

Rapport final

No projet : IA119041

Titre : Développement de techniques attracticides pour le dépistage et la lutte aux punaises pentatomides des vergers

Responsable scientifique : Gérald Chouinard

Établissement : Institut de recherche et de développement en agroenvironnement
31 mai 2022

Section 1 - Chercheurs impliqués et responsable autorisé de l'établissement (ces personnes doivent également faire parvenir un courriel pour attester qu'ils ont lu et approuvent le rapport.)

Chercheurs impliqués :

Gérald Chouinard	IRDA
Daniel Cormier	IRDA

Responsable de l'institution de recherche requérante :

Stéphane Lemay	IRDA
----------------	------

Section 2 - Partenaires

Les partenaires suivants ont participé au projet :

- *Robert Maheux et Gilles Tremblay*, agronomes-conseil pomicole : responsables des sites commerciaux à l'étude (choix des sites, correspondance, surveillance). Participation aux réunions de démarrage et de fin d'année. Suivis des dommages sur fruits.
- *Jean-Philippe Légaré*, entomologiste, responsable de la section entomologie du Laboratoire d'expertise et de diagnostic en phytoprotection (LEDP), responsable du réseau québécois de surveillance de la punaise marbrée : confirmation de l'identification des spécimens échantillonnés.

Section 3 – Fiche de transfert

Punaises pentatomides en vergers : dépistage, dégâts et lutte attracticide

Gérald Chouinard, Francine Pelletier et Daniel Cormier

No de projet : IA119041

Durée : 04/2019 – 04/2022

FAITS SAILLANTS

Ces dernières années, l'augmentation des populations de punaises pentatomides en vergers ainsi que l'arrivée de la punaise marbrée (*Halyomorpha halys*) mettent en péril les programmes de production fruitière intégrée. Peu d'options sont disponibles au Québec pour lutter contre ce groupe de ravageurs et les produits les plus efficaces sont aussi ceux ayant le plus d'impact sur les insectes bénéfiques. Le développement d'une méthode de dépistage fiable est également primordiale pour détecter l'abondance des populations en cours de saison et mieux cibler les interventions. Face à cette problématique, le projet aura permis de mieux connaître les espèces de pentatomides présentes en vergers au Québec et leur période d'activité ainsi que d'observer la progression graduelle de la punaise marbrée. Le piège pyramidal noir appâté avec les attractifs appropriés a permis de suivre les populations de l'espèce prédominante, la punaise brune (*Euschistus servus euschistoides*) durant l'ensemble de la saison ainsi que celles des autres espèces phytophages d'importance présentes, la punaise verte (*Chinavia hilaris*) et la punaises à trois taches (*Euschistus tristigmus luridus*). Inspirée d'essais réalisés aux États-Unis et en Italie visant la punaise marbrée, le projet a également permis de tester une méthode de lutte attracticide en l'adaptant pour viser principalement les espèces indigènes présentes au Québec. Bien qu'elle ait permis d'éliminer un nombre élevé de punaises phytophages, les essais réalisés n'ont pas permis de mettre en évidence l'efficacité de la méthode pour diminuer les dommages sur fruits occasionnés par les pentatomides. Par ailleurs, les observations recueillies dans le cadre du projet auront également permis d'identifier différents critères permettant distinguer les dommages occasionnés par les punaises pentatomides des autres types de dommages d'apparence similaire et de mesurer l'effet du cultivar et du stade de maturité du fruit au moment du dommage sur l'incidence et l'intensité des dommages observés au moment de la récolte.

OBJECTIF(S) ET MÉTHODOLOGIE

Le 1^{er} volet visait à acquérir des connaissances sur le dépistage, la diversité et la phénologie des espèces de punaises pentatomides présentes en vergers au Québec. Deux méthodes de dépistage ont été comparées en 2019-2020 dans 4 vergers : 1) pièges pyramidaux (AgBio) appâtés avec des attractifs (Trécé) spécifiques et multi-espèces ; 2) dépistage par battage. Le 2^e volet du projet réalisé en 2021 dans 4 vergers visait à tester une méthode de lutte attracticide (piègeage de masse). Des pièges collants surdimensionnés et appâtés avec une dose élevée d'attractifs (sélectionnés au volet 1) ont été installés en bordure de vergers afin de mesurer l'efficacité de la méthode. Le 3^e volet du projet visait à mieux caractériser l'apparence des dommages de punaises pentatomides. Des bouquets de pommes saines de différents cultivars ont été isolés sous manchons et exposés à une punaise pentatomide durant 7 jours à différents moments de la saison. Le nombre et le type de dommages présents à la récolte ont été évalués.

RÉSULTATS SIGNIFICATIFS POUR L'INDUSTRIE

Dépistage, diversité et abondance saisonnière des espèces présentes (2019-2020)

Peu importe la méthode de dépistage utilisée, la punaise brune (*E. servus*) fut largement prédominante dans les 4 vergers échantillonnés, représentant plus de 80% des punaises capturées. Les adultes ayant hiberné ont été capturés en vergers dès le début de la saison et le pic de capture a été observé un peu

avant la fin juin (Figure 1a). C'est toutefois en fin de saison que les populations les plus abondantes ont été observées, ces dernières pouvant augmenter rapidement à partir du début août pour culminer à la fin août et en septembre. La majorité des larves ont été capturées entre la fin juin/début juillet et la mi-août. Elles ont été capturées à la fois par battage et par piégeage mais la méthode du battage a permis d'en capturer significativement plus comparativement au piégeage. Quant aux adultes, en début de saison, le dépistage par piège a permis de capturer significativement plus d'individus comparativement au battage alors qu'en fin de saison, les deux méthodes de dépistage ont capturé des niveaux similaires d'adultes. Les deux autres principales espèces observées furent la punaise à trois taches (*E. tristigmus*) capturée à la fois par battage et piégeage tout au long de la saison et la punaise verte (*C. hilaris*) capturée majoritairement par battage et en fin de saison. La punaise marbrée (*H. halys*) a été capturée dans tous les sites et à chaque année avec un total de 3 spécimens en 2019 et 7 spécimens en 2020. Des punaises prédatrices, majoritairement *Podisus maculiventris*, ont été observées dans tous les vergers, principalement par battage en début et fin de saison. Elles représentaient environ 2% des spécimens capturés.

L'attractif multi-espèce, contenant à la fois la phéromone de la punaise brune, de la punaise verte et de la punaise marbrée, a été sélectionné pour les essais de lutte attracticide. En plus d'attirer un plus grand nombre d'espèces, il a également permis de capturer significativement plus de *E. servus* que l'attractif spécifique de cette espèce utilisé seul.

Évaluation de l'efficacité de la lutte attracticide (2021)

Les pièges attracticides déployés en bordure de vergers ont permis d'attirer et tuer un nombre élevé de punaises dès leur installation (début juin) ainsi que lors de l'augmentation massive des populations en août (Figure 1b). Cependant, bien qu'elle ait permis d'éliminer près de 1000 punaises par piège attracticide sur l'ensemble de la saison (équivalent à environ 10 000 individus par hectare), la stratégie testée ne s'est pas traduite par une diminution statistiquement significative de l'incidence des dommages sur fruits. Des pourcentages de dommages environ deux fois moindres furent toutefois observés au centre des parcelles attracticides comparativement aux parcelles témoins pour deux des quatre sites d'essais. Les données recueillies à l'aide des pièges sentinelles (transects de trois pièges pyramidaux) installés dans les parcelles avec lutte attracticide et dans des parcelles témoins n'ont pas permis non plus de démontrer un effet significatif des pièges attracticides installés en périphérie sur les populations de pentatomides au sein du verger. Il est toutefois possible que la présence de la bordure attracticide ait également eu un effet sur les parcelles témoins adjacentes, avec pour effet de masquer en partie l'impact anticipé de la stratégie testée sur les populations et les dommages.

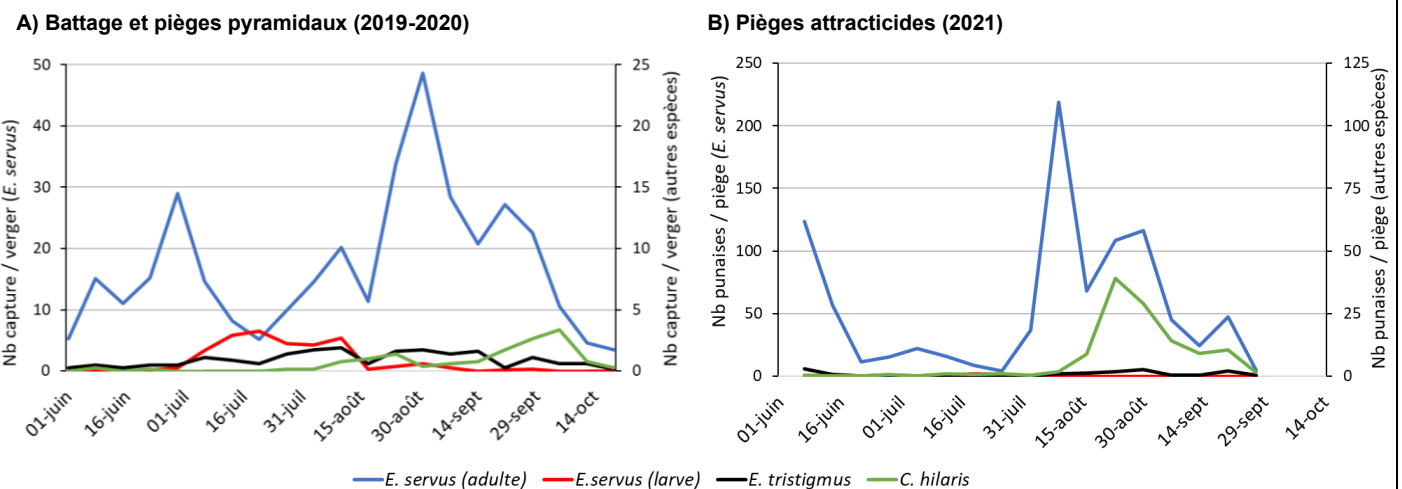


Figure 1 Abondance saisonnière des populations de punaises pentatomides mesurée par battage et dans les pièges pyramidaux en 2019-2020 (A) et dans les pièges attracticides déployés dans 4 vergers en 2021(B).

Caractérisation de l'apparence des dommages de pentatomides

Les dommages causés par les punaises pentatomides peuvent apparaître en surface sous forme de ponctuations (piques ou fossettes) ou sous forme de points, plages ou dépressions décolorées. Dépendamment, du type et de la sévérité des dommages externes observés au moment de la récolte, une portion des dommages occasionnés sont considérés mineurs alors que certains vont déclasser le fruit. Les dommages internes (zones de chair liégeuse) peuvent être de forme et de taille variable mais la trace d'insertion du stylet est souvent visible. Les observations réalisées sur les pommes sous manchon exposées à une punaise pentatomide à différents moments de la saison ont montré que lorsque le dommage survient tôt en saison, le dommage observé à la récolte apparaît principalement sous forme de ponctuation. À cette période de la saison, le dommage évolue moins fréquemment vers une décoloration en surface quoique ce type de dommage ait tout de même été observé sur certains fruits exposés à la fin juin / mi-juillet (notamment dans les cultivars Gingergold et Honeycrisp). C'est lorsque les pommes ont été exposées à des punaises en août que le pourcentage de pommes déclassées fut le plus élevé. En septembre, les punaises ont occasionné un dommage économique sur une proportion moindre de fruits et fréquemment seul un dommage interne était présent, généralement autour du pédoncule, sans qu'il ne soit apparent de l'extérieur.

APPLICATIONS POSSIBLES POUR L'INDUSTRIE ET/OU SUIVI À DONNER

Les connaissances accumulées dans le cadre du projet sur les espèces de punaises pentatomides présentes actuellement en verger au Québec, les dommages sur fruits qu'elles occasionnent ainsi que sur l'utilisation des pièges pyramidaux et l'attractivité des appâts disponibles commercialement pour leur dépistage permettront de bonifier la fiche du Guide de référence en production fruitière intégrée (PFI). Cela aidera les producteurs à faire face à la recrudescence des problématiques causées par ces ravageurs et à la menace que pose l'arrivée de la punaise marbrée. Les étapes suivantes à privilégier seraient de déterminer s'il existe une relation entre les captures obtenues par piégeage et les dommages sur fruits observés, afin d'aider à cibler les interventions. Par ailleurs, bien qu'un effet statistiquement significatif de la lutte attracticide sur les dommages n'ait pas été démontré dans le cadre des essais, compte tenu du peu d'options disponibles actuellement, l'utilisation de pièges attracticides demeure une piste de recherche à envisager comme moyen de protection contre les punaises pentatomides (sur des sites propices). L'optimisation de la stratégie proposée de façon à diminuer ses coûts d'application ainsi que l'évaluation de son efficacité sur une plus grande superficie et son effet cumulatif sur plusieurs années seraient des avenues à privilégier. Le potentiel d'utilisation des pièges attracticides comme méthode de dépistage serait également à explorer, ces derniers ayant été très efficaces pour capturer les différentes espèces de pentatomides d'importance économique (incluant la punaise marbrée et la punaise verte) tout au long de la saison.

POINT DE CONTACT POUR INFORMATION

Nom du responsable du projet : Gérald Chouinard
Téléphone : 450-653-7368
Télécopieur : 450-653-1927
Courriel : gerald.chouinard@irda.qc.ca

REMERCIEMENTS AUX PARTENAIRES FINANCIERS

Ces travaux ont été réalisés grâce à une aide financière du Programme Innov'Action agroalimentaire, un programme issu de l'Accord Canada-Québec de mise en œuvre du Partenariat canadien pour l'agriculture conclu entre le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation et Agriculture et Agroalimentaire Canada.

Section 4 - Activités de transfert et de diffusion scientifique (joindre en annexe la documentation en appui si applicable.)

2019. Réunion annuelle de la société d'entomologie du Québec, Drummondville, 28-29 novembre.

Abondance et répartition spécifique des punaises pentatomides dans les vergers : évaluation par battage et à l'aide de pièges appâtés de différents attractifs.

Affiche : Chouinard, G. et F. Pelletier

2021. Réunion annuelle de la société d'entomologie du Québec, Réunion virtuelle, 25-26 novembre. Dépistage et lutte attracticide contre les punaises pentatomides dans les vergers.

Affiche : Pelletier, F., G. Chouinard, A. Arcand et C. Pouchet

2022. Les pentatomides des vergers : composition spécifique, dépistage et lutte. Publication scientifique en rédaction (dépôt planifié mars 2023).

Section 5 - Activités de diffusion et de transfert aux utilisateurs (joindre en annexe la documentation en appui. Au moins une preuve de réalisation d'une activité de transfert aux utilisateurs est obligatoire pour l'acceptation du rapport final.)

2019 Journées portes ouvertes du verger de l'IRDA, Saint-Bruno, 9 juillet.

Punaises puantes, pentatomides, diaboliques ou à bouclier : dépistage et lutte attracticide pour les vergers.

Présentation vulgarisée : F. Pelletier

2020 Journées annuelles sur la recherche et l'innovation technologique du Réseau-pommier, Orford, 13-14 février.

Dépistage des punaises pentatomides dans les vergers en 2019.

Présentation vulgarisée : F. Pelletier

2020 Journée technique Agropomme. Réunion virtuelle, 15-16 décembre

Punaises pentatomides : grand débrouillage.

Présentation vulgarisée : G. Chouinard

2022 Journées annuelles sur la recherche et l'innovation technologique du Réseau-pommier, Réunion virtuelle, 10-11 février.

Punaises pentatomides : dépistage, dégâts et lutte attracticide.

Présentation vulgarisée : F. Pelletier

Section 6 – Grille de transfert des connaissances

1. Résultats Présentez les faits saillants (maximum de 3) des principaux résultats de votre projet.	2. Utilisateurs Pour les résultats identifiés, ciblez les utilisateurs qui bénéficieront des connaissances ou des produits provenant de votre recherche.	3. Message Concrètement, quel est le message qui devrait être retenu pour chacune des catégories d'utilisateurs identifiées? Présentez un message concret et vulgarisé. Quels sont les gains possibles en productivité, en rendement, en argent, etc.?	4. Cheminement des connaissances a) Une fois le projet terminé, outre les publications scientifiques, quelles sont les activités de transfert les mieux adaptées aux utilisateurs ciblés? (conférences, publications écrites, journées thématiques, formation, etc.) b) Selon vous, quelles pourraient être les étapes à privilégier en vue de maximiser l'adoption des résultats par les utilisateurs.
<p>La punaise brune est l'espèce prédominante en verger, suivi de la punaise verte et la punaise à 3 taches. Les populations sont plus abondantes en août.</p> <p>La punaise marbrée élargit progressivement sa distribution mais représente actuellement moins de 0,5% des pentatomides capturées en verger.</p>	Producteurs de pommes et conseillers pomicoles	Le piège pyramidal noir appâté avec un attractif multi-espèce permet de suivre la présence des principales espèces d'importance tout au long de la saison.	a) Les informations accumulées dans le cadre du projet feront l'objet d'une fiche technique, permettront la mise à jour de la fiche sur les punaises pentatomides du Guide de PFI (reseau.pommier.irda.qc.ca) et continueront d'être diffusées via le Réseau-pommier. Ils feront également l'objet d'une publication scientifique. b) Déterminer s'il existe une relation entre les captures et les dommages sur fruits.
<p>Les pièges attracticides testés (pièges collants surdimensionnés appâtés) sont efficaces pour attirer et tuer un nombre élevé de punaises pentatomides.</p> <p>Le déploiement d'une bordure attracticide permet possiblement de limiter l'entrée dans le verger des pentatomides provenant des milieux adjacents en août mais un effet statistiquement significatif de la lutte attracticide n'a pas été mis en évidence, bien qu'une diminution des dommages ait été observée dans certains sites.</p>	Producteurs de pommes et conseillers pomicoles	Compte tenu du peu d'options disponibles actuellement, l'utilisation de pièges attracticides demeure une piste de recherche comme moyen de protection contre les punaises pentatomides (sur des sites propices) et/ou comme méthode de suivi des populations.	a) idem b) Évaluer si l'utilisation des pièges attracticides comme méthode de dépistage (au lieu des pièges pyramidaux) permet d'avoir un meilleur portrait de la présence des espèces de pentatomides d'importance tout au long de la saison. Optimiser la stratégie attracticide proposée pour diminuer les coûts et mesurer son efficacité sur une plus grande superficie de même que son effet cumulatif sur plusieurs années.
<p>Une grande variabilité existe au niveau de l'apparence des dommages causés par les pentatomides mais certains critères permettent de les distinguer de ceux causés par d'autres causes.</p> <p>La progression et l'intensité des dommages est influencée par le cultivar et le stade de maturité du fruit au moment où le dommage survient.</p>	Producteurs de pommes et conseillers pomicoles	<p>La trace de l'insertion du stylet au niveau de la chair du fruit est souvent visible (mais pas toujours) pour distinguer le dommage.</p> <p>Les dommages qui surviennent en août sont ceux qui évoluent le plus souvent vers un dommage économique au moment de la récolte et certains cultivars tels que Honeycrisp et Gingergold commencent à être à risque dès la mi-juillet.</p>	a) idem

Section 7 - Contribution et participation de l'industrie réalisées

.

L'industrie est représentée dans ce projet par les personnes et organisations suivantes :

- Producteurs de pommes du Québec (J. Gagné) : participation aux réunions, révision des rapports, participation au plan de transfert
- Producteurs de pommes du Québec (producteurs de pommes) : accès aux parcelles d'essais en vergers commerciaux.

Section 8 - Rapport scientifique et/ou technique (format libre réalisé selon les normes propres au domaine d'étude)

Introduction

Ces dernières années, l'augmentation des populations de punaises pentatomides en vergers ainsi que l'arrivée de la punaise marbrée mettent en péril les programmes de production fruitière intégrée (Chouinard *et al.* 2018). Le développement d'une méthode de dépistage fiable est primordial pour détecter l'abondance des populations en cours de saison et mieux cibler les interventions. Les phéromones agrégatives de plusieurs espèces d'importance ont été identifiées et synthétisées, permettant d'améliorer l'efficacité des pièges disponibles. Il est également connu qu'une attraction croisée existe entre les phéromones des différentes espèces (Aldrich *et al.* 2007, Weber *et al.* 2017, Tillman *et al.* 2010). Peu d'options sont disponibles au Québec pour lutter contre les pentatomides et les produits les plus efficaces sont aussi ceux ayant le plus d'impact sur les insectes bénéfiques (Leskey *et al.* 2012, Leskey et Nielsen 2018). Par ailleurs, les dégâts sur fruits causés par les punaises pentatomides sont parfois difficiles à distinguer des dégâts d'autres causes comme le point amer, la mouche de la pomme ou même la grêle (Jentsch 2014).

Le projet visait donc à : 1) acquérir des connaissances sur le dépistage, la diversité et la phénologie des espèces présentes dans les vergers du Québec ; 2) adapter et mettre à l'essai une méthode de lutte attracticide ; 3) caractériser l'apparence des dommages de punaises pentatomides notamment selon le moment de la saison auquel le dommage survient ou selon le cultivar.

Volet 1. Dépistage, diversité et phénologie des espèces présentes en vergers (2019-2020)

Méthodologie

Deux méthodes de dépistage ont été comparées : 1) pièges pyramidaux (AgBio) (Hogmire et Leskey 2006; Chouinard *et al.* 2018) appâtés avec des attractifs commerciaux (Trécé) – spécifiques et multi-espèces ; 2) dépistage par battage (Leskey et Hogmire 2005 ; Chouinard et Pelletier 2019). Pour le piégeage, les attractifs commerciaux suivants ont été testés en 2019: a) l'attractif spécifique pour la punaise brune (PHEROCON CBS); l'attractif spécifique pour la punaise verte (PHEROCON GSB); c) l'attractif combo pour la punaise brune, verte et marbrée (PHEROCON CSB + PHEROCON GSB + PHEROCON BMSB); d) témoin non appâté. En 2020, l'attractif combo de la punaise marbrée (PHEROCON BMSB + PHEROCON GSB) a été testé en remplacement de celui de la punaise verte (PHEROCON GSB). Les essais se sont déroulés dans quatre vergers situés en Montérégie. Les différents traitements ont été répétés cinq fois dans chacun des vergers (4 bordures + centre). Les relevés ont été effectués de façon hebdomadaire (fin mai à fin octobre). Les spécimens récoltés (adultes / immatures) ont été sexés et identifiés à l'espèce au laboratoire de l'IRDA en utilisant les critères morphologiques décrits dans Paiero *et al.* 2013. L'identification a été confirmée, au besoin, par le Laboratoire de diagnostic en phytoprotection.

Résultats et discussion

Composition spécifique et abondance saisonnière

Au total, 14 espèces de la famille des Pentatomidae et deux de la famille des Acanthosomatidae (apparentée à la famille des Pentatomidae) ont été répertoriées. Un plus grand nombre d'espèces et un plus grand nombre de punaises ont été capturés en 2020 (16 espèces, 2135 individus) comparativement à 2019 (8 espèces, 1366 individus). La punaise brune (*E. servus*) fut largement prédominante dans les quatre vergers échantillonnés, peu importe la méthode de dépistage utilisée (Tableau 1) et le moment de la saison (Figure 1). Les deux autres principales espèces observées furent la punaise verte (*C. hilaris*) et la punaise à trois taches (*E. tristigmus*). Cette dernière, appartenant au même genre que la punaise brune, fut capturée à la fois par piégeage et par battage tout au long de la saison. La punaise verte fut davantage capturée par battage que par piégeage. À l'exception de trois individus ayant été piégés en juin, tous les spécimens appartenant à cette espèce ont été capturés après la fin juillet (pics fin août et fin septembre). La punaise marbrée (*H. halys*) a été capturée dans tous les sites et à chaque année, pour un total de 3 spécimens en 2019 et 7 spécimens en 2020. L'espèce déjà établie à Montréal (Chouinard *et al.* 2018) semble donc élargir progressivement sa distribution. Des punaises prédatrices, majoritairement *P. maculiventris*, ont été observées dans la majorité des vergers, principalement par battage en début et fin de saison. Plusieurs individus appartenant au genre *Brochymena spp.*, reconnu dans la littérature pour leurs habitudes à la fois phytophages et prédatrices, ont également été capturés (adultes et immatures) à partir de la fin août, principalement par battage.

Tableau 1 Importance relative des espèces répertoriées en 2019 et en 2020 en fonction de la méthode de dépistage utilisée et nombre total d'individus capturés dans chacun des vergers échantillonnés

Espèces	Nom commun	Importance relative (%)				Nb captures par verger									
		2019		2020		2019					2020				
		Piégeage	Battage	Piégeage	Battage	SC	SB	SP	RG	TOT	SC	SB	SP	RG	TOT
<i>Euschistus servus</i>	Punaise brune	95,7	78,2	89,5	86,8	193	177	282	587	1239	368	233	470	818	1889
<i>Euschistus tristigmus</i>	Punaise à 3 taches	3,1	3,2	5,4	5,2	37	1	1	2	41	63	5	6	40	114
<i>Chinavia hilaris</i>	Punaise verte	0,6	8,1	2,8	5,1	31	6	0	1	38	29	17	7	25	78
<i>Halyomorpha halys</i>	Punaise marbrée	0,3	0	0,5	0	0	1	1	1	3	1	4	0	2	7
<i>Coenus delius</i>		0	0	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5
<i>Holcostethus limbolaris</i>		0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2
<i>Banasa dimidiata</i>	Punaise du cormier	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Cosmopepla lintneriana</i>	Punaise bimaculée	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Murgantia histrionica</i>	Punaise arlequine	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Thyanta custator accera</i>	Punaise à épaulettes rouges	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Elasmucha lateralis</i>		0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2
<i>Elasmotherus cruciatus</i>	Punaise à croix rouge	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Brochymena spp</i>															
<i>B. quadrapustulata</i>	Punaise à 4 bosses	0,1	7,8	0,1	1,1	0	24	8	1	33	2	8	0	0	10
<i>B. arborea</i>															
<i>Podisus maculiventris</i>	Punaise soldat	0,1	2,5	0,8	1,4	1	0	4	6	11	9	0	11	2	22
<i>Podisus placidus</i>		0	0,2	0	0,1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1

(RG : Rougemont; SB : St-Bruno; SP : St-Pie ; SC : St-Césaire)

Abondance saisonnière

Des adultes de punaise brune ont été capturés dès les premiers relevés (Figure 1). Les pics de captures d'adultes ont été observés un peu avant la fin juin en 2019 et 2020. Un plus grand nombre de larves ont été capturées en 2020 comparativement à 2019. Les captures ont débuté fin juin/début juillet et leur présence s'est échelonnée pendant approximativement 6-7 semaines, soit jusqu'à environ la mi-août, bien qu'un petit nombre d'individus ait été capturé jusqu'à la fin septembre. Les larves ont été capturées à la fois par battage et par piégeage mais la méthode du battage a permis d'en capturer significativement plus ($p=0,0299$) (Tableau 2). Lors des deux années de suivi, c'est en fin de saison que les taux de captures d'adultes les plus élevés ont été observés (Figure 1). En 2019, les populations ont augmenté de façon importante dans la dernière moitié d'août et sont demeurées élevées durant tout le mois de septembre alors qu'en 2020, les captures ont augmenté plus graduellement dès la fin juillet et le pic de captures a été observé plus tôt (fin août). Durant la première partie de la saison (jusqu'à mi-juillet), lorsque ce sont les adultes ayant passé l'hiver qui sont présents, le dépistage par piège a permis de capturer significativement plus d'individus comparativement au battage ($p<0,0001$) alors qu'en fin de saison les deux méthodes de dépistage ont capturé des niveaux similaires d'adultes ($p=0,3711$) (Tableau 2).

Tableau 2 Nombre total d'adultes et de larves *E. servus* capturés en 2020 par battage et par piégeage selon le moment de la saison (début de saison = 1^{er} juin à mi-juillet / fin de saison = mi-juillet à octobre)

Stade	Période	Nb capture (moyenne ± erreur-type)	
		Battage	Piégeage ¹
Adultes	Début de saison	1,5 ± 0,4 a	12,4 ± 2,2 b
	Fin de saison	25,6 ± 4,9	16,7 ± 2,3
Larves	Cumul total	8,1 ± 3,5 a	1,3 ± 0,4 b

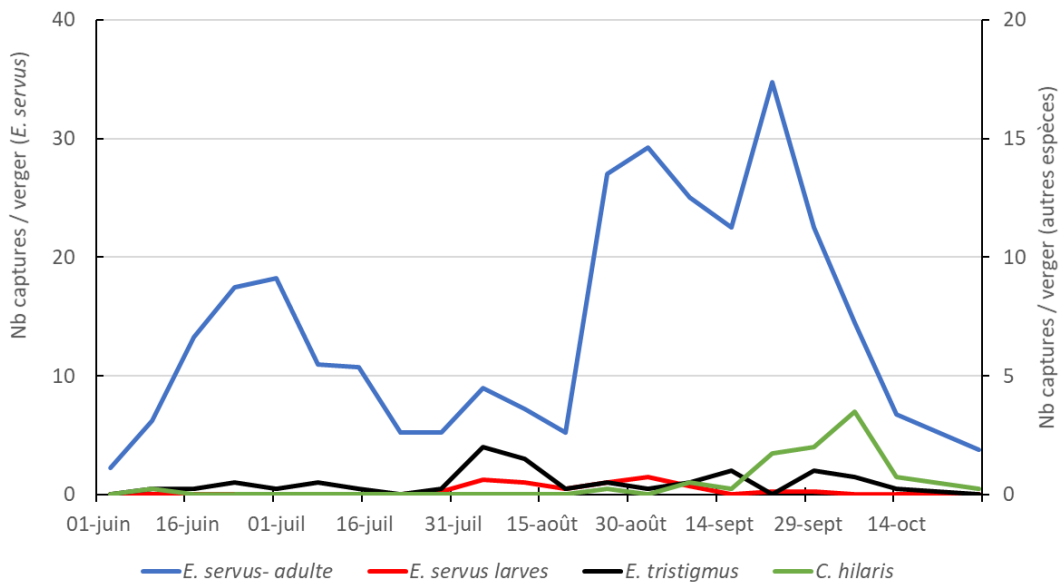
¹ Attractif multi-espèce /Des lettres différentes indiquent des différences significatives (test de Friedman, $\alpha = 0,05$)

Comparaison des attractifs

En 2019 et 2020, l'attractif multi-espèce contenant à la fois la phéromone de la punaise brune, de la punaise verte et de la punaise marbrée a attiré significativement plus de *E. servus* que l'attractif spécifique de cette espèce utilisé seul ($p < 0,0001$) (Tableau 3). L'attractif spécifique pour la punaise verte testé en 2019 ayant peu capturé l'espèce alors que sa présence avait été détectée par battage, il fut remplacé en 2020 par l'appât commercialisé pour la punaise marbrée (PHEROCON Dual lure) qui, en plus de l'attractif spécifique de cette espèce (BMSB), contient également l'attractif spécifique de la punaise verte (GSB) utilisé comme synergiste. Or, cette combinaison a peu attiré la punaise brune ainsi que la punaise à trois taches.

L'attractif multi-espèce ayant attiré significativement plus de punaise brune et plus d'espèces que les autres appâts testés, il a été sélectionné pour les essais de lutte attracticide

A) 2019



B) 2020

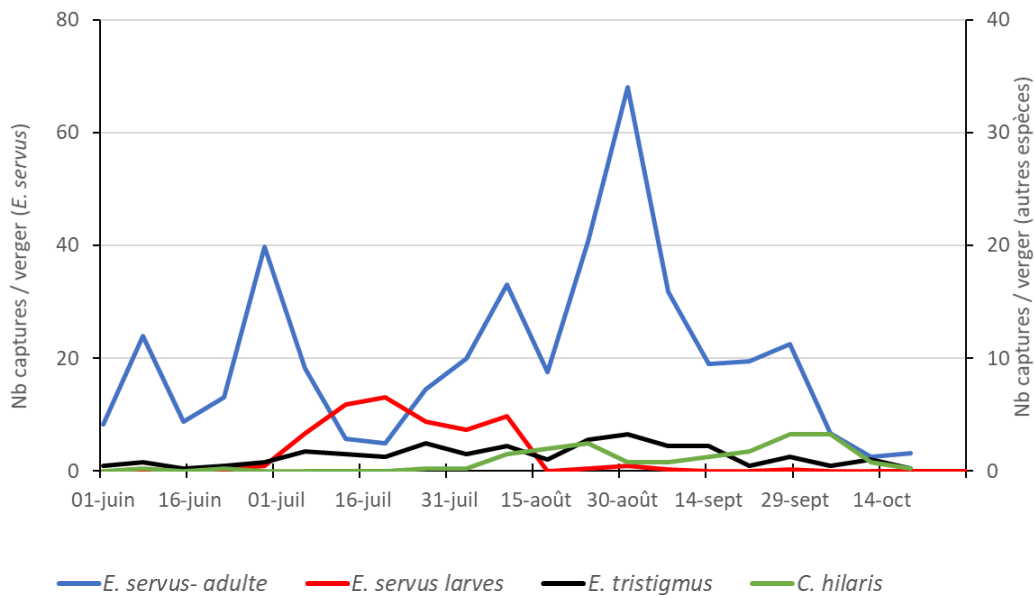


Figure 1 Abondance saisonnière des populations de punaises pentatomides mesurée par battage et dans les pièges pyramidaux en 2019(A) et 2020 (B)

Tableau 3 Nombre total (moy ± erreur-type) de punaises capturées à l'intérieur ou sur les pièges appâtés avec différents attractifs.

Attractif	Composition			<i>E. servus</i>	<i>E. tristigmus</i>	<i>C. hilaris</i>	<i>H. halys</i>	<i>Podisus spp</i>	
	BMSB	GSB	CSB						
2019									
Multi-espèces	x	x	x	22,7 ± 3,4 a	0,7 ± 0,2 a	0,05 ± 0,1 a	0,2 ± 0,1 a	0	a
BR (brune)			x	15,7 ± 2,8 b	0,6 ± 0,1 a	0,05 ± 0,0 a	0 a	0	a
VE (verte)		x		2,9 ± 0,7 c	0,2 ± 0,1 ab	0,10 ± 0,1 a	0 a	0,1 ± 0,1	a
NA (non appâté)				1,1 ± 0,2 c	0,0 ± 0,2 b	0,05 ± 0,1 a	0 a	0	a
2020									
Multi-espèces	x	x	x	30,4 ± 3,4 a	1,0 ± 0,3 ab	0,9 ± 0,2 a	0,1 ± 0,1 ab	0,2 ± 0,1	a
BR (brune)			x	19,0 ± 2,4 b	1,8 ± 0,6 a	0,4 ± 0,2 ab	0 b	0	a
PM (marbrée)	x	x		7,6 ± 1,9 c	0,3 ± 0,1 c	0,6 ± 0,3 ab	0,3 ± 0,1 a	0,2 ± 0,2	a
NA (non appâté)				2,4 ± 0,8 c	0,6 ± 0,3 bc	0,1 ± 0,1 b	0 b	0,2 ± 0,1	a

*Attractifs testés (Trécé) : Multi-espèce : Attractif combo pour la punaise brune, verte et marbrée (CSB + GSB + BMSB); **BR** : Attractif spécifique pour la punaise brune (CSB); **VE** : Attractif spécifique pour la punaise verte (GSB); **PM** : Attractif spécifique pour la punaise marbrée (GSB + BMSB); **NA** : Témoin non appâté / Des lettres différentes indiquent des différences significatives (Kruskal-Wallis, $\alpha = 0,05$)

Volet 2. Lutte attracticide (2021)

Méthodologie

La méthode mise à l'essai en 2021 a été inspirée d'essais en cours aux États-Unis (Krawczyk *et al.* 2019; Morrison *et al.* 2015; Morrison *et al.* 2018) et en Italie (Giuseppino *et al.* 2018; Suckling *et al.* 2019 ; Caruso, comm. pers.) pour lutter contre la punaise marbrée. Des pièges attracticides surdimensionnés et appâtés avec une dose élevée d'attractifs (sélectionnés à partir des résultats obtenus au volet 1) ont été installés en bordure de vergers pour attirer et tuer un maximum d'individus. Des essais préliminaires avaient été réalisés à l'automne 2020 afin de comparer la solidité (résistance au vent) et la facilité d'installation de deux prototypes de structures attracticides ainsi que leur capacité à induire la mortalité des punaises attirées vers le piège. Ces prototypes initiaux (Figure 2a) de forme pyramidale étaient composés de filet imprégné d'insecticide (0.4% deltaméthrine) (Permanet Screen®, Vestergaard-Frandsen) (voir rapport étape 2). La disponibilité commerciale de ce type de filet pour le marché nord-américain ayant cessé en 2021, un prototype alternatif (piège collant) a été utilisé pour les essais en vergers commerciaux (Figure 2b). Ce piège (hauteur : 2.5 m) était composé de quatre panneaux de plastique flexible enduits d'adhésif sur les deux faces (Olson products inc., Ohio) et disposés perpendiculairement au-dessus de bacs d'eau savonneuse. Trois diffuseurs de l'attractif multi-espèce (PHEROCON CSB + PHEROCON GSB + PHEROCON BMSB) ont été placés au sommet. Les panneaux collants ont été changés à trois reprises durant la saison (après 4-6 semaines) pour éviter qu'ils ne perdent leur efficacité.

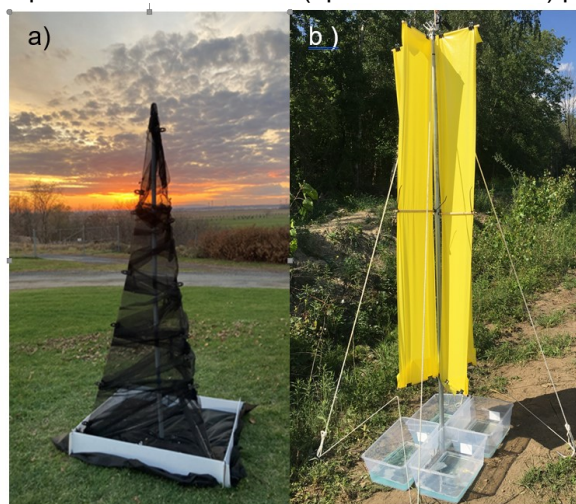


Figure 2 Pièges attracticides : a) prototype initial en filet imprégné d'insecticide utilisé lors des essais préliminaires (2020) ; b) prototype en plastique englué utilisé lors des essais en vergers commerciaux (2021).

Les essais se sont déroulés dans quatre vergers commerciaux (Tableau 4; Figure 3). Les traitements suivants ont été comparés : 1) lutte attracticide ; 2) témoin non traité contre les pentatomides. Dans chacun des sites, les parcelles comparées (0,75-2,15 ha) étaient composées des mêmes cultivars ont été soumises aux mêmes traitements ciblant les ravageurs autres que les pentatomides. Les pièges collants (+ attractifs) ont été installés au début juin, en périphérie de la parcelle « attracticide » à chaque 30 m et à une distance de 5-10 m des pommiers périphériques. Le nombre de punaises attirées et tuées par les pièges attracticides a été comptabilisé de façon hebdomadaire. Des pièges sentinelles (transect de 3 pièges pyramidaux) ont été installés de façon à mesurer les populations présentes à l'intérieur des parcelles attracticides et des parcelles témoins. Des évaluations de dommages sur fruits (1200 pommes/parcelle) ont également été effectués à 4 reprises durant la saison à partir du début août afin d'évaluer l'efficacité de la méthode de lutte.

Tableau 4 Superficie et nombre de pièges des sites d'essais de lutte attracticides (2021)

Sites	Superficie (ha)	Nb pièges attracticides	Nb pièges sentinelles ¹
MC	2,15	16	2 x (3+3)
TH	0,91	12	3+3
VSF	0,75	9	3+3
PSF	0,94	11	3+3

¹ Transect de 3 pièges pyramidaux dans les parcelles attracticides et les parcelles témoins.



Figure 3 Exemple de disposition des pièges dans les parcelles d'essais de lutte attracticide (2021)

Résultats

Mortalité dans les pièges attracticides

Chaque piège attracticide a permis d'éliminer en moyenne environ 1000 punaises phytophages dans la saison ce qui représente approximativement 10 000 individus/ha (Tableau 5). Les punaises, presque exclusivement des adultes, ont été interceptées principalement dans les bacs d'eau savonneuse disposés sous le piège plutôt que sur la surface engluée. Comme en 2019-2020, la vaste majorité des spécimens capturés appartenait à l'espèce *E. servus*. Au 2^e rang, la punaise verte (*C. hilaris*) a totalisé environ 12% des punaises capturées alors que l'espèce fut plus faiblement représentée parmi les individus capturés dans les pièges pyramidaux, lors des trois années du projet. Au total, près d'une centaine de punaises marbrées ont été capturées durant la saison 2021 dans les pièges attracticides. Ce nombre représente seulement 0,2 % des punaises capturées, mais contrairement aux années précédentes, certaines ont été capturées dès le début de la saison alors qu'en 2019 et 2020, elles avaient été observées dans les pièges pyramidaux uniquement à partir de septembre.

Tableau 4 Importance relative des différentes espèces et nombre total d'individus capturées dans les pièges attracticides durant la saison 2021 (n=4 vergers).

Espèces	Importance relative (%)	Nb punaises / piège (moyenne ± erreur-type)	
		Adultes	Larves
<i>Euschistus servus</i>	85,2	890,2 ± 123,5	2,9 ± 1,0
<i>Euschistus tristigmus</i>	1,6	15,0 ± 7,7	0,0 ± 0,0
<i>Chinavia hilaris</i>	12,4	117,1 ± 45,9	1,2 ± 0,8
<i>Halyomorpha halys</i>	0,2	1,8 ± 0,4	0,0 ± 0,0
<i>Brochymena spp</i>	0,04	0,4 ± 0,3	0,0 ± 0,0
<i>Podisus spp</i>	0,4	7,4 ± 3,7	0,0 ± 0,0
Autres espèces	0,3	2,9 ± 0,6	0,0 ± 0,0

Sept espèces additionnelles ont été répertoriées par rapport à celles déjà observées en 2019-2020 soit *Euschistus variolus* (n=5), *Hymenarcys nervosa* (n=3), *Elasmotherus atricornis* (n=2), *Oebalus pugnax* (n=1) ainsi que les punaises prédatrices *Perillus bioculatus* (n=11), *Podisus serieventris* (n=3) et *Podisus brevispinus* (n=3).

Une faible proportion (< 0,5%) des punaises tuées par les pièges attracticides étaient des punaises prédatrices alors qu'elles représentent environ 2% des punaises pentatomides présentes en vergers selon les données recueillies par battage en 2019-2020. Les insectes bénéfiques les plus abondamment interceptés par les pièges attracticides furent les coccinelles prédatrices, principalement *H. axyridis*.

Dès leur installation au début juin, les pièges attracticides ont attiré et tué un nombre élevé de *E. servus* (Figure 4). Cette observation peut s'expliquer par l'accumulation hâtive de degrés-jours en 2021 (environ deux semaines plus tôt qu'en 2019-2020). On se situait à cette date possiblement déjà au 1^{er} pic de captures pour cette espèce. Les captures se sont ensuite maintenues à un plus bas niveau pendant quelques semaines puis, à partir du début août, les pièges attracticides ont intercepté à nouveau plusieurs centaines d'individus/piège à chaque semaine. En fin de saison, de nombreuses captures de punaises vertes ont également été observées (principalement dans deux des quatre vergers) mais la punaise brune est demeurée prédominante.

Captures dans les pièges sentinelles

Les pièges sentinelles visaient à mesurer si la présence des pièges attracticides en périphérie du verger se traduirait par une diminution des populations de pentatomides dans la parcelle attracticide comparativement à la parcelle témoin. Afin de comparer le gradient bordure-centre dans les deux types de parcelle, les pièges ont été installés le long d'un transect allant de la bordure jusqu'au centre de la parcelle. Or, contrairement à ce qui était attendu, le nombre observé de captures n'a pas été plus élevé en bordure comparativement au centre (Figure 5). De plus, peu importe la position du piège, aucune différence significative n'a été observée entre les parcelles attracticide et témoin.

Le suivi hebdomadaire des captures dans les pièges sentinelles (Figure 6) a révélé un portrait similaire dans les deux types de parcelles. Par ailleurs, en début de saison, les fluctuations observées dans les pièges sentinelles ont suivi celles observées dans les pièges attracticides, avec un grand nombre d'adultes capturés lors des 1^{er} relevés, suivi d'une baisse durant la période d'activité des larves. En revanche, alors qu'en août les captures ont augmenté drastiquement dans les pièges attracticides, une augmentation beaucoup moins prononcée a été observée dans les pièges sentinelles ce qui peut suggérer que le grand nombre d'individus interceptés en périphérie du verger a possiblement eu une influence sur les populations présentes à l'intérieur du verger. Cependant, comme la même chose fut observée dans les parcelles témoins, on ne peut attribuer cela à la lutte attracticide à moins de considérer que l'effet de la bordure attracticide s'est étendu aussi sur les parcelles témoin adjacentes.

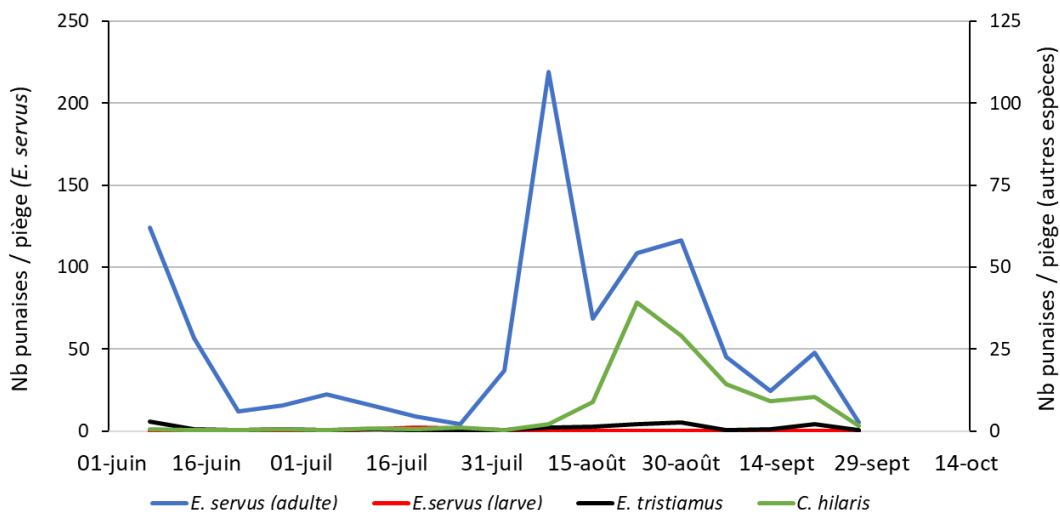


Figure 4 Nombre moyen d'individus capturés de façon hebdomadaire dans les pièges attractifs durant la saison 2021 (n=4 vergers).

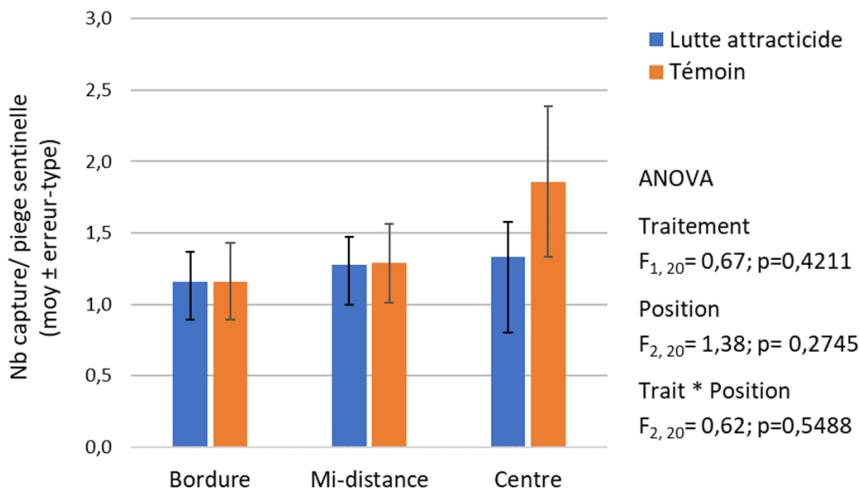


Figure 5 Nombre cumulatif de punaises pentatomides capturées dans les pièges sentinelles (pyramides) installés à différentes distances de la bordure dans les parcelles avec et sans lutte attracticide.

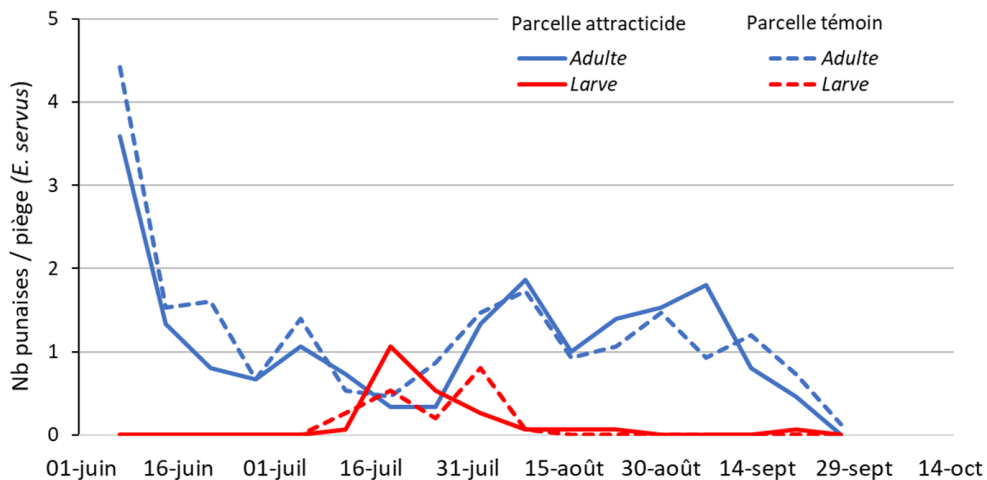


Figure 6 Nombre moyen d'individus capturés de façon hebdomadaire dans les pièges sentinelles (pyramides) installés dans les parcelles attracticide et les parcelles témoin durant la saison 2021 (n=4 vergers).

Dommmages sur fruits

Lors des premières évaluations de dommages sur fruit réalisées au début août, très peu de dommages étaient présents. Ce n'est qu'à partir de la mi-août/début septembre que les dommages ont commencé à être observés en nombre plus important. La figure 7 présente les niveaux de dommage présents lors des évaluations réalisées entre le 14 et le 29 septembre, durant les jours précédant la récolte de chacun des cultivars. Bien que les dommages soient significativement moins élevés au centre de la parcelle qu'en bordure ($p=0,0491$), dans l'ensemble le traitement n'a pas eu d'effet statistiquement significatif sur l'incidence de dommages ($p=0,5019$). Il était attendu que les niveaux de dommages sur les pommiers situés en bordure puissent être plus élevés étant donné la proximité avec les appâts phéromonaux; c'était principalement dans les zones centrales qu'une protection des fruits contre les dommages causés par les pentatomides était anticipée. Or, tel qu'illustré à la figure 8, les niveaux de dommages observés ont été variables d'un verger à l'autre. Bien qu'une diminution des dommages ne fût pas observée dans tous les sites, le pourcentage de dommages a été environ deux fois moindre au centre des parcelles attractivides comparativement aux parcelles témoins dans deux des quatre sites d'essai (MC et VSF). Un des sites a toutefois présenté des niveaux de dommages frôlant les 15% dans la parcelle protégée par la lutte attractivide. Néanmoins, il est important de mentionner que les cultivars sensibles aux dommages de pentatomides ont été ciblés lors des évaluations et que l'ensemble des dommages occasionnés par ces ravageurs a été comptabilisé, incluant les dommages moins sévères qui n'auraient pas déclassé le fruit (zone hachurée sur les barres de la figure 7 et 8). Par ailleurs, le verger où les dommages les plus importants ont été observés (RG) correspond à un bloc long et étroit soit un site moins propice à la lutte attractivide vu le ratio bordure/centre moins favorable.

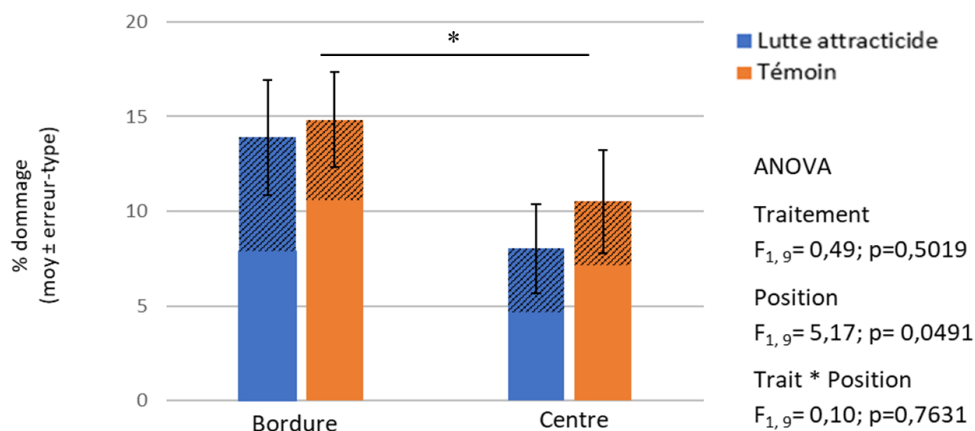


Figure 7 Pourcentage moyen de dommages sur fruits observé à la récolte dans les parcelles attractivides et dans les parcelles témoins (n=4 vergers). Zone hachurée: dommages mineurs qui ne déclassent pas le fruit.

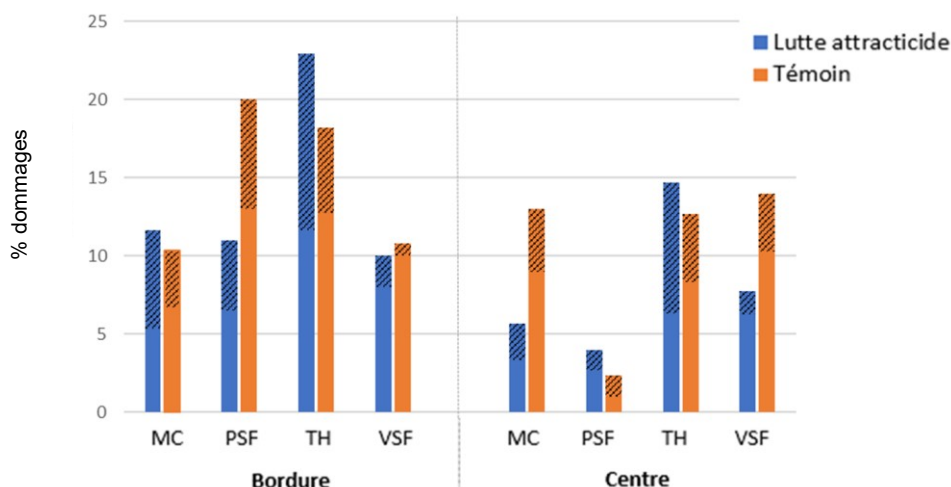


Figure 8 Pourcentage de dommages sur fruits observé à la récolte dans les parcelles attractivide et dans les parcelles témoin au sein de chacun des quatre sites d'essais. Zone hachurée: dommages mineurs qui ne déclassent pas le fruit.

Volet 3. Caractérisation de l'apparence des dommages (2019-2020-2021)

Méthodologie

Afin de mieux pour caractériser l'apparence des dommages de punaises pentatomides, certains individus parmi ceux récoltés vivants en vergers au cours des essais des volets 1 et 2 ont été introduits sous des manchons installés autour de bouquets de pommes saines. Les manchons ont été installés au verger expérimental de l'IRDA dans cinq cultivars : Honeycrisp, Empire, Cortland, GingerGold et McIntosh. Les individus ont été introduits à différentes périodes de la saison afin d'observer l'évolution des dommages dépendamment du stade de développement du fruit (Tableau 5). Les punaises ont été introduites à raison de 1 individu par manchon pour une période de 7 jours. Les punaises introduites étaient majoritairement des adultes de l'espèce *E. servus* mais des larves et des individus d'autres espèces (*E. tristigma* et *C. hilaris*) ont également été introduits occasionnellement. Au moment de l'atteinte de la maturité des différents cultivars, les pommes ont été récoltées et ramenées au laboratoire. Après une période d'entreposage au froid (~3 semaines), chaque fruit a été observé en laboratoire de façon à noter le type et le nombre de dommages externes et internes présents.

Tableau 5 Répartition du nombre de manchons installés en juin autour de bouquets de pommes saines et à l'intérieur desquels une punaise pentatomide a été introduite à différentes périodes durant la saison.

Cultivar	Dates d'introduction des punaises							Date de récolte
	Fin juin	Mi-juillet	Début août	Mi-août	Début sept	Mi-sept	Tém	
GingerGold	12	9	18	13	7	-	21	13-14 sept
McIntosh	11	8	15	10	16	8	16	20-22 sept
Honeycrisp	10	9	19	12	13	8	18	22-25 sept
Cortland	11	9	18	12	11	19	13	8 octobre
Empire	10	9	19	14	12	24	16	12-15 oct
TOTAL	54	44	89	61	59	59	84	450

La figure 9 illustre les différents types de dommages ayant été notés lors de l'observation des fruits récoltés. Les dommages externes ont été comptabilisés selon la présence de : 1) ponctuations (pique ou fossette) sans décoloration visible ; 2) points, plages ou dépressions décolorées en surface. Lorsqu'un dommage externe était présent, dépendamment du type et de la sévérité des dommages observés (nombre de dommages par fruit; présence, diamètre et visibilité de la décoloration comparativement à la couleur du fruit), chaque fruit a été associé à une des catégories suivantes : 1) porteur d'un dommage économique ou 2) porteur d'un dommage mineur n'occasionnant pas le déclassement du fruit. Les dommages internes ont été catégorisés selon la présence 1) d'une trace de stylet ; 2) de tissus nécrosés formant une zone liégeuse. Les dommages observés sur les différents cultivars et selon le moment de la saison ont été photographiés pour fins de documentation et de transfert.

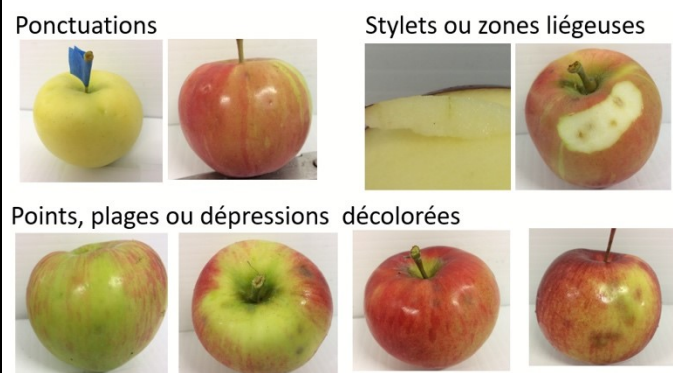


Figure 9 Types de dommages observés après la récolte suite à un examen superficiel des fruits et une inspection des dommages internes.

Résultats

Les dommages de pentatomides peuvent facilement être confondus avec d'autres types de dommages d'apparence similaire. Les observations réalisées dans le cadre de ce volet et les informations obtenues de la littérature (Brown 2003; Leskey *et al.* 2009 ; Brown et Short 2010; Leskey *et al.* 2012, Jentsch 2014, Acebes-Doria *et al.* 2016) ont permis d'identifier certains critères pouvant aider à les différencier (Figure 10). Dans le cas des désordres physiologiques comme le point amer, les décolorations sont souvent plus nombreuses, mieux délimitées et davantage concentrées autour du calice. En comparaison, les dommages de pentatomides seront souvent (mais pas uniquement) observés dans le tiers supérieur du fruit. Le point d'insertion du stylet n'est pas toujours visible en surface mais en coupant transversalement le fruit, la zone liégeuse présente souvent une forme caractéristique permettant de déceler la trace du stylet et de la distinguer d'un dommage physique (meurtrissure ou grêle) ou du point amer (parfois séparé de la surface). Dans le cas des dommages causés par la mouche de la pomme, la perforation en surface causée par l'introduction de l'œuf dans la pomme est généralement plus facilement visible (diamètre plus large) comparativement à celle causée par les piqures des punaises pentatomides. De plus, dans le cas des pentatomides, le dommage interne est rectiligne et ne se prolonge pas en tunnels aussi profonds que ceux occasionnés par les asticots de mouche de la pomme bien qu'il puisse atteindre jusqu'à 0,5 à 1,0 cm de profondeur.

Punaise pentatomides vs autres dommages similaires

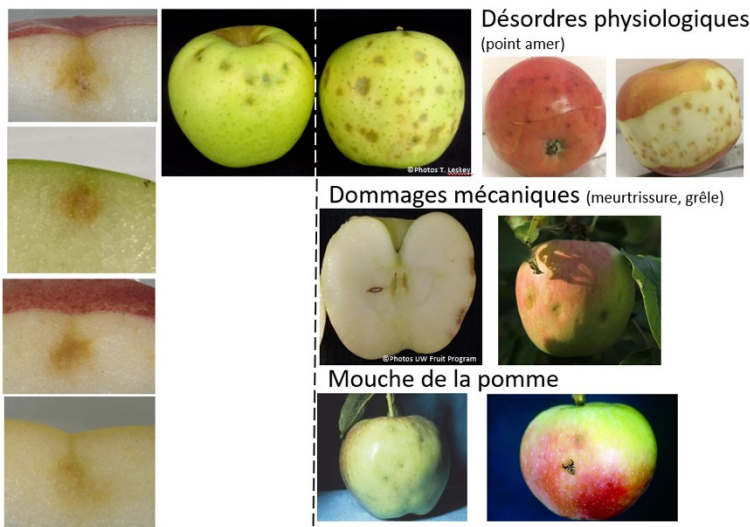


Figure 10 Dommages sur fruits occasionnés par les punaises pentatomides en comparaison à d'autres types de dommages d'apparence similaire.

En plus d'être en mesure d'identifier avec plus de certitude les dommages causés par les punaises pentatomides, les observations effectuées dans le cadre de ce volet ont permis de faire ressortir certaines tendances selon le moment de la saison auquel le dommage survient et selon le cultivar. Le tableau 6 présente, pour chacune des périodes de la saison où des punaises ont été introduites dans les manchons, le nombre moyen de dommages observés par manchon ainsi que le pourcentage de fruits porteurs des différents types de dommages. D'une part, pour la majeure partie de la saison, même si le nombre de dommages ou le pourcentage de fruits porteurs de dommages (tous types confondus) était similaire, c'est plus fréquemment lorsque le dommage a été occasionné en août qu'il a évolué vers une décoloration suffisamment apparente pour déclasser le fruit (33-44% des fruits déclassés ; 6,3 à 9,4 décolorations/manchon). En comparaison, lorsque les pommes étaient exposées aux punaises plus tôt dans la saison (fin juin/mi-juillet), les dommages observés au moment de la récolte apparaissaient plus souvent sous forme de ponctuations ou fossette qui ne déclassaient pas le fruit (43-45 % des fruits avec ponctuations non déclassés ; 7,7 et 8,4 ponctuations par manchon vs 1,6 et 3,8 décolorations par manchon) (Figure 11). À cette période de la saison, le dommage occasionné par les punaises évoluait moins fréquemment vers une décoloration en surface quoique que ce type de dommage ait tout de même été observé sur certains fruits exposés à la fin juin / mi-juillet. (Figure 12) Par ailleurs, lorsque les pommes étaient exposées aux dommages de pentatomides près de la récolte (début sept/mi-sept), peu de fruits étaient déclassés (5-6% des fruits) et fréquemment, seul un dommage interne était observé (15% des fruits) (Figure 13).

Tableau 6 Nombre moyen de dommages observés par manchon et pourcentage de pommes avec dommages à la récolte suite à l'exposition à une punaise pentatomide durant 7 jours lors de différentes périodes de la saison.

Période	Nb manchons ¹	Nb pommes ¹	Nb moyen de dommages par manchon ²			Pourcentage de pommes ³				
			Domm	Ponct	Décol	Avec domm	Déclassées	Non-déclassées		
								(décol)	(ponct)	(intern)
Fin juin	32	92	11,2	8,4	1,6	59	14	2	43	2
Mi-juillet	36	71	11,7	7,7	3,8	73	25	3	45	1
Début août	73	211	13,9	2,3	9,4	69	44	16	8	5
Mi-août	56	170	12,3	2,4	6,3	62	33	10	11	9
Début sept	45	151	4,5	0,2	1,6	30	5	7	5	15
Mi-sept	51	155	2,9	0,5	1,5	15	6	4	5	2
Témoin	82	262	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0
Total	375	1112	7,4	2,3	3,6	38	18	6	11	5

¹ Seules les pommes encore sur la branche au moment de la récolte et celles provenant de manchons où la punaise a été retrouvée vivante après la période d'exposition ont été conservées.

² Nb moyen par manchon de tous types de dommages (Domm), de ponctuations (Ponct), de points, plages ou dépressions décolorées (Décol).

³ Pourcentage de pommes porteuses de tous types de dommage (Avec domm), de pommes déclassées (Déclassées), de pommes non-déclassées malgré la présence mineure de décolorations (décol), de ponctuations (ponct) ou de dommages internes seulement (intern).



Figure 11 Exemples de dommages occasionnés tôt en saison (fin juin/mi-juillet) et apparaissant souvent au moment de la récolte sous forme de ponctuations/ fossettes qui ne déclassent pas le fruit.



Figure 12 Exemples de dommages occasionnés tôt en saison (fin juin/mi-juillet) et apparaissant occasionnellement au moment de la récolte sous forme de décolorations suffisamment visibles pour déclasser le fruit.



Figure 13 Exemples de dommages occasionnés en fin de saison (fin août / septembre) et apparaissant au moment de la récolte sous forme de dommages internes liégeux non visibles en surface et souvent localisés autour du pédoncule.

Certaines disparités ont également été observées entre les différents cultivars, principalement au niveau de l'intensité d'expression des dommages (Tableau 7). Pour le cultivar McIntosh par exemple et nonobstant le moment de la saison, bien que des dommages soient présents sur 75% des fruits, la sévérité des dommages était moindre comparativement à celle observée sur les autres cultivars avec seulement 22,5 % des fruits ayant été déclassés (vs 31,1% et plus pour les autres cultivars). À titre d'exemple, la figure 14 présente des pommes ayant toutes été exposées aux dommages de pentatomides en août, la période la plus propice à l'apparition de dommages plus intenses et visibles. On peut observer qu'au moment de la récolte, les dommages sur McIntosh dépassaient rarement le point décoloré alors que sur les autres cultivars, des dépressions et de larges plages de décoloration étaient fréquemment observées (Figure 15). C'est sur le cultivar Gingergold que le plus grand nombre de dommages par manchon (10,9) et le pourcentage le plus élevé de dommages économiques (39,1%) ont été observés, ce qui concorde avec les observations de Brown et Short (2010) à l'effet que la progression des dommages sur ce cultivar est rapide même à quelques jours de la récolte.

Tableau 7 Nombre moyen de dommages observés par manchon et pourcentage de pommes avec dommages à la récolte suite à l'exposition à une punaise pentatomide durant 7 jours entre la fin juin et la fin août pour différents cultivars.

Cultivar	Nb manchons ¹	Nb pommes ¹	Nb moyen de dommage par manchon ²			Pourcentage de pommes ³				
			Domm	Ponct	Décol	Avec domm	Déclassées	Non-déclassées		
								(décol)	(ponct)	(intern)
Cortland	42	108	7,3	3,2	3,4	61,1	33,3	8,3	17,6	2,8
Empire	42	122	9,6	3,1	4,9	59,0	34,4	9,0	13,1	3,3
GingerGold	44	128	10,9	2,7	6,4	77,3	39,1	7,0	28,1	5,5
Honeycrisp	37	106	8,0	2,1	4,2	57,5	31,1	11,3	14,2	7,5
McIntosh	32	80	7,3	3,6	2,2	75,0	22,5	17,5	26,3	8,8
Total	197	544	8,8	2,9	4,4	65,8	32,9	10,1	19,7	5,3

¹ Seules les pommes encore sur la branche au moment de la récolte et celles provenant de manchons où la punaise a été retrouvée vivante après la période d'exposition ont été conservées.

² Nb moyen par manchon de tous types de dommages (Domm), de ponctuations (Ponct), de points, plages ou dépressions décolorées (Décol).

³ Pourcentage de pommes porteuses de tous types de dommage (Avec domm), de pommes déclassées (Déclassées), de pommes non-déclassées malgré la présence mineure de décoloration (décol), de ponctuations (ponct) ou de dommages internes seulement (intern).



Figure 14 Exemples de l'apparence au moment de la récolte des dommages occasionnés en août sur le cultivar McIntosh.

La sélection de photos présentée aux figures suivantes ainsi que le tableau détaillé par période d'introduction pour chaque cultivar (Tableau 8) donne un aperçu de la variabilité existante au niveau de l'apparence des dommages de pentatomides et quelques particularités additionnelles ayant été identifiées par variété. La décoloration occasionnée par la piqure de pentatomides est généralement de couleur verdâtre à la fois sur les cultivars rouges et les cultivars jaune/vert mais prend occasionnellement une apparence brune ou noire sur certains fruits. De plus, la zone décolorée devient parfois peu visible tout près de la récolte sur certains cultivars d'un rouge très foncé tel que le cultivar Empire. La figure 16 illustre l'aspect

varié sous lequel le dommage interne peut apparaître, allant d'une mince trace de stylet à une zone liégeuse plus ou moins uniforme ou séparée de la surface. Dans le cas de piqures multiples, le dommage peut apparaître plus étendu et irrégulier.

Honeycrisp



Cortland



Gingergold



Empire



Figure 15 Exemples de points, plages ou dépressions décolorées observés sur différents cultivars de colorations variées.

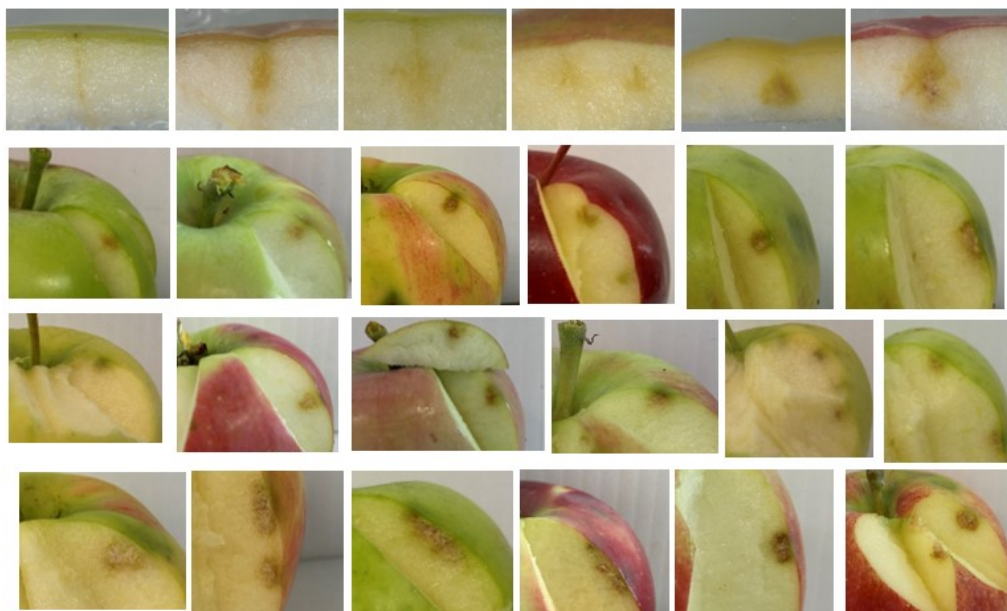


Figure 16 Exemples de dommages internes sur différents cultivars.

Les observations réalisées sur les cultivars tardifs tels qu'Empire et Cortland illustre bien que, dans les dernières semaines précédant la récolte, les pommes sont moins susceptibles aux dommages de pentatomides: parmi les pommes provenant des manchons où la punaise a été introduite en septembre, près de 85% ont été exemptes de dommages (Tableau 8). Pour les différents cultivars observés, le pourcentage de fruits déclassés fut également moindre lorsque le dommage est survenu tout juste avant la récolte, tel qu'observé par Brown et Short 2010 ainsi que par Bergh *et al.* 2019. La fenêtre où

le dommage évolue vers un dommage plus intense se situerait entre 4 et 8 semaines avant la récolte (Leskey et al. 2009, Brown 2003, Shanovich et al 2020) ce qui concorde avec nos observations. Peu importe le cultivar, les dommages les plus sévères ont été observés sur les pommes exposées en août mais c'est sur les cultivars Honeycrisp et Gingergold que des dommages économiques à la récolte ont été plus fréquemment observés sur les pommes exposées à la mi-juillet (33,3 et 27,3 % de pommes déclassées). Ceci indique que ces cultivars commencent à être à risque de développer un dommage plus sévère plus tôt que les cultivars plus tardifs.

Tableau 8 Tableau détaillé par cultivar des dommages observés à la récolte sur les pommes sous manchons exposées à une punaise pentatomide durant 7 jours à différentes périodes de la saison.

Cultivar ⁴ / Période	Nb manchons ¹	Nb pommes ¹	Nb moyen de dommage par manchon ²			Pourcentage de pommes ³					
			Domm	Ponct	Décol	Avec domm	Déclassées	Non-déclassées			
								(décol)	(ponct)	(intern)	
CO	1-Fin juin	10	33	8,9	7,3	1,6	33,3	15,2	0,0	18,2	0,0
	2-Mi-juillet	6	11	7,8	11,4	0,4	81,8	18,2	0,0	63,6	0,0
	3-Début août	15	42	9,9	2,2	5,9	69,0	42,9	16,7	9,5	2,4
	4-Mi/fin-août	11	22	10,1	0,4	7,0	77,3	50,0	9,1	9,1	9,1
	5-Début/mi-sept	7	21	4,1	0,0	2,7	33,3	0,0	9,5	9,5	14,3
	6-Fin sept/oct	16	46	1,9	0,6	1,1	15,2	6,5	0,0	8,7	0,0
EM	1-Fin juin	5	8	1,3	1,3	0,0	25,0	0,0	0,0	37,5	0,0
	2-Mi-juillet	9	20	11,3	8,4	1,8	55,0	20,0	0,0	35,0	0,0
	3-Début août	16	51	16,8	3,3	11,4	62,7	49,0	7,8	3,9	2,0
	4-Mi/fin-août	12	43	15,1	4,2	6,7	62,8	30,2	16,3	9,3	7,0
	5-Début/mi-sept	9	35	1,0	0,0	0,3	8,6	0,0	2,9	0,0	5,7
	6-Fin sept/oct	21	69	3,7	0,7	2,8	15,9	10,1	5,8	1,4	1,4
GG	1-Fin juin	8	25	15,4	10,4	2,6	76,0	16,0	8,0	56,0	4,0
	2-Mi-juillet	8	21	12,3	3,6	8,8	81,0	33,3	9,5	38,1	4,8
	3-Début août	16	43	21,6	2,3	15,9	83,7	58,1	9,3	14,0	2,3
	4-Mi/fin-août	12	39	12,8	2,1	6,8	69,2	35,9	2,6	20,5	10,3
	5-Début/mi-sept	4	17	14,0	1,8	4,8	47,1	5,9	11,8	29,4	11,8
	6-Fin sept/oct										
HC	1-Fin juin	4	14	17,0	12,5	2,5	78,6	21,4	0,0	57,1	0,0
	2-Mi-juillet	7	11	9,5	6,3	1,8	63,6	27,3	0,0	36,4	0,0
	3-Début août	15	47	12,2	1,1	8,7	53,2	36,2	17,0	6,4	4,3
	4-Mi/fin-août	11	34	11,8	1,7	6,5	52,9	29,4	11,8	0,0	17,6
	5-Début/mi-sept	11	34	5,0	0,0	1,7	47,1	11,8	5,9	0,0	29,4
	6-Fin sept/oct	7	25	0,9	0,6	0,3	12,0	0,0	4,0	8,0	0,0
MC	1-Fin juin	5	12	12,2	10,0	0,8	91,7	8,3	0,0	75,0	8,3
	2-Mi-juillet	6	8	17,2	10,4	4,4	100,0	25,0	0,0	75,0	0,0
	3-Début août	11	28	7,7	2,5	3,7	85,7	25,0	39,3	3,6	17,9
	4-Mi/fin-août	10	32	11,8	3,8	4,0	53,1	25,0	9,4	15,6	3,1
	5-Début/mi-sept	14	44	3,9	0,1	0,9	25,0	4,5	6,8	0,0	13,6
	6-Fin sept/oct	7	15	5,0	0,0	0,1	20,0	0,0	6,7	0,0	13,3

¹ Seules les pommes encore sur la branche au moment de la récolte et celles provenant de manchons où la punaise a été retrouvée vivante après la périodes d'exposition ont été conservées.

² Nb moyen par manchon de tous types de dommages (Domm), de ponctuations (Ponct), de points, plages ou dépressions décolorées (Décol).

³ Pourcentage de pommes porteuses de tous types de dommage (Avec domm), de pommes déclassées (Déclassées), de pommes non-déclassées malgré la présence mineure de décoloration (décol), de ponctuations (ponct) ou de dommages internes seulement (intern).

⁴ Cultivars = CO: Cortland, EM: Empire, GG: Gingergold, HC: Honeycrisp, MC: McIntosh.

Conclusion

Le projet aura permis de mieux connaître les espèces de pentatomides présentes en vergers au Québec et leur période d'activité, ainsi que d'observer pour la première fois la présence significative de la punaise marbrée dans les vergers. Le piège pyramidal noir appâté avec les attractifs appropriés a permis de suivre les populations de l'espèce prédominante *E. servus* durant l'ensemble de la saison. L'utilisation combinée des attractifs commercialisés pour la punaise brune, la punaise marbrée et la punaise verte a permis de détecter les populations d'un plus grand nombre d'espèces mais également de capturer un plus grand nombre de punaises brunes que son attractif spécifique utilisé seul. Bien que les pièges pyramidaux aient capturé à la fois des adultes et des larves, le dépistage par battage a été plus efficace pour capturer les larves. En revanche, le dépistage par piège s'est montré plus efficace pour capturer les adultes hivernants de l'espèce *E. servus* en début de saison alors qu'en fin de saison, les deux méthodes ont été également efficaces. La présence de quelques espèces de pentatomides, notamment les espèces prédatrices *Podisus* spp ainsi celles appartenant au genre *Brochymena* spp, a été davantage détectée par battage que par piégeage. Les données recueillies suggèrent également que les pièges pyramidaux sous-estiment l'importance relative de la punaise verte, l'espèce ayant été peu capturée dans ce type de piège (comparativement aux données obtenues par battage ainsi que dans les pièges collants attracticides).

Inspirée d'essais réalisés aux États-Unis (Krawczyk *et al.* 2019; Morrison *et al.* 2015; Morrison *et al.* 2018) et en Italie (Giuseppino *et al.* 2018; Suckling *et al.* 2019) visant la punaise marbrée, la méthode de lutte attracticide testée dans le cadre de ce projet a été adaptée pour viser principalement l'espèce prédominante *E. servus* en plus des autres espèces indigènes et exotiques présentes en verger au Québec. Les données accumulées en 2019 et 2020 ayant montré que *E. servus* est présente dès le début de la saison et pond dans le verger - et sachant que les pièges attracticides auraient peu d'effet sur les larves en raison de leur plus faible mobilité - nous avons opté pour installer les pièges attracticides dès le début de la saison de façon à permettre un effet sur les populations de pentatomides avant la ponte. L'attractif multi-espèce a été sélectionné pour les essais de lutte attracticide de façon à agir sur un plus grand nombre d'espèces ainsi qu'à maximiser les captures de punaise brune, un effet synergiste ayant été mis en évidence en 2019-2020. Les données recueillies ont montré que les pièges attracticides utilisés (pièges collants jaunes) sont efficaces pour attirer et tuer un nombre élevé de punaises. La présence des bacs d'eau savonneuse s'avère toutefois cruciale pour l'efficacité du piège à tuer les punaises car peu d'entre elles sont demeurées engluées sur le piège. C'est plutôt en tentant de se dégager du piège collant qu'elles finissaient par tomber dans les bacs d'eau.

Bien que les pièges déployés aient permis d'éliminer un nombre élevé de punaises phytophages (près de 50 000), les résultats obtenus au niveau de l'efficacité de la méthode à diminuer les dommages sont plus mitigés. Une utilisation à plus grande échelle et sur plusieurs années aurait peut-être permis de mesurer un effet significatif de l'approche testée. La faisabilité économique de l'approche est également à considérer. Telle qu'utilisée dans le cadre de ce projet, le coût de la stratégie proposée varie entre 1700\$- 2300\$/ha, les attractifs représentant une portion importante (~65%) du coût total estimé. Plusieurs mesures pourraient cependant être envisagées pour optimiser la méthode et améliorer sa faisabilité économique, notamment diminuer le nombre de piège ou la dose de phéromone par piège. L'installation des pièges plus tard dans la saison, soit au moment où les populations de pentatomides sont les plus élevées et où les dommages évoluent le plus fréquemment vers des dommages économiques permettrait également de diminuer les coûts de moitié. Enfin, les options disponibles actuellement pour lutter contre les pentatomides étant limitées, l'utilisation de pièges attracticides demeure une piste de recherche à envisager comme moyen de protection contre les punaises pentatomides et/ou comme méthode de suivi des populations en saison.

Références

- Acebes-Doria *et al.* 2016. Injury to apples and peaches at harvest from feeding by *Halyomorpha halys* (Stål) (Hemiptera: Pentatomidae) nymphs early and late in the season. *Crop Protection* 89: 58-65.
- Aldrich *et al.* 2007. Methyl 2,4,6-decatrienoates Attract Stink Bugs and Tachinid Parasitoids. *J Chem. Ecol.* 33: 801-815.
- Bergh *et al.* 2019. Effect of pre-harvest exposures to adult *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) on feeding injury to apple cultivars at harvest and during post-harvest cold storage. *Crop Protection* 124. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.104872>

- Brown 2003. Characterization of Stink Bug (Heteroptera: Pentatomidae) Damage to Mid- and Late-Season Apples. J. Agric. Urban Entomol. 20(4): 193-202.
- Brown et Short 2010. Factors Affecting Appearance of Stink Bug (Hemiptera: Pentatomidae) Injury on Apple. Environ. Entomol. 39(1): 134-139
- Chouinard *et al.* 2018. Interceptions and captures of Halyomorpha halys in Quebec from 2008 to 2018. Phytoprotection 98: 46-50.
- Chouinard et Pelletier 2019. Abondance et répartition spécifique des punaises pentatomides dans les vergers : évaluation par battage et à l'aide de pièges appâtés de différents attractifs. Affiche scientifique, Réunion annuelle de la société d'entomologie du Québec. 28-29 novembre 2019.
- Giuseppino *et al.* 2018. Efficacy of LLIN in killing H. halys in pear orchards. Outlooks on pest management 29 : 70-74.
- Hogmire et Leskey 2006. An Improved Trap for Monitoring Stink Bugs (Heteroptera:Pentatomidae) in Apple and Peach Orchards. J. Entomol. Sci. 41(1): 9-21.
- Jentsch. 2014. BMSB Update: Assessing Fruit Damage at Harvest: Is it Hail, Bitter Pit, Apple Maggot or Stink Bug? En ligne à : <http://blogs.cornell.edu/jentsch/2014/09/18/bmsb-update-assessing-fruit-damage-at-harvest-is-it-hail-bitter-pit-apple-maggot-or-stink-bug/>
- Krawczyk *et al.* 2019. Alternative methods to manage BMSB. IOBC-WPRS Bulletin Vol. 146 : 114-118
- Leskey et Hogmire 2005. Monitoring Stink Bugs (Hemiptera: Pentatomidae) in Mid-Atlantic Apple and Peach Orchards. J. Econ. Entomol. 98(1): 143-153.
- Leskey *et al.* 2009. Diagnosis and Variation in Appearance of Brown Stink Bug (Hemiptera: Pentatomidae) Injury on Apple. J. Entomol. Sci. 44(4): 314-322.
- Leskey *et al.* 2012. Impact of the BMSB in Mid-Atlantic Tree Fruit Orchards in the US: Case Studies of Commercial Management. Psyche Vol. 2012, doi.org/10.1155/2012/535062
- Leskey et Nielsen 2018. Impact of invasive BMSB in North America and Europe : history, biology, ecology and management. Annu. Rev. Entomol. 65 : 599-618.
- Morrison *et al.* 2015. Establishing the behavioral basis for an ATK strategy to manage H. halis in apple orchards. J. Pest. Sci. 89 : 81-96
- Morrison *et al.* 2018. Successful management of H. halys in commercial apple orchards with an ATK strategy. Pest Management Science 75(1) : 156
- Shanovich *et al.* 2020. Risk of Cold-Hardy Apple Cultivars for Injury From the Brown Marmorated Stink Bug (Hemiptera: Pentatomidae). J. of Econ. Entomol. 113(1): 330–339.
- Suckling *et al.* 2019. Trapping BMSB : «The Nazgûl» lure and kill nets. Insects 10 : 433.
- Tillman *et al.* 2010. Pheromone Attraction and Cross-Attraction of Nezara, Acrosternum and Euschistus spp. Stink Bugs in the Field. Environ. Entomol. 39: 610-617.
- Weber *et al.* 2017. Chemical ecology of Halyomorpha halys: discoveries and applications. Journal of Pest Science 90: 989–1008.