenir rapidement des renseignements sur une vaste gamme de documents sans avoir à tous les lire. Veuillez fournir un bref énoncé du problème, des renseignements généraux, une analyse concise et les conclusions clés. Longueur maximale proposée : 1 page.

La punaise terne *Lygus lineolaris* (Hemiptera: Miridae) est un ravageur polyphage à l'origine d'importantes pertes économiques dans les fraisières du Québec. La lutte actuelle contre ce ravageur prévoit des applications d'insecticides chimiques durant la saison de production. Il serait



possible de lutter plus efficacement contre la punaise terne en utilisant des bandes trappes. Les bandes trappes favorisent l'agrégation des punaises et limitent leur présence dans les rangs éloignés des bandes trappes. Ainsi, il serait possible d'utiliser les insecticides principalement dans les zones où les punaises sont concentrées (réduisant les coûts d'intrant et de main-d'œuvre). Une telle réduction des coûts rendrait l'utilisation de bioinsecticides (ex. *Beauveria bassiana*) plus intéressante puisque ces produits sont dispendieux pour une lutte sur tout le champ. De plus, les bandes trappes offrent la possibilité de lutter contre la punaise terne en dehors de la période de production (ex. lorsque la punaise hiberne), une approche qui augmenterait le taux de mortalité de la punaise terne, et réduirait son incidence sur la production de fraise. Dans ce projet, nous avons testé l'attractivité des bandes trappes estivales (sarrasin) et automnales (molène) pour lutter contre les punaises ternes. Des traitements insecticides (cyperméthrine) et de bioinsecticide (*Beauveria bassiana*) ont été appliqués sur les fraisiers ou les bandes trappes. Le sarrasin était plus attractif que les fraisiers pendant une période d'environ trois semaines se terminant à la mi-août. Les applications d'insecticides dans les bandes trappes n'ont cependant pas été efficace. Les applications d'insecticide chimique directement sur les fraisiers réduisaient les populations d'adultes et de larves de stade L4-L5, tandis que le bioinsecticide avait une efficacité notable contre les jeunes larves. Ces traitements ont réduit la quantité de dommages aux fraises soit pendant une courte durée (*Beauveria*) ou pendant une période prolongée (cyperméthrine). À l'automne, la molène était très attractive pour la punaise terne et a permis d'attirer approximativement 30 % de la population estivale de punaise terne. Des traitements d'insecticide ont entraîné des taux de mortalité à l'hiver de 100 %. Les traitements de *Beauveria* ou d'eau bouillante étaient peu efficaces. Les bandes trappes peuvent donc être utiles en été comme à l'automne pour lutter contre les punaises ternes. Cette approche doit être combinée avec une méthode répressive efficace et adaptée à la plante trappe.

Exemples de réussite – Un exemple de réussite présente un résultat important ou une étape clé. Il vise à montrer les réalisations dans le domaine de la recherche appliquée. L'accent est mis sur les résultats de la recherche, les transferts réussis de technologies, le potentiel de commercialisation et/ou les répercussions possibles. Un exemple de réussite ne constitue pas un rapport d'étape pour chaque activité (longueur maximale proposée : 2-3 paragraphes).

Nos résultats indiquent que les bandes trappes de sarrasin sont attractives pour la punaise terne pendant une période de deux à trois semaines. Les applications d'insecticide et bioinsecticide n'ont toutefois pas été efficaces dans les bandes trappes. Sans méthode répressive contre les punaises ternes dans les bandes trappes, cette approche est peu efficace. Des efforts de recherche doivent être déployés pour résoudre cette lacune.

Les bandes trappes automnales composées de plants de molène ont attirer avec succès une proportion intéressante de la population de punaises ternes en période d'hibernation. Les traitements d'insecticide (cyperméthrine) appliqué à l'automne sur les plants de molène ont causé 100 % de mortalité chez les punaises ternes. Cette approche combinée de bandes trappes automnales et d'insecticide permet de réduire la densité de punaise terne près des fraisières et réduirait l'impact des punaises ternes en champ. Cette méthode préventive est économique et pourrait s'intégrer facilement par les producteurs.



L'utilité du champignon entomopathogène *Beauveria bassiana* appliqué comme bioinsecticide contre la punaise terne est peu connu. Dans notre expérience, nous avons démontré que cette approche réduisait efficacement les populations de jeunes larves de punaises, mais était peu efficace contre les adultes. L'application de *Beauveria* réduisait la quantité de dommage aux fraises durant la période où les punaises étaient majoritairement au stade de jeunes larves. Ce bioinsecticide pourrait être utilisé en champ de fraise dans le cadre d'un protocole visant spécifiquement les jeunes stades larvaires.

Les bandes trappes permettent de manipuler la distribution des punaises ternes dans les fraisières et offrent des fenêtres d'opportunité pour appliquer des traitements répressifs ciblés plus efficacement. L'utilisation des bandes trappes de molène s'inscrit dans une lutte intégrée visant une gestion globale de la population de punaise terne plutôt que de miser sur une stratégie répressive en champ. Une gestion globale est une approche proactive menant à une utilisation restreinte des pesticides chimiques.

3. Objectifs/Résultats (vous pouvez utiliser un langage technique pour cette section)

Veillez fournir un bref résumé qui comprend une introduction, les objectifs, l'approche ou la méthodologie utilisée, les produits livrables et les résultats attendus, les résultats obtenus, une discussion, ainsi que les étudiants au doctorat ou à la maîtrise ayant été recrutés pour ce projet.



Résumé

La punaise terne *Lygus lineolaris* (Hemiptera: Miridae) est un ravageur polyphage à l'origine d'importantes pertes économiques dans les fraisières du Québec. La lutte actuelle contre ce ravageur prévoit des applications d'insecticides chimiques durant la saison de production. Il serait possible de lutter plus efficacement contre la punaise terne en utilisant des bandes trappes. Les bandes trappes favorisent l'agrégation des punaises et limitent leur présence dans les rangs éloignés des bandes trappes. Ainsi, il serait possible d'utiliser les insecticides principalement dans les zones où les punaises sont concentrées (réduisant les coûts d'intrant et de main-d'oeuvre). Une telle réduction des coûts rendrait l'utilisation de bioinsecticides (ex. *Beauveria bassiana*) plus intéressante puisque ces produits sont dispendieux pour une lutte sur tout le champ. De plus, les bandes trappes offrent la possibilité de lutter contre la punaise terne en dehors de la période de produit (ex. lorsque la punaise hiberne). Une approche qui augmenterait le taux de mortalité de la punaise terne, et réduirait son incidence sur la production de fraise. Dans ce projet, nous avons testé l'attractivité des bandes trappes estivales (sarrasin) et automnales (molène) pour lutter contre les punaises ternes. Des applications d'insecticide (cyperméthrine) et de bioinsecticide (*Beauveria bassiana*) ont été appliquées sur les fraisiers ou les bandes trappes. Le sarrasin était plus attractif que les fraisiers pendant une période d'environ trois semaines se terminant à la mi-août. Les applications d'insecticides dans les bandes trappes n'ont cependant pas été efficace. Les applications d'insecticide chimique directement sur les fraisiers réduisaient les populations d'adultes et de larves de stade L4-L5, tandis que le bioinsecticide avait une efficacité notable contre les jeunes larves. Ces traitements ont réduit la quantité de dommages aux fraises soit pendant une courte durée (*Beauveria*) ou pendant une période prolongée (cyperméthrine). À l'automne, la molène était très attractive pour la punaise terne et a permis d'attirer approximativement 30 % de la population estivale de punaise terne. Des traitements d'insecticide ont entraîné des taux de mortalité à l'hiver de 100 %. Les traitements de *Beauveria* ou d'eau bouillante étaient peu efficaces. Les bandes trappes peuvent donc être utiles en été comme à l'automne pour lutter contre les punaises ternes. Cette approche doit être combinée avec une méthode répressive efficace et adaptée à la plante trappe.

Introduction

La punaise terne, *Lygus lineolaris* (Hemiptera: Miridae), est un ravageur polyphage à l'origine d'importantes pertes économiques dans la production de fraises au Québec. Cet hémiptère peut se nourrir sur plus de 350 espèces végétales dont environ 130 ont une importance économique (e.g. les pommiers, les pêchers et les fraisiers) (Young 1986). Les punaises ternes hivernent sous forme adulte sous les couverts végétaux forestiers ou certaines plantes herbacées à proximité de leurs hôtes automnaux (Khattat et Stewart 1980; Boivin et al. 1981; Cleveland 1982). Au Québec, les premiers adultes peuvent être observés dès la mi-avril sur des plantes printanières. En juin, les punaises ternes adultes migrent vers les fraisières où elles peuvent devenir fréquentes sur les parties florales (Rancourt et al. 2000). À la mi-juin, les adultes font place aux jeunes nymphes qui commencent à émerger (Bostanian et al. 1990). Les punaises ternes sont bivoltines au Québec (deux générations par été). Principalement les nymphes, mais aussi les adultes, peuvent endommager les fraises lorsqu'elles font pénétrer leur stylet dans les tissus du réceptacle floraux (Handley 1991; Handley et Pollard 1993). Ces piqûres engendrent un arrêt de l'apport d'auxine, une hormone nécessaire au bon développement du fruit (Griesser et al. 2008). Même une faible densité de punaise terne, soit 0,26



nymphe par hampe florale, peut engendrer des pertes au-dessus du seuil économique (Mailloux et Bostanian 1988).

Présentement, seuls les insecticides permettent une élimination efficace des punaises ternes en fraisière. Les traitements chimiques à base de carbamates et de pyréthinoïdes peuvent engendrer de fort taux de mortalité (Martel et al. 1986). Néanmoins, l'efficacité des traitements chimiques peut varier en fonction de la composition génétique des populations qui sont souvent hétérogènes. De plus, le développement de tolérance aux produits chimiques par la punaise terne n'est pas impossible (Snodgrass et Scott 2000). Un champignon pathogène, *Beauveria bassiana* (BioCeres), qui est en instance d'homologation pour son utilisation en champ de fraise, est une méthode biologique de lutte aux punaises ternes qui pourrait remplacer les insecticides de synthèse (Leland et Snodgrass 2004). La souche de *Beauveria* vendue commercialement (GHA) employée également dans la lutte aux aleurodes, pucerons et thrips, peut-être moins infectieuse pour les organismes non ciblés que des souches sauvages (Leland 2005). Sabbahi et al. (2008a) ont observé une mortalité de 90 % des larves et des adultes exposées à une souche de *Beauveria* indigène au Québec (INRS-CFL). L'utilisation de cette souche en fraisière réduisait la population de plus de 80 % (Sabbahi et al. 2008a). De plus, cette souche cause de forte mortalité des charançons ravageurs *Anthonomus signatus* et *Otiorhynchus ovatus* (Sabbahi et al. 2008b), sans toutefois entraîner de haut taux de mortalité des coccinelles maculés, *Coleomegilla maculata*, prédatrices de la punaise terne (Sabbahi et al. 2008a). BioCeres n'a pas d'effet négatif sur les abeilles qui peuvent même être un vecteur de cet agent de lutte. Néanmoins, son coût reste élevé et, ainsi, toute augmentation de son efficacité rendrait cette approche plus intéressante en champ.

Plusieurs méthodes alternatives aux pesticides ont été proposées pour diminuer les dommages causés par la punaise terne en fraisière, mais peu se sont avérées satisfaisantes lorsqu'elles étaient employées seules. En outre, l'utilisation de plantes trappes, qui est très attractives pour les punaises ternes, n'est efficace que si elles peuvent les retenir hors des plants de fraises (Stern et al. 1969; Swezey et al. 2007). L'aménagement de bandes trappes permet donc l'agglomération des punaises ternes à un endroit, et offrent l'opportunité d'appliquer un traitement afin de réduire leurs populations. Les bandes trappes visent à attirer les punaises durant la période estivale en leur offrant des hôtes qui leur permettent de se nourrir et de pondre leurs œufs (Hokkanen 1991). Parmi les différents hôtes, la luzerne (*Medicago sativa*), qui fleurit tôt dans la saison, est très attractive pour la punaise terne (Stern et al. 1969; Wheeler et al. 1974, Swezey et al. 2007). Stern et al. (1969) observent 50 fois plus de punaises ternes dans la luzerne que dans les plants de coton adjacents. Ainsi, la luzerne a le potentiel d'une plante trappe efficace pour attirer la punaise terne tôt dans la saison (Sevacherian et Stern 1974; Wheeler 1974). Alternativement, le sarrasin et la moutarde sont des plantes qui fleurissent plus tardivement et peuvent attirer les punaises de la deuxième génération (Cleveland 1982; Dumont et Provost 2017). Ces plantes sont ainsi intéressantes en bande trappe dans la production de fraises d'été et d'automne (fraises à jours neutres). De plus, il serait possible d'utiliser les bandes trappes afin d'attirer les punaises ternes qui cherchent un lieu pour passer l'hiver.

La longueur et la rigueur des hivers québécois posent un risque pour les punaises ternes. Celles-ci qui hivernent sous forme adulte se cachent sous des hôtes qui leur offrent un abri contre le froid. Malgré



cette stratégie, les punaises ternes demeurent vulnérables durant la période hivernale (Snodgrass et al. 2012). La survie hivernale est donc un facteur déterminant de la taille de la population au printemps (Bale 1991). Néanmoins, aucune méthode de lutte biologique n'est disponible afin d'augmenter la mortalité hivernale des punaises en milieu agricole. Cette absence de méthode hivernale s'explique par le fait que les punaises ternes sont difficiles à localiser durant l'hiver. Ainsi, le développement de méthodes de lutte biologique en hiver nécessite la mise en place de dispositif qui permet de réunir une proportion importante de la population de punaises ternes dans des lieux qui seront visés par les traitements. L'utilisation des bandes trappes qui offrent de bonnes conditions pour l'hibernation pourrait donc permettre d'intervenir contre les punaises ternes alors qu'elles sont le plus vulnérables. Le résultat pourrait être une réduction des populations au printemps. Parmi les différents hôtes hivernaux possibles, les plants de molène sont une option intéressante de par la protection au froid qu'ils offrent aux punaises (Horton et Lewis 2003), et la qualité nutritive de leurs feuilles. Ces feuilles sont une source de nutriment qui contribuent au développement de la punaise *Campylomma verbasci* (Hemiptera: Miridae), une punaise omnivore de la même famille que la punaise terne (Aubry et al. 2015). Cette ressource alimentaire est disponible tôt dans la saison pour les punaises ternes.

L'attractivité des plantes trappes offre l'opportunité d'utiliser les insecticides plus efficacement en ciblant les applications sur ces plantes où les populations de punaises ternes se concentrent. En combinant l'approche des plantes trappes (luzerne) et d'une méthode répressive (par aspiration), Swezey et al. (2007) ont réduit les dommages causés aux fraises par la punaise terne de l'Ouest (*L. hesperus*). L'aspiration des plantes trappes uniquement permettait de réduire les coûts de production de 78 % comparativement à l'aspiration des punaises dans tout le champ de fraise. Les résultats de Swezey et al. (2007) démontrent que l'utilisation combinée de plantes trappes et de méthodes répressives ciblées permet de réduire à la fois les dommages sur les fraises et les coûts de phytoprotection chez une espèce proche de *L. lineolaris*. Ainsi, cette approche combinée de plantes trappes et d'insecticides permettrait d'une part de réduire la quantité de pesticides utilisés et d'autre part d'éviter d'appliquer ces produits directement sur les plantes d'intérêt commerciales. De plus, l'utilisation de bandes trappes pour la période d'hibernation permettrait d'augmenter la mortalité des punaises ternes à proximité des fraisières. Les punaises, ainsi agglomérées dans les bandes trappes d'hibernation, seraient vulnérables à toute action humaine visant à réduire leur population (ex. exposition des punaises au froid hivernal ou application d'insecticide).

Le présent projet propose de tester l'effet combiné de plantes trappes pour concentrer les punaises ternes et les exposer à des applications ciblées d'insecticides et de bioinsecticides durant la saison de production (alors que les punaises reproduisent) et tard à l'automne (quand les punaises hivernent).

Méthodologie

Site d'étude

Les expériences de terrain ont été réalisées sur la ferme expérimentale du Centre de recherche agroalimentaire de Mirabel (Mirabel, Québec) de l'été 2016 au printemps 2018.



Design expérimental

Volet 1 : bande trappe estivale

En 2016, le plan expérimental en bloc aléatoire complet comprend quatre blocs de six parcelles. Toutes les parcelles comprenaient deux buttes de 32 plants du cultivar à jours neutres Albion (sur 5 m de long). Les bandes trappes de 1 m de large par 5 m de long étaient placées à 1 m de distance des rangs de fraises. Les parcelles étaient placées à au moins 10 m les unes des autres, alors qu'une distance de 20 m était conservée entre les blocs. Chacune des six parcelles était aménagée avec l'un des traitements suivants : 1) témoin sans bande trappe ni insecticide; 2) traitement insecticide (Ripcord; cyperméthrine) appliqué sur les plants de fraises; 3 et 4) une bande trappe de plants de sarrasin ou de moutarde sans traitement insecticide; 5 et 6) une bande trappe (sarrasin ou moutarde) sur laquelle est appliquée un traitement insecticide (dans ces traitements aucun insecticide n'est appliqué directement sur les plants de fraises). Ainsi, deux variables ont été manipulées soit le type d'aménagement (bande trappe) et l'utilisation d'insecticide. La densité des plants dans les bandes trappes était d'approximativement 62,5 plants par m² pour le sarrasin et la moutarde. Les applications de Ripcord (cyperméthrine) ont été réalisées tôt le matin le 2 août et 16 août 2016.

En 2017, un traitement bioinsecticide, le champignon entomopathogène *Beauveria bassiana*, a été ajouté, alors que les bandes trappes de moutarde ont été retiré. Tout comme dans l'expérience menée en 2016, le design expérimental en bloc aléatoire complet comprenait quatre blocs de six parcelles (un traitement par parcelle). Les traitements suivants ont été appliqués: 1) témoin (fraisiers sans bande trappe ni application d'insecticide/ bioinsecticide; 2) lutte conventionnelle (sans bande trappe, mais application d'insecticide chimique (Ripcord) sur les fraisiers); 3) lutte avec bioinsecticide (sans bande trappe, mais application de *Beauveria* sur les fraisiers); 4 à 6) avec des bandes trappes de sarrasin avec ou sans traitement insecticide/bioinsecticide appliqué directement sur les sarrasins. Les traitements de *Beauveria* ont été appliqués chaque semaine du 27 juillet au 31 août 2017. Deux traitements de Ripcord ont eu lieu soit le 10 août et 25 août 2017.

Volet 2 : bande trappe automnale

Ce deuxième volet a été implanté en 2016 et 2017. Deux bandes trappes de plants de molène par bloc (donc huit bandes trappes au total) ont été aménagées en périphérie de ceux-ci. Chaque bande trappe de molène était composée de 20 plants de molène végétatif (plant de première année) disposés sur 10 mètres. Les plants ont été ensemencés dès le mois de juin pour assurer leur croissance.

À la fin octobre (25 octobre 2016 et 2017), les punaises ternes présentes sur les plants ont été capturées. Des cages (30 cm x 30 cm x 30 cm) ont été installées sur des plants de molène préalablement nettoyés de tous insectes et araignée. Quatre punaises ternes étaient ensuite introduites dans ces cages. Un de ces traitements a été appliqué à chacune des cages : 1) témoin sans traitement répressif; 2) 2 litres d'eau bouillante appliquée après la première neige; 3) bioinsecticide (*Beauveria bassiana*) (0,5 L par cage d'une dilution de 1 ml/ 5 L); et 4) insecticide Ripcord (0,7 L par cage d'une dilution de 1 ml / 7 L). À la mi-décembre, alors que l'hiver était bien installé, les couvercles des cages ont été retirés afin de laisser la neige pénétrer dans les cages. La neige joue un rôle d'isolation permettant la survie des punaises ternes. À la fonte des neiges, les couvercles ont été



remis (avant que la neige soit complètement fondue) (10 avril pour les deux années). Les cages ont été rouvertes le 27 avril de chaque année pour inspection des plants. Les punaises retrouvées vivantes étaient d'abord répertoriées. Ensuite, le plant était minutieusement inspecté pour retrouver les punaises mortes. Certaines punaises mortes étaient en bonnes conditions, alors que d'autres étaient décomposés à des degrés variables.

Prise de données

Volet 1 : bande trappe estivale

Un suivi hebdomadaire de la population de punaise terne (les larves et les adultes) a été effectué de juillet jusqu'en septembre par le biais de battage de deux plants de fraisiers par rangs (rangs centraux uniquement) et de deux (2016) ou quatre (2017) plants de sarrasin ou moutarde. Les fraises ont été récoltées trois fois par semaine, classées selon deux catégories, soit saines ou endommagées par les punaises ternes (les fraises ne pouvant être classées dans ces deux catégories étaient rejetées) et pesées. Les données sur les fraises ont été récoltées sur chaque rang (donc deux rangs par parcelle).

Volet 2 : bande trappe automnale

Le suivi des populations de punaises ternes sera effectué du mois d'août jusqu'à la fin octobre par le biais de battage (quatre plants par bande trappe). Les adultes observés sur les plants de molène sont les adultes de la deuxième génération observés en fin de saison sur fraisiers et sur les plants de sarrasin. Une corrélation entre la quantité de punaises observées sur plants de molène et dans les parcelles de fraisiers à proximité permettra d'estimer quelle proportion de la population de punaise terne opte pour les bandes trappes d'hivernation.

La survie des punaises ternes à l'hiver dans les cages a été réalisée à la fin avril en comptant les individus vivants sur les plants. Ceux-ci sont faciles à repérer. Les plants ont soigneusement été inspectés pour retrouver les individus morts. Les individus non retrouvés sont considérés morts. Un taux de survie hivernale a été obtenu à partir de ces observations.

Analyses statistiques

Volet 1 : bande trappe estivale

L'attractivité des bandes trappes estivales (sarrasin) a été testée en utilisant des modèles généralisés linéaires mixtes (GLMM). Le nombre de punaises par plant a été testé en fonction du type de plant (fraisier ou sarrasin), de la date et de l'interaction entre ces deux variables. Une régression polynomiale au second degré était incluse dans le modèle pour décrire les variations non linéaires des populations durant la saison. L'année, le bloc et la parcelle ont été inclus dans le modèle en tant que variables aléatoires afin de tenir compte des mesures répétées dans le temps. La variable (date) a été centrée sur la moyenne pour éviter que l'ordonnée à l'origine des modèles soit extrapolée de façon aberrante (soit au 1^{er} janvier pour une variable non centrée). Des analyses différentes ont été menées sur chacun des stades de développement (jeunes larves (L2-L3), larves de stades avancés (L4-L5) et adultes), seules les parcelles sans applications d'insecticide ont été utilisées pour ces analyses. La significativité statistique ($p < 0,05$) des variables fixes a été déterminée en comparant des modèles avec et sans la variable. Des tests de différence χ^2 ont été utilisés pour comparer ses modèles.



L'effet des traitements (combinaisons de bandes trappes et d'insecticides chimiques ou biologiques) sur la population de punaises ternes retrouvées sur les plants de fraisiers a été analysé en utilisant des modèles GLMM selon la même méthode décrite ci-haut. Dans ces analyses, les observations de toutes les parcelles étaient incluses.

Un modèle GLMM a aussi été utilisé pour tester l'effet des traitements sur la proportion de fraises endommagées par la punaise sur le total des fraises cueillies. L'approche décrite ci-haut a été utilisée.

Volet 2 : bande trappe automnale et survie hivernale

La proportion de la population estivale de punaises ternes (adultes) retrouvée à l'automne dans la molène a été estimée en calculant le rapport entre le pic de densité de la population observé dans la molène et le pic de densité de population observé l'été (sur les fraisiers, les plants de sarrasin et de moutarde (en 2016)). Une approche par bootstrap a été utilisée pour déterminer l'intervalle de confiance de 95 % de ces moyennes. Les analyses ont été séparées pour les deux années. Cette estimation assume que : 1) la population estivale était bien estimée à partir des observations réalisées sur les fraisiers, les sarrasins et la moutarde (et donc que cette population représentait la majorité des punaises ternes présentes sur le site; et 2) que le taux de survie des punaises ternes entre les pics de densité estivale et automnale était de 100 %.

Le taux de survie hivernale des punaises ternes a été testé à l'aide d'un modèle généralisé linéaire mixte (GLMM). Le traitement était inclus comme variable fixe. Dans le traitement Ripcord (cyperméthrine), aucune punaise terne n'a survécu à l'hiver. Ainsi, ce traitement ne pouvait être inclus dans les analyses statistiques (dû à l'absence de variance dans les observations). L'année et le bloc ont été inclus dans le modèle en tant que variable aléatoire pour tenir compte de la proximité de certains traitements et de l'effet de l'année. Dans un second modèle, l'ordonnée à l'origine a été retirée, ce qui permettait de comparer indépendamment chacun des traitements avec une valeur de 0 (donc la valeur du traitement Ripcord).

Résultats

Attractivité des bandes trappes estivales

Le nombre de larves L2-L3 par plant variait de façon non linéaire dans l'été et en fonction de l'interaction entre le type d'hôte et la date ($\text{Chi}^2 = 27,18$; $\text{dl} = 1$; $p < 0,0001$) (Figure 1a). De la 28^{ième} semaine (10 juillet) à la 33^{ième} semaine (14 août), la croissance de la population de larves L2-L3 était plus importante sur les plants de sarrasin que sur les fraisiers (Figure 1a). Une pointe a été atteinte à la 31^{ième} semaine (31 juillet) sur sarrasin (Figure 1a). Cependant, après cette semaine, la population sur sarrasin était en forte décroissance pour devenir plus abondante sur les plants de fraisiers à partir de la 33^{ième} semaine (14 août). Le nombre de larves L2-L3 par plant était, en moyenne, plus élevé dans le sarrasin (0,95 larve/ plant) que dans les fraisiers (0,39 larve/ plant) ($\text{Chi}^2 = 52,45$; $\text{dl} = 1$; $p < 0,0001$) (Figure 1b).

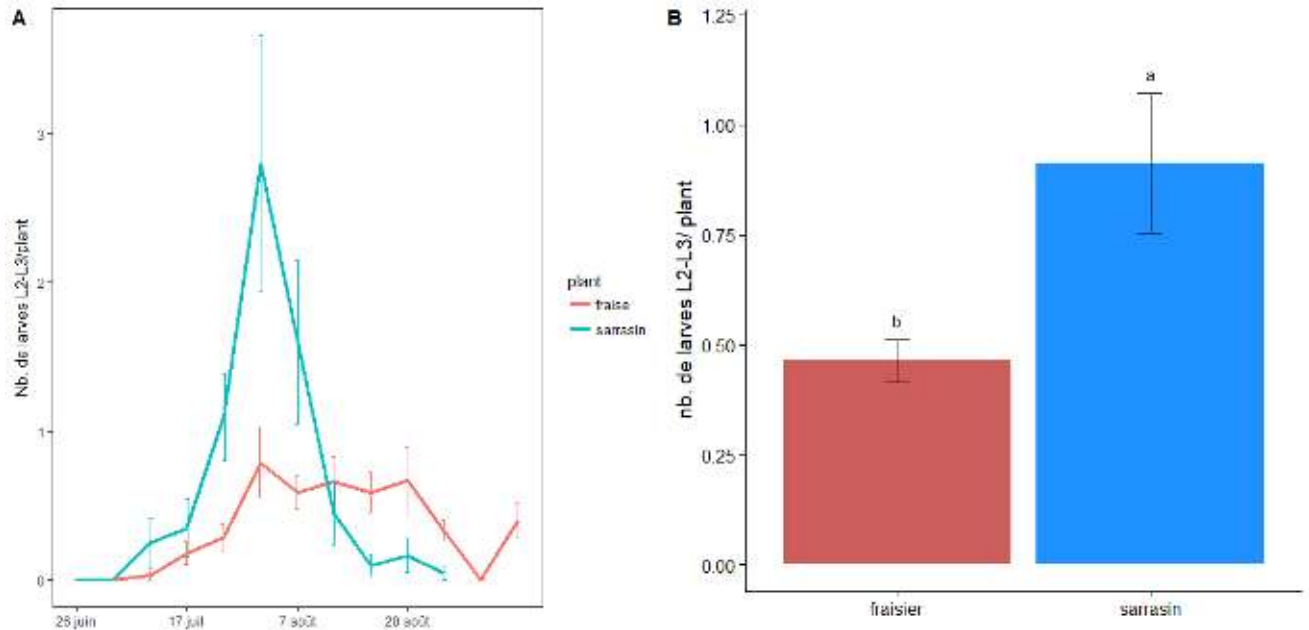


Figure 1 : (A) Nombre larves de stade L2-L3 de punaise terne par plant de sarrasin (bleu) ou de fraise (rouge). Les lignes représentent les moyennes pour les deux années (2016 et 2017), alors que les barres d'erreurs représentent les erreurs types. (B) Nombre de larves de stade L2-L3 de punaise terne par plant de sarrasin (bleu) ou de fraise (rouge). Des lettres différentes indiquent que les traitements sont statistiquement différents ($p < 0,05$).

La population de larves L4 et L5 variait de façon non linéaire durant la saison ($\text{Chi}^2 = 64,45$; $\text{dl} = 1$; $p < 0,0001$), sans qu'il y ait d'interaction avec les traitements ($\text{Chi}^2 = 2,94$; $\text{dl} = 1$; $p = 0,09$) (Figure 2a). Les courbes de variation suivaient la même tendance pour le sarrasin et le fraise, mais elles étaient décalées dans le temps (Figure 2a). Les larves L4-L5 étaient peu nombreuses avant le début août (Figure 2a). La population de larves L4-L5 a augmenté à partir de la 30^{ième} semaine (24 juillet) sur sarrasin jusqu'à l'atteinte d'une pointe à la 32^{ième} semaine (7 août) (Figure 2a). Sur fraise, la croissance de la population de larves L4-L5 a été observée plus tardivement soit à la 31^{ième} semaine (31 juillet). Les larves L4-L5 étaient plus nombreuses sur fraise que sur sarrasin à partir de la 35^{ième} semaine (28 août) (Figure 2a). En dépit de ces variables saisonnières, les larves avancées étaient en moyenne plus nombreuses sur les plants de sarrasin que sur les fraises ($\text{Chi}^2 = 9,10$; $\text{dl} = 1$; $p = 0,003$).

La population de punaises ternes adultes variait de façon non linéaire durant la saison ($\text{Chi}^2 = 8,58$; $\text{dl} = 1$; $p = 0,003$), mais sans qu'il y ait d'interaction avec le type d'hôte ($\text{Chi}^2 = 0,20$; $\text{dl} = 1$; $p = 0,66$) (Figure 3a). Dans le sarrasin, deux pointes de population d'adultes sont observées soit à la 28^{ième} semaine (10 juillet) et à la 33^{ième} semaine (14 août) (Figure 3a). Dans la fraise, une hausse de la population d'adultes est observée à partir de la 32^{ième} semaine jusqu'à atteindre des pointes en septembre (Figure 3a). En moyenne, il y avait davantage de punaises ternes adultes sur les plants de sarrasin que sur les fraises ($\text{Chi}^2 = 6,93$; $\text{dl} = 1$; $p = 0,008$) (Figure 3b).

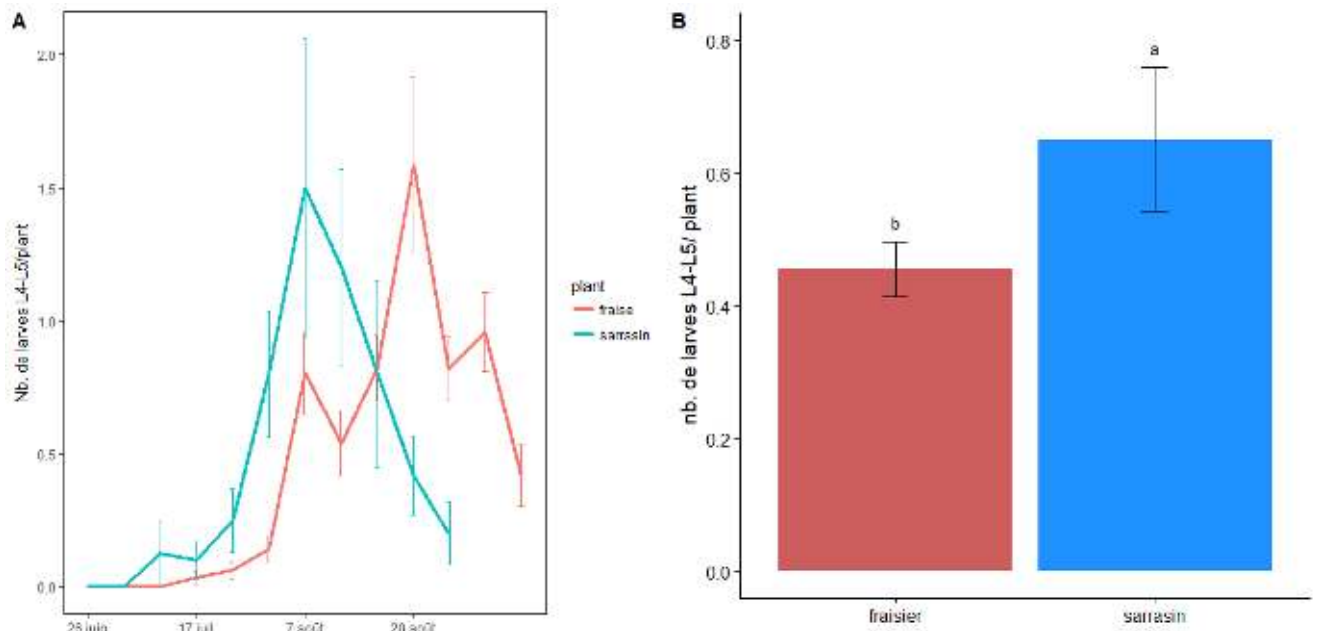


Figure 2 : (A) Nombre larves de stade L2-L3 de punaise terne par plant de sarrasin (bleu) ou de fraisier (rouge). Les lignes représentent les moyennes pour les deux années (2016 et 2017), alors que les barres d'erreurs représentent les erreurs types. (B) Nombre de larves de stade L2-L3 de punaise terne par plant de sarrasin (bleu) ou de fraisier (rouge). Des lettres différentes indiquent que les traitements sont statistiquement différents ($p < 0,05$).

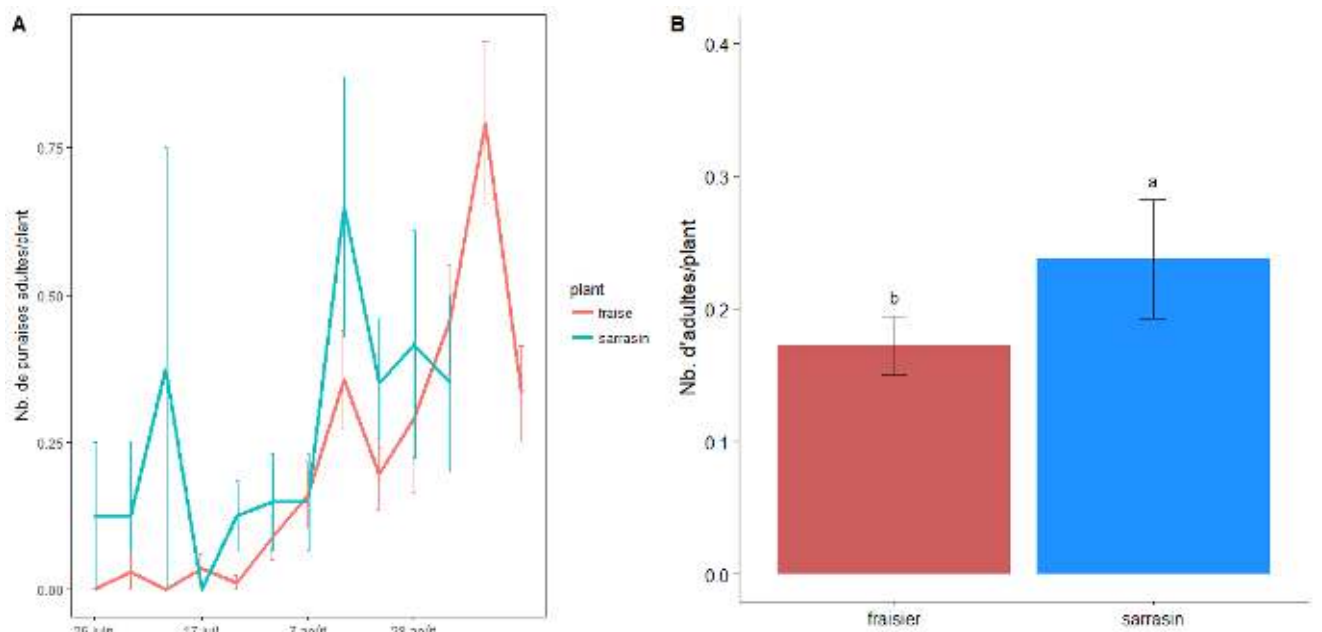


Figure 3 : (A) Nombre de punaises ternes adultes par plant de sarrasin (bleu) ou de fraisier (rouge). Les lignes représentent les moyennes pour les deux années (2016 et 2017), alors que les barres d'erreurs représentent les erreurs types. (B) Nombre de punaises ternes adultes par plant de sarrasin (bleu) ou de fraisier (rouge). Des lettres différentes indiquent que les traitements sont statistiquement différents ($p < 0,05$).

Effet des traitements sur la protection des fraisiers

Les variations saisonnières des larves L2-L3 retrouvées sur les fraisiers suivaient un modèle non linéaire ($\text{Chi}^2 = 167,2$; $\text{dl} = 1$; $p < 0,0001$), sans qu'il y ait une interaction avec le traitement ($\text{Chi}^2 = 8,07$; $\text{dl} = 1$; $p = 0,15$) (Figure 4a). L'application d'insecticide chimique (cyperméthrine) permettait une réduction significative du nombre de larves L2-L3 sur ces plants comparativement au témoin ($\text{Chi}^2 = 25,65$; $\text{dl} = 5$; $p = 0,0001$) (Figure 4b). Le bioinsecticide (*Beauveria*) était plus efficace pour réduire le nombre de larves L2-L3 lorsqu'il était appliqué directement sur les fraisiers qu'uniquement sur le sarrasin (Figure 4b). Les autres traitements n'ont pas permis de réduire le nombre de larves sur les fraisiers.

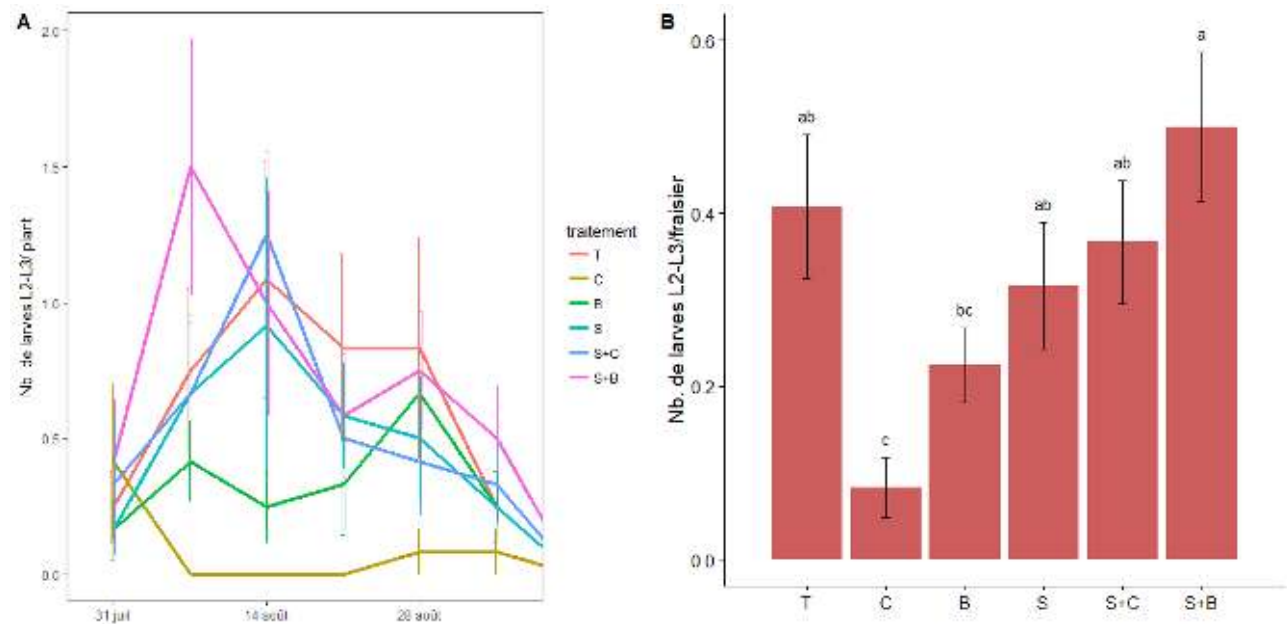


Figure 4 : (A) Nombre larves de stade L2-L3 de punaise terne par fraisier en fonction du traitement de bande trappe et d'insecticide pour l'année 2017. Les lignes représentent les moyennes, alors que les barres d'erreurs représentent les erreurs types. (B) Nombre de larves L2-L3 de punaise terne par fraisier en fonction du traitement. Des lettres différentes indiquent que les traitements sont statistiquement différents. Les traitements suivants étaient appliqués : (T) témoins sans bande trappe ni insecticide; (C) conventionnelle avec insecticide chimique directement sur les fraisiers; (B) insecticide biologique (*Beauveria*) appliqué sur les fraisiers; (S) bande trappe de sarrasin sans insecticide; (S+C) avec bandes trappes et traitement insecticide sur les sarrasins; et (S+B) avec bandes trappes et traitement bioinsecticide sur les sarrasins. Des lettres différentes indiquent que les traitements sont statistiquement différents.

Les variations saisonnières des larves L4-L5 observées sur les fraisiers suivaient un modèle non linéaire ($\text{Chi}^2 = 86,13$; $\text{dl} = 1$; $p < 0,0001$), mais aucune interaction avec les traitements n'a été révélée ($\text{Chi}^2 = 5,86$; $\text{dl} = 5$; $p = 0,32$) (Figure 5a). Seul le traitement conventionnel a réduit efficacement le nombre de larves L4-L5 par fraisier par rapport au traitement témoin ($\text{Chi}^2 = 18,14$; $\text{dl} = 5$; $p = 0,003$) (Figure 5b). Dans le traitement de bioinsecticide (*Beauveria*), un niveau intermédiaire de punaises de stade L4-L5 sur les fraisiers était observé (Figure 5b).

La population de punaises ternes adultes sur fraisier augmentait de façon linéaire de la fin juillet à la mi-septembre ($\text{Chi}^2 = 128,6$; $\text{dl} = 1$; $p < 0,0001$) sans qu'il y ait d'interaction avec le traitement ($\text{Chi}^2 = 9,08$; $\text{dl} = 5$; $p = 0,11$) (Figure 6a). Les traitements de bande trappe et d'insecticide n'avaient pas d'effet sur l'abondance des punaises ternes adultes sur fraisier ($\text{Chi}^2 = 4,71$; $\text{dl} = 5$; $p = 0,45$) (Figure 6b).

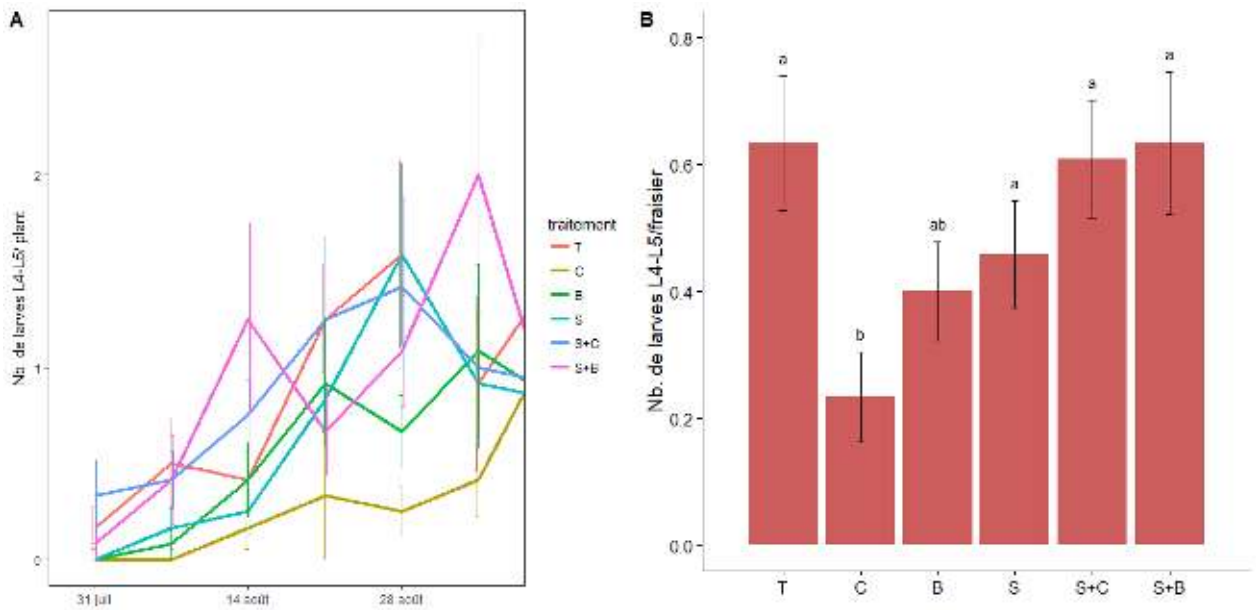


Figure 5 : (A) Nombre larves de stade L4-L5 de punaise terne par fraisier en fonction du traitement de bande trappe et d'insecticide pour l'année 2017. Les lignes représentent les moyennes, alors que les barres d'erreurs représentent les erreurs types. (B) Nombre de larves L4-L5 de punaise terne par fraisier en fonction du traitement. Des lettres différentes indiquent que les traitements sont statistiquement différents. Les traitements suivants étaient appliqués : (T) témoins sans bande trappe ni insecticide; (C) conventionnelle avec insecticide chimique directement sur les fraisiers; (B) insecticide biologique (*Beauveria*) appliqué sur les fraisiers; (S) bande trappe de sarrasin sans insecticide; (S+C) avec bandes trappes et traitement insecticide sur les sarrasins; et (S+B) avec bandes trappes et traitement bioinsecticide sur les sarrasins. Des lettres différentes indiquent que les traitements sont statistiquement différents.

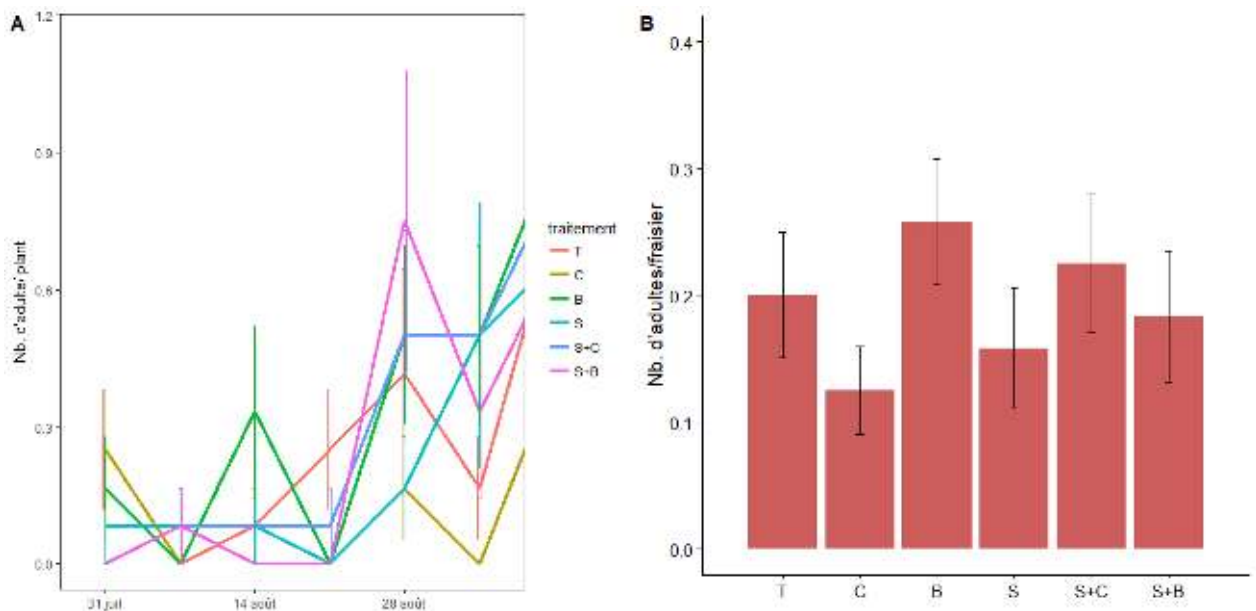


Figure 6 : (A) Nombre de punaises ternes adultes par fraisier en fonction du traitement de bande trappe et d'insecticide pour l'année 2017. Les lignes représentent les moyennes, alors que les barres d'erreurs représentent les erreurs types. (B) Nombre de punaises ternes adultes par fraisier en fonction du traitement. Des lettres différentes indiquent que les traitements sont statistiquement différents. Les traitements suivants étaient appliqués : (T) témoins sans bande trappe ni insecticide; (C) conventionnelle avec insecticide chimique directement sur les fraisiers; (B) insecticide biologique (*Beauveria*) appliqué sur les fraisiers; (S) bande trappe de sarrasin sans insecticide; (S+C) avec bandes trappes et traitement insecticide sur les sarrasins; et (S+B) avec bandes trappes et traitement bioinsecticide sur les sarrasins. Des lettres différentes indiquent que les traitements sont statistiquement différents.

Récoltes

La proportion de fraises endommagées par la punaise terne variait de façon non linéaire durant la saison et une interaction avec le traitement était observé ($\text{Chi}^2 = 51,73$; $\text{dl} = 5$; $p < 0,0001$) (Figure 7a). Les traitements avec bande trappe suivent une tendance similaire au traitement témoin soit une augmentation soutenue de la proportion de fraises endommagées par les punaises ternes (Figure 7a). Dans le traitement conventionnel, les applications d'insecticide chimique (cyperméthrine) ont réduit la proportion de fraises endommagées pendant l'ensemble des semaines échantillonnées. Dans le traitement d'insecticide biologique (*Beauveria*), la proportion de dommage n'a pas augmenté avant la 34^{ème} semaine. Moins de dommages étaient observés dans le traitement conventionnel que dans le traitement témoin et les traitements avec bandes trappes de sarrasin traités aux insecticides (cyperméthrine) ou bioinsecticides (*Beauveria*) ($\text{Chi}^2 = 11,47$; $\text{dl} = 5$; $p = 0,04$) (Figure 7b). La proportion de dommage dans le traitement conventionnel était tout de même élevée avec une moyenne de 20 % des fraises endommagées.

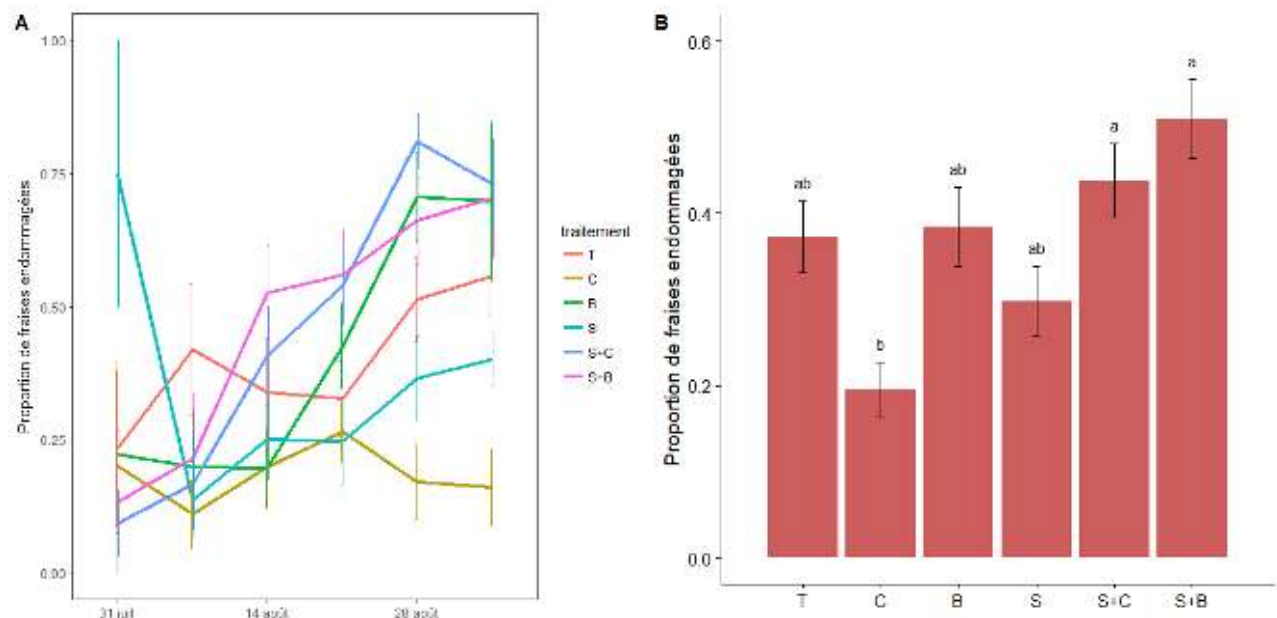


Figure 8 : (A) Proportion de fraises endommagées par la punaise terne en fonction de la date et du traitement pour l'année 2017. Les lignes représentent les moyennes, alors que les barres d'erreurs représentent les erreurs types. (B) Proportion de fraises endommagées par la punaise terne en fonction des traitements de bandes trappes et d'insecticides chimiques et biologiques. Des lettres différentes indiquent que les traitements sont statistiquement différents. Les traitements suivants étaient appliqués : (T) témoins sans bande trappe ni insecticide; (C) conventionnelle avec insecticide chimique directement sur les fraisiers; (B) insecticide biologique (*Beauveria*) appliqué sur les fraisiers; (S) bande trappe de sarrasin sans insecticide; (S+C) avec bandes trappes et traitement insecticide sur les sarrasins; et (S+B) avec bandes trappes et traitement bioinsecticide sur les sarrasins.

Attractivité des bandes trappes automnales

En 2016, le pic de densité de punaises ternes adultes dans les parcelles de fraises, sarrasin et moutarde a été atteint la 33^{ème} semaine (19 août) avec une moyenne de 8,91 punaises/ m^2 (Figure 9). Pour une population totale estimée à 2426 individus sur le site. Dans la molène, une densité maximale de 8,89 punaises/ m^2 a été observée au 40^{ème} jour (7 octobre) pour une population estimée à 616 individus. Ainsi, le nombre de punaises ternes adultes observées sur les plants de molène (au moment du pic du 7 octobre) représentait 25,4 % de la population d'adultes observés le 19 août (lors



du pic estival) sur les plants de sarrasin, moutarde et fraisier. L'intervalle de confiance (95 %) pour cette moyenne varie entre 13,6 % et 49,0 %.

En 2017, les punaises ternes adultes ont atteint un pic de population de 8,76 individus/ m² dans les parcelles de fraisiers et de sarrasin lors de la 37^{ième} semaine (12 septembre) (Figure 9). À ce moment, la population totale estimée de punaise terne était de 1864 individus. Dans la molène, la population atteignait une densité maximale à la 42^{ième} semaine (18 octobre) de 4,75 individus/ m², ce qui correspond à une population totale estimée de 380 individus. Ainsi, le pic de population d'adultes observés sur la molène (au 18 octobre) représentait 20,4 % des adultes observés sur les plants de fraisiers et de sarrasin lors du pic du 12 septembre. L'intervalle de confiance pour cette moyenne était estimé entre 12,5 % et 32,2 %.

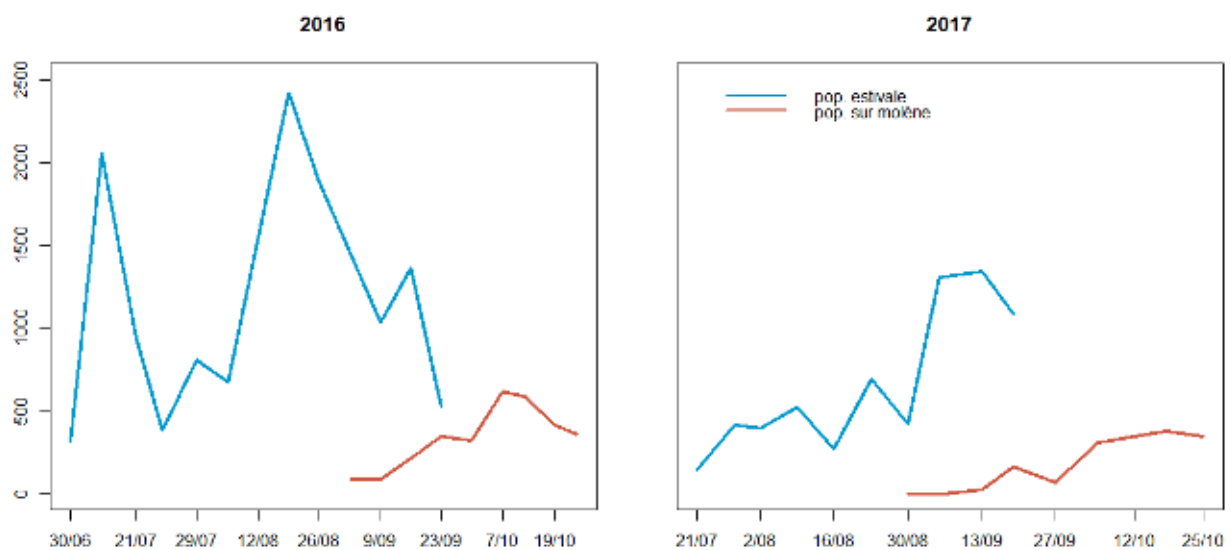


Figure 9 : Population estimée de punaises ternes adultes sur le site en été (ligne bleue) et dans la molène à l'automne (ligne rouge) en 2016 et 2017.

Survie hivernale

En moyenne, le taux de survie hivernale des punaises ternes était de 32% dans les traitements témoins (Figure 10). Les traitements *Beauveria* (30%) et eau bouillante (26%) n'avaient pas d'effet sur la survie hivernale des punaises ternes (LRT = 0,62; dl = 2; p = 0,73). Aucune punaise vivante n'a été observée au printemps dans le traitement Ripcord, donc un taux de mortalité de 100%. Ce traitement n'a donc pu être inclus dans les analyses statistiques. Dans un second modèle, l'ordonnée à l'origine a été retirée. Chacun des traitements (témoin, *Beauveria* et eau bouillante) était alors comparé à une valeur théorique de 0 (qui correspond à la valeur du traitement Ripcord). Les traitements témoin (z = -3,81; p = 0,0001), *Beauveria* (z = -4,02; p < 0,0001) et eau bouillante (z = -4,32; p < 0,0001) étaient tous différents de la valeur 0 (donc du traitement Ripcord).

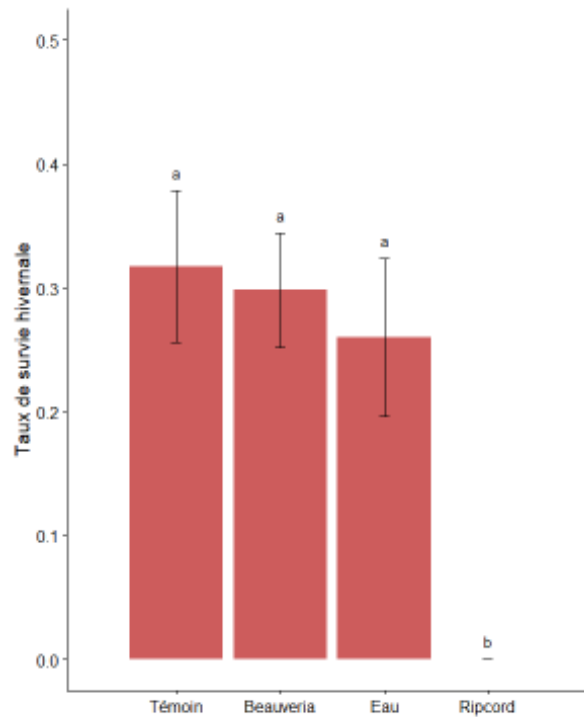


Figure 10 : Taux de survie hivernale des punaises ternes en fonction du traitement : témoin (sans intervention), Beauveria (deux applications de Beauveria bassiana à l'automne), Eau bouillante (2L d'eau bouillante versée sur les plants à la mi-décembre) et Ripcord (une application d'insecticide chimique à l'automne).

Discussion

Le succès des bandes trappes dans la gestion des insectes ravageurs en milieu agricole dépend de plusieurs facteurs inhérents aux plantes trappes utilisées, à la plante cultivée à protéger et à l'insecte ciblé (Shelton et Badenes-Perez 2006). Le synchronisme de la plante trappes avec les plantes cultivées et l'insecte ciblé est déterminant (Shelton et Badenes-Perez 2006). Nos résultats suggèrent que la floraison des sarrasins, période durant laquelle le sarrasin est attractif pour la punaise terne, survenait alors que la population de punaise terne était essentiellement aux stades de larves L2-L3 et que les fraisiers n'avaient pas encore atteint leur plein rendement. Ainsi, les bandes trappes de sarrasins offraient une protection adéquate des fraisiers jusqu'au début août. Ensuite, une dégradation graduelle des plants de sarrasin a favorisé la migration des punaises ternes vers les plants de fraisiers, particulièrement à partir de la fin août. La proximité des bandes trappes et des fraisiers a pu favoriser ce déplacement. Cette augmentation des punaises ternes sur les fraisiers a généré des taux de dommages aux fruits supérieurs à un seuil économique de 5 % dès le début août. Néanmoins, les plants de sarrasin ont attiré davantage de punaises ternes que les fraisiers. Nos résultats suggèrent que les bandes trappes composées uniquement de sarrasin nécessitent d'être combiné avec une méthode de lutte répressive efficace pour être utile en fraisière. Ce n'était pas le cas dans notre expérience.

Les bandes trappes favorisent l'agrégation des punaises ternes dans des zones qui peuvent être ciblées par des applications d'insecticides chimiques ou biologiques. Cette approche combinée dépend de l'efficacité des produits lorsqu'ils sont employés dans les bandes trappes et du synchronisme de leur application avec les populations respectives de punaises dans les bandes trappes et sur les fraisiers. Dans notre expérience, les traitements insecticides (cyperméthrines) ont



été appliqués à deux reprises durant le mois d'août de chaque année. Néanmoins, ces traitements ont été appliqués alors que les populations de punaises ternes étaient en croissance sur les fraisiers. Donc, légèrement après la fenêtre d'opportunité qu'offre le sarrasin. L'insecticide a été appliqué selon les recommandations du fabricant et des seuils établis pour la protection des fraisiers contre les punaises ternes. Les seuils spécifiques aux sarrasins ne sont pas établis pour ce produit contre la punaise terne. Nos résultats indiquent donc que l'approche combinée de bande trappe et d'insecticide n'a pas réussi à protéger les fraisiers adéquatement. L'application du champignon entomopathogène *Beauveria bassiana* (un bioinsecticide) durant une période de temps plus élargie (de la fin juillet à la fin août) a réduit la population de larves de punaises ternes lorsque le produit était appliqué directement sur les fraisiers. Cette approche a toutefois été peu efficace contre les punaises ternes adultes, ce qui a engendré une hausse des dommages dans ces parcelles. Ainsi, seul le traitement conventionnel qui consistait en l'application d'un insecticide chimique directement sur les fraisiers a engendré une diminution significative des populations de punaises ternes adultes. Cette diminution a entraîné un plus faible taux de dommages aux fraises dans les parcelles conventionnelles que dans les autres parcelles.

L'approche des bandes trappes est généralement utilisée pour protéger les cultures pendant les périodes où elles sont menacées par les ravageurs (Shelton et Badenes-Perez 2006). Les insectes ravageurs exploitent les plantes trappes pour se nourrir ou pour la ponte. Cependant, le rôle des bandes trappes peut être étendu en dehors des périodes habituelles afin d'attirer les insectes cherchant un refuge pour l'hiver. Dans cette optique, nous avons proposé l'implantation de bandes trappes de molènes, une plante offrant un refuge hivernal aux punaises ternes. Nos résultats démontrent que cette plante a attiré une grande quantité de punaises ternes à l'automne. Les punaises ternes tendent à s'agréger dans les plants les plus volumineux (F. Dumont, observation personnelle). De plus, l'application d'insecticide chimique (cyperméthrine) a été très efficace, engendrant la mortalité de toutes les punaises soumises à ce traitement. Cette approche combinée de bandes trappes automnales et d'insecticide ciblé permet de cibler entre 12,5 et 49 % de la population de punaise terne estivale. Cette estimation est basée sur les observations réalisées dans nos parcelles (sur les plants de fraisier, sarrasin et moutarde) et assume que le taux de mortalité des adultes à l'automne et l'immigration de punaises ternes en provenance de plants adjacents sont nuls. Une mortalité des adultes de l'ordre de 10 à 20 % durant cet intervalle ferait augmenter notre estimation considérablement. Toutefois, les adultes exploitant des plantes sauvages (non inclus dans notre estimation) pourraient avoir engendré une surestimation de la proportion d'adultes estivaux retrouvés dans nos bandes trappes automnales. Dans notre expérience, l'espace entre les parcelles était occupé par de l'orge (une plante qui n'est pas exploitée par la punaise terne) ou par un sol désherbé. Les plantes à proximité des sites étaient donc peu nombreuses et composées de mélange de plantes hétérogènes. La densité de punaises ternes observées sur ces plantes (en 2017) était similaire à la densité observée sur les plants de fraisiers. La contribution de ces individus à notre estimation pourrait donc être relativement négligeable.

En conclusion, les bandes trappes permettent de manipuler la distribution des punaises ternes dans les fraisières et offrent des fenêtres d'opportunité pour appliquer des traitements répressifs ciblés plus efficacement. L'utilisation des bandes trappes de molène s'inscrit dans une lutte intégrée visant



une gestion globale de la population de punaise terne plutôt que de miser sur une stratégie répressive en champ. Une gestion globale est une approche proactive menant à une utilisation restreinte des pesticides chimiques.

Référence

- Aubry, O., Cormier, D., Chouinard, G., & Lucas, E. (2015). Influence of plant, animal and mixed resources on development of the zoophytophagous plant bug *Campylomma verbasci* (Hemiptera: Miridae). *Biocontrol Science and Technology*, 25(12), 1426-1442.
- Bale, J. S. (1991). Insects at low temperature: a predictable relationship?. *Functional Ecology*, 291-298.
- Boivin G., Mailloux G., Paradis R.O. et Pilon J.-G. (1981). La punaise terne, *Lygus lineolaris* (P. de B.) (Hemiptera: Miridae), dans le sud-ouest du Québec: I. Information additionnelle sur son comportement dans les fraisières et framboisières. *Ann. Soc. Entomai. Qc.* 26: 131-] 41.
- Bostanian NJ., Mailloux G., Binns M.R et Thibodeau P.O. (1990). Seasonal fluctuations of *Lygus lineolaris* (Palisot de Beauvois) (Hemiptera: Miridae) nymphal populations in strawberry fields. *Agric. Ecos. Environ.* 30: 327-336.
- Cleveland, T. C. (1982). Hibernation and host plant sequence studies of tarnished plant bugs, *Lygus lineolaris*, in the Mississippi Delta. *Environmental Entomology*, 11(5), 1049-1052.
- Dumont, F., & Provost, C. (2017). Combinaison de méthodes de lutte pour contrer la punaise terne en fraisière. Rapport Final. Prime-Vert, projet no. CRAM-1-14-1699.
- Griesser M., Vitzthum F., Fink B., Bellido ML., Raasch c., Munoz-Blanco J. & Schwab W. (2008). Multi-substrate flavonol O-glucosyltransferases from strawberry (*Fragaria x ananassa*) achene and receptacle. *J Exper. Bot.* 59: 2611-2625.
- Handley, D. T., & Pollard, J. E. (1993). Microscopic examination of tarnished plant bug (Heteroptera: Miridae) feeding damage to strawberry. *Journal of economic entomology*, 86(2), 505-510.
- Handley, D. T., Dale, A., & Luby, J. J. (1991). Strawberry fruit development and the effects of feeding by the tarnished plant bug (*Lygus lineolaris*). In *The strawberry into the 21st century. Proceedings of the Third North American Strawberry Conference Houston, Texas 14-16 February 1990.* (pp. 209-216). Timber Press.
- Hokkanen, H. M. (1991). Trap cropping in pest management. *Annual review of entomology*, 36(1), 119-138.
- Horton, D. R., & Lewis, T. M. (2003). Numbers and types of arthropods overwintering on common mullein, *Verbascum thapsus* L.(Scrophulariaceae), in a central Washington fruit-growing region. *Journal of the Entomological Society of British Columbia*, 100, 79-87.
- Khattat, A.R., Stewart, R.K. (1980). Population fluctuations and interplant movements of *Lygus lineolaris*. *Annals of the Entomological Society of America*, 73: 282 - 287.
- Leland, J.E. (2005). Characteristics of *Beauveria bassiana* isolates from *Lygus lineolaris* populations of Mississippi. *J. Agric. Urban Entomol.*, 22: 57 - 71.
- Leland, J.E., & Snodgrass, G.L. (2004). Prevalence of naturally occurring *Beauveria bassiana* in *Lygus lineolaris* (Heteroptera: Miridae) populations from wild host plants of Mississippi. *J. Agric. Urban Entomol.*, 21: 157 - 163.
- Mailloux, G., & Bostanian, N. J. (1988). Economic injury level model for tarnished plant bug, *Lygus lineolaris* (Palisot de Beauvois)(Hemiptera: Miridae), in strawberry fields. *Environmental entomology*, 17(3), 581-586.
- Martel P., Boivin G. et Belcourt J. (1986). Efficacy and persistence of different insecticides against the tarnished plant bug, *Lygus lineolaris* (Heteroptera: Miridae), on a season-long host plant, *Coronilla varia*. *J Econ. Entomol.* 79: 721-725.



Rancourt, B., Vincent, C., & De Oliveira, D. (2000). Circadian activity of *Lygus lineolaris* (Hemiptera: Miridae) and effectiveness of sampling techniques in strawberry fields. *Journal of economic entomology*, 93(4), 1160-1166.

Sabbahi, R., Merzouki, A., & Guertin, C. (2008a). Efficacy of *Beauveria bassiana* against the strawberry pests, *Lygus lineolaris*, *Anthonomus signatus* and *Otiorhynchus ovatus*. *J. Appl. Entomol.*, 132: 151 - 160.

Sabbahi, R., Merzouki, A., Guertin, C. (2008b). Efficacy of *Beauveria bassiana* against the tarnished plant bug, *Lygus lineolaris* L. in strawberries. *J. Appl. Entomol.*, 132: 124 - 134.

Sevacherian, V., Stern, V.M. (1974). Host plant preferences of *Lygus* bugs in alfalfa-interplanted cotton fields. *Environ. Entom.*, 3 : 761 - 766.

Shelton, A.M. & Badenes-Perez, F.R. (2006). Concepts and applications of trap cropping in pest management. *Annu. Rev. Entomol.*, 51 : 285 – 308.

Snodgrass, G. L., & Scott, W. P. (2000). Seasonal changes in pyrethroid resistance in tarnished plant bug (Heteroptera: Miridae) populations during a three-year period in the delta area of Arkansas, Louisiana, and Mississippi. *Journal of economic entomology*, 93(2), 441-446.

Snodgrass, G. L., Jackson, R. E., Perera, O. P., Allen, K. C., & Luttrell, R. G. (2012). Effect of food and temperature on emergence from diapause in the tarnished plant bug (Hemiptera: Miridae). *Environmental entomology*, 41(6), 1302-1310.

Stern, V.M., Mueller, A., Sevacherian, V., Way, M. (1969). *Lygus* bug control in cotton through alfalfa interplanting. *California agriculture*.

Swezey, S. L., Nieto, D. J., & Bryer, J. A. (2007). Control of western tarnished plant bug *Lygus hesperus* Knight (Hemiptera: Miridae) in California organic strawberries using alfalfa trap crops and tractor-mounted vacuums. *Environmental entomology*, 36(6), 1457-1465.

Wheeler, A.G., 1974. Studies on the arthropod fauna of alfalfa VI. Plant bugs (Miridae). *Can. Ent.* 106: 1267 - 1275.

Young, O. P. (1986). Host plants of the tarnished plant bug, *Lygus lineolaris* (Heteroptera: Miridae). *Annals of the Entomological Society of America*, 79(4), 747-762.

4. Enjeux

- Décrivez les défis auxquels vous vous êtes heurtés ou les préoccupations que vous avez eues pendant le projet. Comment les avez-vous surmontés ou comment prévoyez-vous les surmonter?
- Décrivez tout changement survenu par rapport au plan de travail initial et au budget prévu. Comment ces changements ont-ils été ou seront-ils pris en charge?

Les expériences se sont déroulées comme prévu. La seule difficulté a été d'estimer les populations de punaises ternes en dehors du système échantillonné (soit sur les plantes sauvages à proximité du site). Cette variable peut avoir influencé l'estimation de la proportion de population de punaises ternes attirées dans les bandes trappes de molène à l'automne. Le taux de survie des punaises ternes entre les pics de population estivale et automnale est difficile à estimer. Dans nos analyses, nous avons assumé une survie de 100 % des punaises. Si ce scénario est peu probable, il est le plus conservateur. Ainsi, l'estimation de la proportion de punaises ternes dans les bandes trappes de molène peut avoir été surestimé si plusieurs individus provenaient des plantes avoisinantes ou sous-estimées si le taux de survie est inférieur à 100 %.



5. Leçons apprises

Décrivez les principales leçons apprises dans le cadre du projet (p. ex. une approche plus efficace permettant d'exécuter une tâche particulière pour une activité ou un projet).

En 2016, nous avons noté que la punaise prédatrice *Nabis americana* utilisait aussi la molène pour hiberner. En 2017, nous avons donc répertorié ces punaises dans nos bandes trappes. Des observations démontrent que ce prédateur est très vorace et qu'il s'attaque à tous les stades de la punaise terne. Les traitements de Ripcord dans les bandes trappes de molène, efficace contre les punaises ternes, pourrait avoir un effet négatif sur ce prédateur. Toutefois, sa présence indique que ce prédateur pourrait contribuer à la mortalité des punaises ternes à l'automne et tôt au printemps (les deux espèces s'activent au même moment).

6. Possibilités futures connexes

Décrivez les prochaines étapes pour les innovations produites dans le cadre de l'activité ou du projet. Faut-il mener des travaux de recherche supplémentaires? Les innovations peuvent-elles être commercialisées ou adoptées? Si vous n'avez aucune prochaine étape prévue, veuillez fournir une explication.

Les résultats sur les bandes trappes de molène à l'automne sont unique. Une telle approche devrait mener à une baisse de population locale de punaise terne d'année en année. Cette baisse a été observée entre 2016 et 2017, mais la courte durée du projet ne permet pas d'établir que cette baisse est attribuable aux bandes trappes de molène. Une étude longitudinale sur le sujet est souhaitable. De plus, le rôle d'une telle approche en milieu commerciale reste à être démontré.

Les applications du bioinsecticide *Beauveria* ont eu un impact sur les jeunes larves de punaises ternes. Ce produit biologique pourrait être utilisé durant les périodes où les jeunes larves sont nombreuses. Les bandes trappes pourraient contribuer à concentrer les jeunes larves pour cibler certaines zones. Toutefois, le dosage d'utilisation du bioinsecticide dans les bandes trappes de sarrasin doit être adapté à cette plante. Des recherches ultérieures sur le sujet sont souhaitables.

Enfin, les résultats de ce projet ont permis d'élaborer d'autres projets pour une poursuite des essais. Dans un premier temps, un projet a été déposé puis accepté dans la grappe canadienne biologique (Organic Science cluster III) concernant le prédateur *Nabis americana* et son rôle dans le contrôle de la punaise terne. Ensuite, deux nouveaux projets régionaux ont été élaborés et sont actuellement en évaluation. Ces projets ont été développés en collaboration et à la demande des conseillers (agronomes) et des producteurs. Les projets visent à évaluer l'efficacité des bandes trappes de molène pour attirer les punaises ternes à l'automne, et ce dans divers écosystèmes agricoles, soit en productions maraîchères diversifiées, en fraisière biologique et en fraisière conventionnelle. Enfin, un troisième projet est en évaluation au MAPAQ concernant l'optimisation de l'utilisation des bandes trappes multispécifiques plutôt que des bandes trappes monospécifiques.