

UQTR



Université du Québec
à Trois-Rivières

Case postale 500, Trois-Rivières Qc G9A 5H7

MYRIAM BONNEVILLE-DÉCARIE

RAPPORT DE STAGE 2013

Influence des températures hivernales et des pluies cumulatives sur la présence de la punaise verte *Acrosternum hilare* (Hemiptera : Pentatomidae) en verger de pommiers à St-Joseph-du-Lac lors des étés 2012 et 2013

Travail présenté à
Julien Pommier
Dans le cadre du cours
BIO-1005 : Stage en milieu de travail pour biologistes

Université du Québec à Trois-Rivières
13 Décembre 2013

RÉSUMÉ :

La punaise verte *Acrosternum hilare* est présente aux États-Unis et dans certaines régions du Canada notamment au Québec et en Ontario. Elle est responsable de dommages sur fruits importants dans les champs de cultures : les vergers de pêchers et de pommiers. Puisque les dommages causés par cet insecte n'ont attirés l'attention des producteurs québécois que récemment, le développement d'un programme de surveillance et de contrôle des populations n'en ait qu'à son début. Ainsi l'essai de deux types de pièges, un de type pyramidal et un de type fenêtre, a été effectué en verger de pommiers dans la région de St-Joseph-du-Lac à l'été 2013 pour comparer leur efficacité. Cependant, le résultat des captures a révélé une faible présence en verger comparativement à l'été 2012 où les observations de l'insecte étaient fréquentes. Les données de températures minimales hivernales ainsi que les pluies cumulatives sont deux facteurs météorologiques expliquant d'une part l'augmentation de la population de punaises lors de l'été 2012, sa diminution lors de l'été 2013, d'autre part la présence en verger ou non de l'insecte lors de ces étés. Les températures clémentes lors des hivers 2010 à 2012 ont permis une édification de la population de punaises vertes. De plus, les faibles pluies cumulatives lors de l'été 2012 ont favorisé l'entrée en verger de l'insecte en quête d'une source de nourriture de meilleure qualité.

MOTS-CLÉS : *Pentatomidae*, *Acrosternum hilare*, Températures hivernales, Pluies cumulatives, Pièges

Plusieurs espèces de punaises sont reconnues comme insectes pestes aux États-Unis. La punaise verte est un insecte de type piqueur-suceur possédant un stylet, appendice buccale servant à l'extirpation de substances nutritives issues des plantes ou des fruits. L'insecte injecte des enzymes digestifs dans la plante ou le fruit pour ensuite aspirer le produit liquéfié et s'en nourrir (Miles, 1972). La pénétration du stylet et la durée de nutrition associée avec les sécrétions salivaires pouvant être toxiques et causés la nécrose des tissus végétales, sont à l'origine de dommages sur fruits et graines (Slansky & Panizzi, 1988). C'est pourquoi les *Pentatomidae* représentent un potentiel important d'insectes pestes et sont reconnus comme tels dans plusieurs régions (Hogmire, 1995). Plusieurs études ont été faites sur l'écologie, la biologie et le comportement de ces insectes pour les connaître davantage. Étant des insectes pestes reconnus, il est important de pouvoir suivre les populations à l'intérieur des champs de cultures afin d'évaluer leur abondance. Étant également des insectes très mobiles et polyphages, le suivi des populations est plutôt difficile (McPherson et McPherson, 2000). Des méthodes de fauchages et de battages sont recommandés dans certaines régions pour évaluer l'abondance de l'insecte en cultures ou à proximité mais aucun seuil d'action n'a été établi pour déterminer le besoin et la période de pulvérisation (Hogmire, 1995). Une autre approche, la confection de pièges, est à l'essai pour faire un suivi des populations de punaises, soit la première étape vers la surveillance et le contrôle de ces insectes. Cette étude est spécifique à une seule espèce de *Pentatomidae*, la punaise verte *Acrosternum hilare* qui s'est retrouvé en abondance dans les vergers de pommiers de la région de St-Joseph-du-Lac en 2012. Cet espèce est largement distribué en Amérique du Nord, du Québec à la côte ouest et dans le sud des États-Unis (Simmons et Yeargan, 1988, p.527) ainsi qu'au nord-est de l'Ontario (Javahery, 1990, p. 201). Dans cette étude, deux types de pièges différents sont à l'essai à savoir le piège pyramidal attractif et le piège fenêtre bidirectionnel. Cependant, bien que le but premier de cette étude fût la comparaison de ces deux types de pièges, l'issue des captures a réorienté le questionnement vers une explication de l'abondance de la punaise *A. hilare* en verger lors des saisons 2012 et 2013.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Deux types de pièges différents ont été sélectionnés pour cette étude. Un premier piège est de type attractif spécifique à la punaise du genre *Pentatomidae* utilisant une substance attractive. Le type de piège pyramidale partant du sol jusqu'à une hauteur approximative d'un mètre permet l'appât des individus adultes mais également des individus au stade larvaire. Effectivement, l'accessibilité au piège peut se faire de façon aérienne, donc par les adultes en vol mais également à partir du sol, par les adultes et les stades larvaires aptères.

Le deuxième piège, c'est-à-dire le piège fenêtre, fait obstacle au mouvement des insectes en vol. Il est davantage une représentation de la présence et de l'activité des insectes à proximité du piège (Sverdrup-Thygeson et Birkemoe, 2009, p.183).

Pièges pyramidaux

Des pièges pyramidaux ont été construits à partir de pièges pyramidaux attractifs pour charançons (Fig.1.). Plusieurs modifications ont été apportées aux pièges préexistants pour l'adapter à l'appâtée des punaises (Hemiptera : Pentatomidae). Les punaises étant plus attirées par les couleurs blanc, jaune et vert (Hogmire et Leskey, 2006), les planches triangulaires en bois (148 cm x 58cm) originalement noires ont été peinturées en blanc à l'aide de peinture blanche en aérosol. Il a fallu adapter également la pièce collectrice d'insecte pour permettre la récolte d'individus de taille plus importante soit d'environ 10 mm de plus (Charançon de la prune : 4-5mm, Punaise verte : 1.5cm) (Dubuc, 2007), pour ainsi, faciliter leur passage dans le piège et diminuer les chances de fuites. Les ouvertures des deux parties de la pièce collectrice à charançons soit la partie conique et la partie cylindrique ont été agrandis à l'aide de pince coupantes et d'une perceuse



Fig. 1. : Piège pyramidal attractif à Charançons

jusqu'à l'obtention d'ouvertures de dimensions adéquates au passage des punaises soit d'environ 5 cm pour la partie conique et d'environ 10 cm pour la partie cylindrique (diamètre totale du cylindre). La pièce collectrice du piège à charançons étant faite d'une partie où les charançons grimpent pour se retrouver dans l'autre partie collectrice

cylindrique, qui est faite d'un plastique lisse, cela permet difficilement aux insectes d'y grimper. Puisqu'il a été question d'agrandir la pièce collectrice cylindrique, il a fallu permettre aux insectes de pouvoir grimper dans cette pièce pour se retrouver dans une



Fig. 2. : Partie cylindrique de la pièce collectrice modifiée du piège pyramidale attractif à *A. hilare*

partie collectrice plus grande. À cet effet, l'intérieur de la partie cylindrique de la pièce collectrice à charançon a été tapissé d'un tissu de couleur verte (Fig. 2.). Cette couleur a été choisie en fonction des couleurs attirantes pour la punaise (blanc, vert, jaune).

La partie collectrice cylindrique du piège a été agrandie à l'aide d'une bouteille de liqueur de 2L dont l'ouverture avait été préalablement agrandie pour s'emboîter dans la petite partie cylindrique (environ 10cm). Les deux parties ont été fixées ensemble avec de la colle contact. Un petit trou a été percé à l'extrémité supérieure de la bouteille de liqueur à l'aide d'une perceuse pour permettre l'introduction d'une plaquette insecticide (Dichlorvos : 10%, 2,5 cm x 10,16 cm) et d'une plaquette attractive à base de composés imitant les essences nutritives de l'espèce attachées à la bouteille par des languettes attaches de fil de métal. Les deux plaquettes ont été positionnées le plus loin l'une de l'autre soit : la plaquette phéromone le plus près de l'ouverture inférieure et la plaquette insecticide le plus près de l'extrémité supérieure de la bouteille.



Fig. 3. : Pièce collectrice du piège pyramidale attractif à *A. hilare*

De cette manière, la substance attractive de la plaquette est le moins possible mélangée à la substance mortelle de la plaquette insecticide ce qui peut créer un effet répulsif. De petites ouvertures ont été percées sur les côtés inférieurs de la bouteille à hauteur de la plaquette phéromone pour permettre une diffusion de la substance attractive horizontalement plutôt que seulement verticalement (sous la bouteille). La partie supérieure de la bouteille de liqueur a été coupée pour permettre l'ouverture de la bouteille, la récolte et le décompte des punaises hebdomadaire.

Les 2 planches de bois triangulaires blanches ont été emboîtées et la pièce collectrice à l'extrémité supérieure des planches a été fixée à l'aide des attaches de fil de métal de manière à ce qu'elle soit le plus droite possible. Le piège pyramidal a été fixé au sol en sa base à l'aide de piquets de tentes.



Fig. 4. : Piège pyramidale attractif à *A. hilare*

Pièges fenêtres bidirectionnels

Le piège fenêtre a été confectionné avec en sa base un contenant en aluminium rectangulaire (30 x 20 x 10 cm) peinturé de couleur blanche pour éviter la réflexion du soleil pouvant produire une réponse répulsive des insectes. De petits trous ont été percés dans le fond du contenant pour éviter l'accumulation d'eau pendant les pluies ainsi que 4 trous, 2 sur chaque côté le plus long pour permettre la fixation de la plaque de plexiglas. Le contenant a été enduit de colle gluante Tangle-Trap utilisée afin de créer une surface adhérente empêchant la

fuite des insectes. La plaque de plexiglas a été découpée selon les dimensions désirées soit : 30 x 30 cm et 4 trous ont été percés (Fig. 5.), 2 aux extrémités supérieures pour permettre la suspension du piège à une branche, et 2 aux

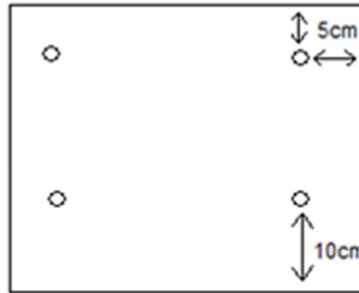


Fig. 5. : Emplacement des trous sur la plaque de plexiglass du piège fenêtre bidirectionnel

extrémités inférieures pour la faire tenir en place sur le contenant d'aluminium. Deux longueurs (environ 30cm) de fils de métal ont été coupées et passés dans les trous inférieurs de la planche de plexiglas. La planche de plexiglas a été ensuite positionnée dans le contenant d'aluminium de façon parallèle à la longueur de celui-ci et les fils ont été passés dans les trous du contenant prévus à cet effet (Fig. 6.).

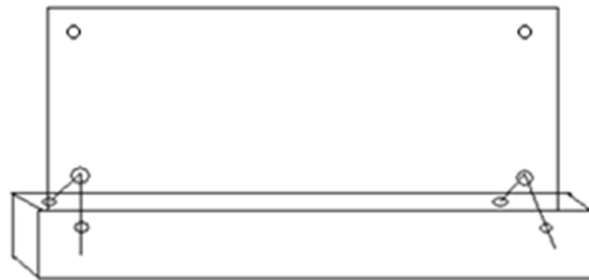


Fig. 6. : Vue de côté du piège fenêtre bidirectionnel

Le piège fenêtre a été fixé à une branche à découvert selon l'emplacement préalablement déterminé.



Fig. 7. : Piège fenêtre bidirectionnel

Choix de l'emplacement des pièges et période de relevé

Les pièges ont été posés à l'intérieur de vergers de pommiers selon des emplacements stratégiques prédéterminés. Des vergers ont été sélectionnés en fonction des observations de présence au cours de l'année 2012, soit l'année où la punaise verte (*A. hilare*) a été remarquée en grande abondance. Suite à ces observations, trois vergers ont été sélectionnés comme étant susceptibles de présenter des abondances de punaises vertes et donc considérés comme étant les emplacements les plus adéquates au déroulement de l'étude. Ceux-ci sont des vergers commerciaux dans la région de St-Joseph-du-Lac, ils ont été numérotés de 1 à 3. Les pièges ont été posés à l'intérieur du verger dans une parcelle bordée de forêt. L'essai portant sur la comparaison de l'efficacité des différents pièges comme indicateur de présence, les différents types de pièges ont été placés près les uns des autres de manière à pouvoir les comparer. Les pièges pyramidaux ont été placés sur le rang et pour chacun d'entre eux, un piège fenêtre a été placé dans un arbre à proximité (2 à 3 arbres d'intervalle). Puisque seulement 11 pièges à charançons étaient disponibles, quatre combinaisons de pièges (pyramidaux et fenêtre) ont été positionnés dans les vergers Jacques Dubeault et Julien Lauzon tandis que trois combinaisons dans le verger Yvon Gemme (voir plans en Annexe).

Les pièges ont été relevés une fois par semaine, pendant une période de 4 mois soit de la fin mai (29/05/13) à la fin septembre (25/09/13). Les plaquettes attractives ont été remplacées au cours de la saison.

Les 3 vergers utilisés pour l'essai sont des vergers commerciaux où un programme de contrôle de plusieurs insectes ravageurs est déjà en place. Plusieurs pesticides ont été utilisés dont plusieurs insecticides (voir liste des insecticides en Annexe).

Un répertoire des captures d'insectes ravageurs des dernières années est disponible au besoin dans la base de données d'Agropomme ainsi qu'une base de données des températures et précipitations cumulatives pour les années passées via environnement Canada.

RÉSULTATS

Pendant la période d'essai soit du moment où les pièges ont été posés (29 mai) jusqu'à leur retrait (25 septembre), il n'y a eu aucune capture de la punaise *A. hilare* autant pour les pièges pyramidaux que pour les pièges fenêtres et ce pour la totalité des pièges répartis dans les 3 vergers (Fig.4, 5, 6 en Annexe). Il y a eu un changement de phéromones dans les pièges pyramidaux le 24 juillet pour les vergers 1 et 2; le 31 juillet pour le verger 3. Les paquettes insecticides ont été coupés de moitié à l'intérieur de tous les pièges pyramidaux en date du : 21 août pour réduire les risques d'effet répulsif.

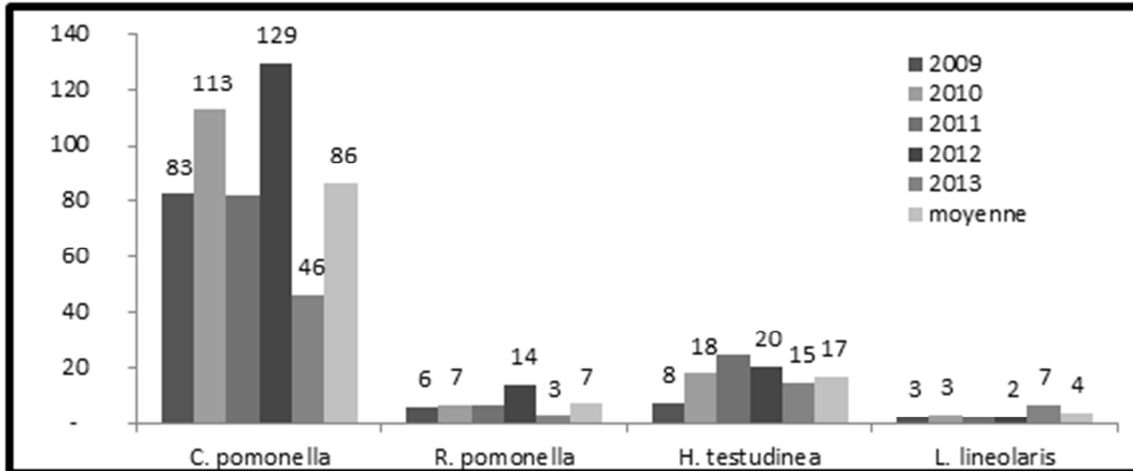


Fig. 8. : Graphique des captures moyennes du Carpacse de la pomme *C. pomonella*, de la mouche de la pomme *R. pomonella*, de l'hoplocampe de la pomme *H. testudinea* et de la punaise terne *L. lineolaris* à l'intérieur de verger de pommiers à St-Joseph-du-Lac au cours des étés 2009 à 2013

La tendance des captures moyennes des insectes ravageurs à St-Joseph-du-Lac semblent être semblable pour 3 des 4 espèces soit le Carpacse de la pomme *Cydia pomonella*, la Mouche de la pomme *Rhagoletis pomonella* et l'Hoplocampe de la pomme *Hoplocampa testudinea*. En effet, les captures moyennes des étés 2010 à 2012 sont en générale au-dessus des captures moyennes des étés 2009 et 2013 (sauf pour les captures moyennes du Carpacse de la pomme de l'été 2011). Les captures moyennes de l'été 2013 sont également sous les valeurs moyennes des captures pour l'ensemble des étés (2009 à 2013) (Fig. 8.).

L'hiver 2009 était plutôt froid, surtout en début de saison. Les températures minimales pour le mois de janvier étaient pratiquement toutes sous la barre des -10°C , soit pour 29 jours/ 31. Tandis que pour le mois de mars, 5 températures minimales se situaient sous les -15°C . La base météorologique a enregistré 3 chutes soudaines de températures de plus de 10°C par jour : du 13 au 15 janvier ($\Delta = 21,8^{\circ}\text{C}$), du 30 au 31 janvier ($\Delta = 14,6^{\circ}\text{C}$) et du 26 au 27 février ($\Delta = 11,9^{\circ}\text{C}$) (Fig. 9.).

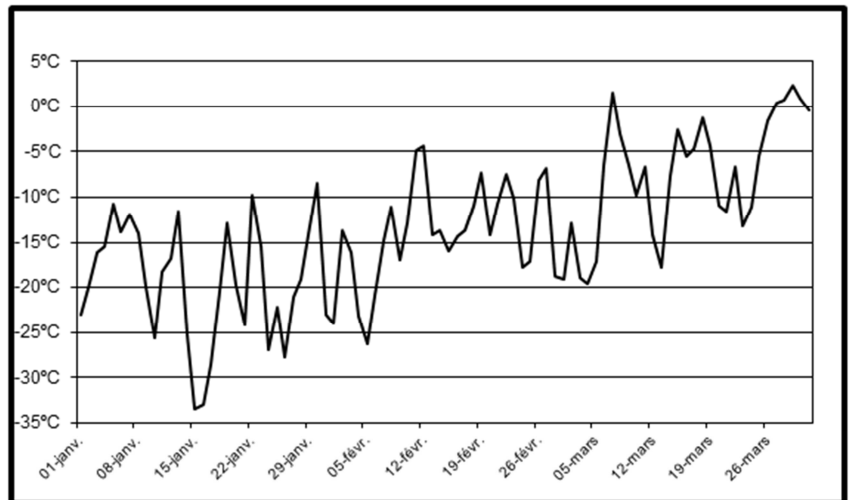


Fig. 9. : Graphique des températures minimales à St-Joseph-du-Lac au cours de l'hiver 2009

L'hiver 2013 a comporté 2 chutes soudaines de température sous la barre des -10°C soit du 16 au 17 janvier ($\Delta = 17^{\circ}\text{C}$) et du 13 au 14 mars ($\Delta = 10,2^{\circ}\text{C}$). Le tracé des températures pour cette saison indique un grand nombre de variations et ce pour les 3 mois consécutifs (Fig. 10.).

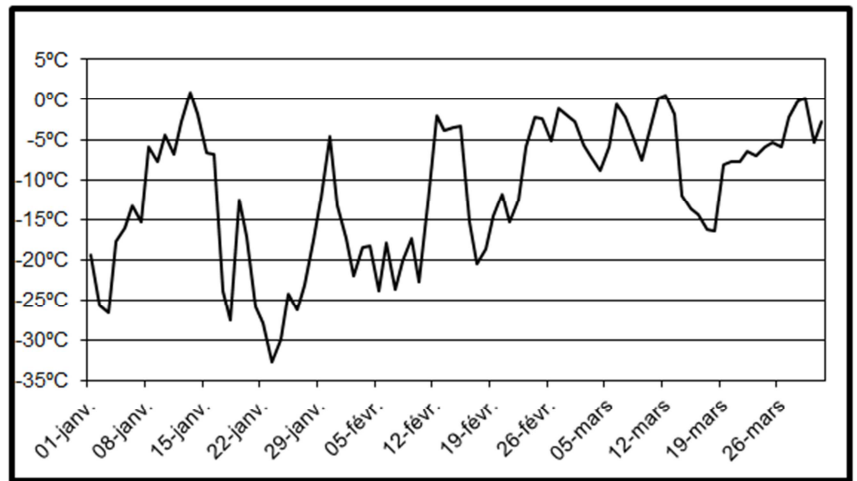


Fig. 10. : Graphique des températures minimales à St-Joseph-du-Lac au cours de l'hiver 2013

Les hivers 2009 et 2013 se sont démarqués par leurs nombres de températures minimales extrêmes. Soit de 18 (2009) et 17 (2013) sous la barre des -20°C, 8 sous les -25°C (Fig.12.).

Les hivers 2011 et 2012 ont enregistré 3 chutes soudaines de températures chacune tandis qu'il n'y en a eu aucune lors de l'hiver 2010. Les températures des hivers 2010 et 2012 indiquent des variations générales moins importantes que les autres années (Fig. 11.).

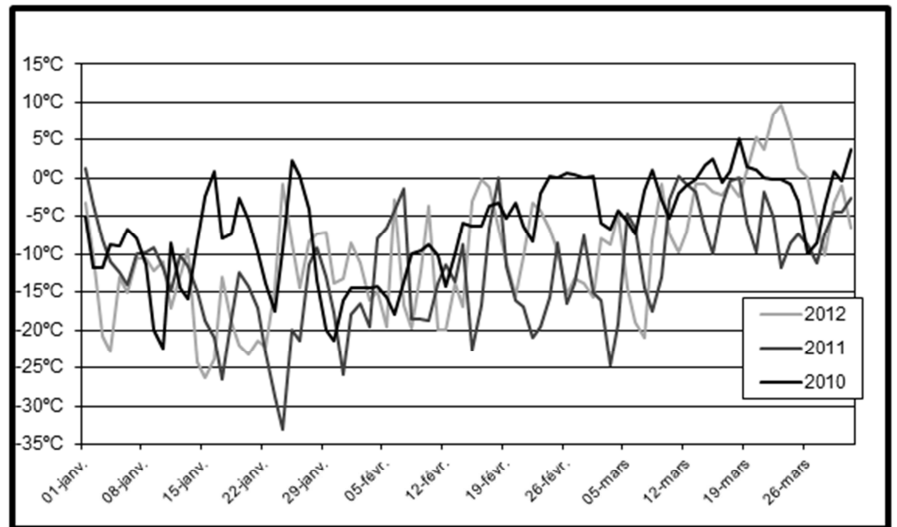


Fig. 11. : Graphiques des températures minimales à St-Joseph-du-Lac au cours des hivers 2010 à 2012

Bien que l'hiver 2011 ait enregistré d'importantes variations de températures, elle représente tout de même un hiver bien moins rigoureux que les années 2009 et 2013 avec 9 températures enregistrées sous les -20°C et seulement 4 sous les -25°C (Fig. 12.).

Hivers (01jan-31mars)	Nb jours < -15°C	Nb jours < -20°C	Nb jours < -25°C
2013	33	17	8
2012	21	9	1
2011	31	10	4
2010	9	2	0
2009	37	18	8

Fig. 12. : Tableau du nombre de jours dont la température minimale était inférieure à -15°C, -20°C et -25°C à St-Joseph-du-Lac au cours des hivers 2009 à 2013

Les températures moyennes des étés 2012 et 2013 sont similaires mais quelques différences détonnent. L'été 2012 a été plus long, plus stable et plus chaud, du 7 juin au 8 septembre, toutes les températures se maintenaient au-dessus des 15°C. La température moyenne a été supérieure à 26°C 2 fois au cours de cet été soit le 27 juin (27.2°C) et le 14 juillet (26.5°C). Tandis que l'été 2013 comportait beaucoup plus de variations, la température moyenne a chuté sous 15°C 5 fois pendant une période de 1 à 3 jours, du 11 juin au 3 septembre (11-12 juin, 16-19 juin, 24-25 juin, 5 août, 14 août). La température moyenne s'est maintenue au-dessus des 15°C du 26 juin au 4 août seulement soit 1 mois et quelques jours. De plus l'été 2013 a subi des écarts de températures beaucoup plus importants en début de saison (saison plus lente à démarrer) (Fig. 13.).

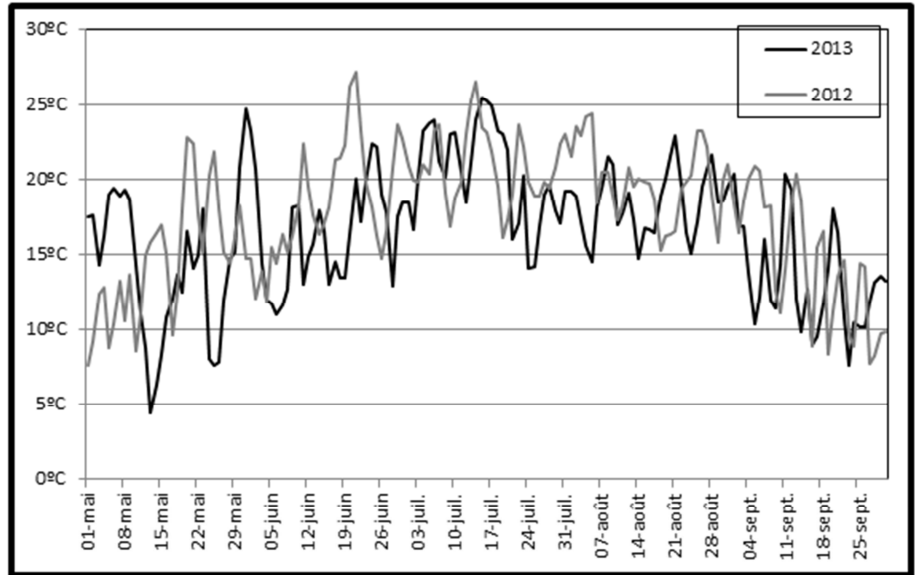


Fig. 13. : Graphique des températures moyennes à St-Joseph-du-Lac au cours des étés 2012 et 2013

Les pluies au cours de l'été 2013 ont été bien plus abondantes soit les plus importantes des 5 dernières années. Les pluies cumulatives des étés 2010 à 2013 se situent toutes généralement au-dessus des normales de saison. Tandis que l'été 2012 a été pauvre en accumulation de pluies. Les pluies cumulatives ont été sous les normales de saison et ce d'avril à septembre accentuant ainsi les risques de sécheresse. Il y a eu seulement 13 jours de pluies de plus de 10mm lors de l'été 2012 contre 25 en 2013 (Fig. 14.).

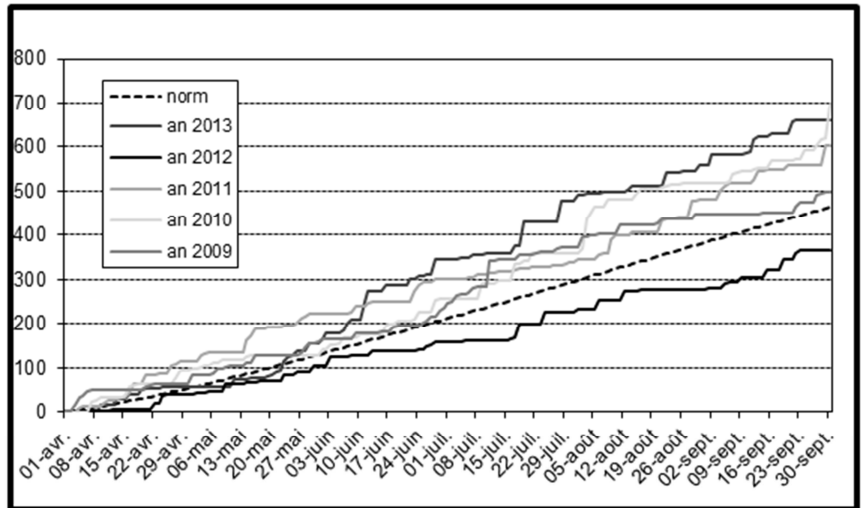


Fig. 14. : Graphique des pluies cumulatives à St-Joseph-du-Lac au cours des étés 2009 à 2013

DISCUSSION

Pièges pyramidaux et fenêtre : absence de capture

L'absence de captures de punaise peut relever du piège lui-même. Bien que les pièges pyramidaux aient attirés bon nombre d'insectes (hyménoptères, diptères, lépidoptères, coléoptères, dermoptères), il se peut qu'ils n'aient pas été adéquats à l'appâtée des punaises vertes. Bien que, lors de l'élaboration des pièges, les languettes aient été placées le plus loin l'une de l'autre, les punaises en question ont pu détecter la présence d'une substance mortelle (insecticide) mélangé à l'odeur attractive (phéromone).

La plaquette insecticide fait de Dichlorvox à 10%, semble tuer l'insecte en contact dans une période assez courte mais le pouvoir du produit sur l'insecte peut varier d'une espèce à l'autre. Effectivement, certains insectes comme les follicules (perces-oreilles) étaient retrouvés à la base de la partie conique de la pièce collectrice. Ils semblent qu'ils aient été particulièrement incommodés par l'insecticide puisqu'ils étaient atteints mortellement avant même de s'introduire dans le piège. Tandis que la découverte d'araignées mortes dans leur toile à l'intérieure du piège suggérait qu'elles aient eu le temps de tisser leur toile avant de mourir et donc que ce groupe d'arthropodes soient davantage résistant à l'insecticide employé.

Le Dichlorvox tout comme le Malathion sont des insecticides organophosphorés affectant le système nerveux de l'insecte (Vidal-Naquet, 2008) et dont la toxicité peut varier et ce même à l'intérieur d'une même famille. Chez les Noctuidés (Lépidoptères) par exemple, l'insecticide organophosphoré utilisé, le Malathion, ne semble pas avoir un grand pouvoir toxique sur ces insectes (Smirle et al, 2013, p. 2138). Cependant, il semble que cette classe d'insecticide ait une toxicité élevée pour les punaises pentatomidés, ce sont même les insecticides recommandés pour leur contrôle, notamment dans les champs de Coton et de Soya (Snodgrass et al, 2005, p. 180).

Pour éviter l'effet répulsif causé par sa détection hors du piège, il a été décidé de couper de moitié les languettes insecticides. Il est tout de même possible que l'insecte ait pu détecter les composés volatils mortels émis par l'insecticide avant son entrée dans le piège ou d'avoir bénéficié d'une période de temps assez longue pour permettre la fuite hors du piège.

Dans leur étude visant à suivre la population de punaises en vergers de pommes et de pêches, Leskey et Hogmire ont enregistré un taux élevé de fuite hors des pièges. Dans leur système de pièges pyramidaux (semblable à ceux utilisés dans cette étude), plus de la moitié des individus réussissaient à fuir hors du piège pour 3 groupes sur 4. Le nombre de capture ne semblait pas augmenter en fonction de la taille de la plaquette insecticide (1/4 et 1) (Hogmire et Leskey, 2005). Cependant, une différence majeure existe par rapport à l'insecticide utilisé, Leskey et Hogmire utilise une plaquette insecticide fait de Permethrin à 10%, soit un pyréthrianoïde (Vidal-Naquet, 2008), tandis que dans cette étude, l'insecticide employé est un organophosphoré soit le Dichlorvox à 10% ayant une plus forte toxicité sur la famille des Pentatomidés (Snodgrass et al, 2005, p. 180). De ce fait, il est possible que l'absence de capture reflète belle et bien l'abondance (nulle ou faible) de l'insecte en verger.

Concernant les pièges fenêtre, il est possible que l'insecte ait pu détecter la plaque de plexiglas, bien qu'elle fût nettoyée à chaque relevé, elle était recouverte de résidus de produits insecticides utilisés pour le contrôle des insectes ravageurs à l'intérieur du verger. Les résidus blanchâtres rendait sa détection plus facile, il est possible aussi que ceux-ci aient pu constituer un effet répulsif également pour les punaises.

Encore une fois, des insectes appartenant à plusieurs ordres différents se retrouvaient pris au piège par la colle au fond du piège. Plusieurs insectes ravageurs suivis dans le verger ont été retrouvés au fond du piège lors de leur période d'activité : (*Hoplocampa testudinea*, *Cydia pomonella*), ainsi que de nombreux insectes non ravageurs (diptères, lépidoptères, hyménoptères, odonates, etc.). Cet échantillon représentant la faune d'insecte présente dans le milieu immédiat au piège (Sverdrup-Thygeson et Birkemoe, 2009, p.183), il est à se questionner quant à la présence de la punaise verte en verger lors de l'été 2013.

Selon les résultats obtenus autant pour les pièges pyramidaux que pour les pièges fenêtres et ce, à l'intérieur des trois vergers utilisés, il est possible que l'été 2013 ait été moins propices à la prolifération des punaises vertes ou moins susceptible à leur entrée en verger. Effectivement, tous les dépisteurs travaillant en verger (Agropomme) ont observé l'insecte aucune ou quelques fois, bien moins souvent que l'année précédente (2012) où les nombreuses observations dénotaient la présence marquée de l'insecte à l'intérieur des vergers.

Comme la météo et les conditions climatiques sont connues pour affecter de manière significative la dynamique des populations d'insectes ravageurs (Kennedy et Storer, 2000) et que la température et l'humidité relative influencent directement la période d'incubation et le développement larvaire de *A. hilare* (Javahery, 1990, p. 201), il est possible que ces facteurs aient pu influencer l'effectif de la population et le comportement de la punaise *A. hilare* en verger.

Fluctuation des populations en fonction des températures minimales d'hiver

La punaise verte est un insecte qui passe l'hiver sous forme adulte (overwintering adults) ensevelis sous la litière de feuille ou sous l'écorce des arbres jusqu'à l'apparition de températures plus chaudes (Gomez et Mizell III, 2009, p.4). La baisse de température à l'automne induit généralement l'entrée en diapause de la punaise, phase selon laquelle «il y a une profonde interruption d'origine centrale et endogène [...] précédant généralement l'apparition de conditions défavorables mais ne coïncidant pas nécessairement avec la fin de l'adversité» (Kostal, 2006, p.115).

La phase de diapause chez la punaise verte est perçue grâce à son changement de couleur du vert au brun-roux (Harris et al, 1984) mais ne semble pas représenter un indicateur fiable (Seymour et Bowman, 1994, p.862). En effet, il peut être le résultat d'une résistance au froid, d'une résistance à la dessiccation ou d'un camouflage dans un changement d'habitat. (Danks, 1987).

Chez *Nezara viridula* la diapause est davantage une adaptation pour la régulation de son cycle vital plutôt qu'un mécanisme pour la survie aux températures froides (Elsey, 1993, p.569). Cependant, chez *A. hilare* la période de diapause est obligatoire, et celle-ci est critique au cycle vital de la punaise puisque l'alimentation, la copulation et la

reproduction sont influencées par plusieurs facteurs tels que la photopériode et le gel (Javahery, 1990, p.205).

L'adulte en diapause protégé par la litière, est exposé aux fluctuations de températures pendant l'hiver. La survie des individus est directement influencée par les températures hivernales et donc chaque année, un certain pourcentage d'adultes ne survit pas à l'hiver. La température minimale à la survie d'une espèce de punaise du même genre *Nezara viridula* se situent entre -10,4 à 11,7°C, tandis que pour la punaise brune de la même famille *Euschistus servus* (Say), elle est de -15°C (Elsey, 1993, p.568). Cette limite est appelée le point de super-refroidissement (supercooling point), c'est la température selon laquelle un gèle spontané survient après un refroidissement graduel (Somme, 1982). C'est une information statistique importante pour les études de tolérance au froid puisqu'elle représente la limite minimale de survie pour les espèces intolérantes au froid (Elsey, 1993, p. 567). En dessous de cette limite, la mortalité des punaises adultes en diapause est élevée.

Selon les températures enregistrées pendant l'hiver, il est donc possible d'évaluer sommairement l'abondance d'émergences d'individus au printemps (Elsey, 1993, p.567). En se fiant aux températures minimales hivernales des 5 dernières années, il est possible d'émettre une hypothèse quant à la tendance de la population de punaises verte au cours de ces années. Les hivers 2009 et 2013 ont été les plus rigoureux et marqués par les températures les plus froides (figure x-4). Il est donc probable que la population de punaises ait subi davantage de mortalité lors de ces années. En revanche, les hivers 2010, 2011 et 2012 ont été plus chauds en général et ont subi moins de températures extrêmes (< -15°C) (Figure x-4).

La température étant plus clémente et avantageuse à la survie des adultes en diapause pendant ces 3 années consécutives, il est fort probable que les printemps suivant aient été marqués d'une émergence accrue et ce, d'année en année. La régulation de la population de punaise par les températures hivernales a donc été moins importante et la population a pu croître pendant ces 3 années menant à un phénomène d'édification (build-up) de la population de punaises vertes. Selon cette hypothèse, le printemps 2012 aurait été marqué de la plus grande émergence d'adultes depuis plusieurs années.

Fluctuation des populations en fonction des températures moyennes d'été et des précipitations

Comme tous les insectes, l'activité des punaises est fortement corrélée à la température de son environnement. Selon Pesson (Charpentier, 2013, p.44), la zone d'activité normale se situe de environ 9°C à 30°C où le degré d'activité augmente jusqu'à atteindre une zone d'activité accrue pour finalement diminuer à environ 40°C (Fig.7 en Annexe). La température optimale d'activité normale serait de 20°C.

En se fiant à la banque de données des températures moyennes pour les étés 2012 et 2013 (Fig. 13.), la saison 2012 a été bien plus chaude que la saison suivante et donc il est possible de dire que l'activité des punaises (alimentation, reproduction, déplacements) a été plus importante pendant cet été .

Le déplacement des insectes est également corrélé à la quête de ressources nutritives. La punaise étant polyphage (Kamminga et al, 2009, p. 1716), elle n'est pas spécifique à une

seule essence végétale et peut varier son régime alimentaire en fonction des ressources présentes dans son milieu. Le changement d'hôtes est dit être une adaptation auprès des insectes piqueurs-suceurs de graines polyvoltins et de longue vie en réponse à une disponibilité temporelle restreinte de la source de nourriture permettant ainsi aux adultes d'exploiter un stade phénologique particulier au sein des plantes hôtes. D'autres adaptations aux restrictions de source nutritive incluent entre autres la nutrition à partir des parties végétatives disponibles, des changements comportementaux liés à l'augmentation de la recherche pour la source nutritive et l'augmentation d'activité de vol (Slansky Jr. et Panizzi, 1988). Un avantage écologique de la polyphagie est la capacité de l'herbivore à mieux survivre dans des régions aux environnements imprévisibles, physiquement difficiles ou les deux à la fois (Slansky Jr., 1976).

Il semble y avoir une forte corrélation entre les périodes de pluies et la présence en champs de culture des punaises. La punaise peste *Oebalus poecilus* appartenant à la même famille (*Pentatomidae*) et insecte ravageur dans les cultures de riz, se nourrit d'espèces végétales alternatives, soit de plantes hôtes présentes en bordure des champs de riz (Kennard, 1965). Les punaises se déplacent ensuite vers les champs de riz en période de survie défavorable lors des périodes hors-saisons, périodes qui coïncident avec l'absence de précipitation. Il est évident qu'il y ait une influence des pluies sur les populations d'*O. poecilus*, comme pour certaines saisons où le manque de précipitation a causé une très faible population de punaises dans les fossés. Le nombre d'*O. poecilus* dans les fossés varie énormément et selon Sutherland et Baharally, ces variations sont dues aux patrons de précipitations et sont le résultat de la disponibilité de source nutritive provenant de plantes hôtes alternatives pendant la saison morte de culture (Sutherland et Baharally, 2003, p.341).

Au cours des cinq dernières années, les pluies cumulatives à St-Joseph-du-lac ont presque toutes été au-dessus de la normale exception faite pour l'été 2012. En effet, cette saison a été faible en précipitations et ce, pour toute sa durée (Fig. 14.). La diminution des pluies cumulatives a pu créer un stress hydrique sur la végétation et résulter en son assèchement. La sécheresse engendrée par cette carence en eau a certainement pu avoir un impact sur la qualité de la source de nourriture végétale exploitée par la population de punaises. Il est possible que celle-ci, en quête d'une ressource nutritive de meilleur qualité, ait été attirée dans les vergers de pommiers.

Ainsi, la population de punaises s'est probablement maintenue en milieu forestier ou dans la strate arbustive en bordure des vergers de pommiers pendant les saisons 2009 à 2011 où les pluies cumulatives étaient au-dessus des normales de saison. Bien que les années 2010 et 2011 ont été propices à l'expansion de la population, celle-ci est passée inaperçue, du moins jusqu'en 2012. L'effet combiné de l'édification de la population en nombre d'individus et leur entrée en verger suite au stress hydrique a donc pu expliquer l'affluence soudaine et inattendue de la punaise *A. hilare* en verger.

Saison 2013

Suite à cette saison marquée de la présence de la punaise en verger, la saison 2013 a semblé être la période idéale pour étudier l'insecte. Il semble cependant que la punaise est disparue, pourquoi? Sa présence réduite en verger peut être expliquée par les mêmes

facteurs. Bien que la population ait atteint son apogée lors de l'été 2012, l'hiver 2013 a été bien plus rigoureux et a possiblement constitué un obstacle à la survie des adultes en diapause. La population renouvelée a donc subi un certain pourcentage de mortalité, ayant un impact sur son effectif. De plus la saison 2013 a été la plus pluvieuse de ces 5 dernières années (Fig. 14.). La population de punaises vertes a donc possiblement retrouvé son milieu d'origine (forêt, strate arbustive) composés de ces plantes hôtes d'origine.

Comparaison entre les populations de ravageurs

Bien que la présence d'espèces d'insectes ravageurs en verger ne soit pas essentiellement influencée par les températures hivernales et les pluies cumulatives d'été, il est intéressant de comparer les populations de ravageurs entres-elles.

L'effectif des populations de deux ravageurs sur quatre semble répondre à l'hypothèse d'édification de la population expliqué précédemment. Effectivement, l'effectif des populations d'un Diptère, *Rhagoletis pomonella* (Mouche de la pomme) et d'un Hyménoptère, *Hoplocampa testudinea* (Hoplocampe de la pomme) pour les 5 dernières années sont similaires selon leur tendance. C'est-à-dire que l'effectif de la population est le plus faible pour les années constituant les bornes de l'intervalle, soit les années 2009 et 2013 et plus élevé à l'intérieur de celle-ci. Bien que l'effectif de la population du Lépidoptère, *Cydia pomonella* (Carpocapse de la pomme) ne réponde pas exactement à cette tendance, l'année 2012 compte le plus d'individus des 5 dernières années (Fig. 8.). Les captures moyennes de la punaise terne ne semblent pas suivre le modèle attendu selon l'hypothèse d'édification de la population au cours des années 2010 à 2012. Bien que l'insecte appartienne au même ordre que la punaise *A. hilare*, il est possible qu'il ne soit pas influencé par les mêmes paramètres et qu'il comporte des différences par exemple au niveau de son cycle vital ou de son comportement d'adaptation induisant une réponse différente. Pour comprendre la tendance des captures de la punaise terne, il faudrait se pencher sur ces différences et étudier l'espèce en particulier.

Bien que cette étude a permis une meilleure compréhension de la dynamique de la population de punaises vertes au cours des dernières années à partir de la mise en relation de facteurs influant tels que les températures hivernales et les pluies cumulatives, le but premier de l'étude n'a pas été accompli. Il serait approprié de refaire l'étude dans les années futures pour permettre une sélection de pièges adéquats au suivie de la punaise *A. hilare* en vergers. Si les conditions sont favorables, il est possible que celle-ci soit retrouvée en abondance dans les vergers et qu'elle soit responsable de dommages sur fruit considérables. Il est donc nécessaire de développer un type de piège efficace pour débiter le contrôle de la population à savoir l'évaluation de la présence et de l'abondance de l'insecte, l'établissement d'un seuil d'action, l'évaluation de l'efficacité d'insecticides, etc.

RÉFÉRENCES

- CHARPENTIER G., 2013, Notes de cours, ECL-1002 : Écologie des insectes et problèmes de contrôle, Université du Québec à Trois-Rivières, Département de Chimie-Biologie, p.1-75. P.44
- DANKS H. V., 1987, Insect Dormancy: an ecological perspective, Biological Survey of Canada (Terrestrial Arthropods), Ottawa, Canada.
- DUBUC Y., 2007, Les insectes du Québec: guide d'identification, p.1-456
- ELSEY D. K., 1993, Cold Tolerance of the Southern Green Stink Bug (Heteroptera: Pentatomidae), United State Vegetable Laboratory, Environmental Entomology Vol. 22 no. 3, p. 567-570.
- GOMEZ C. and F. MIZELL III R., February 2009, Green stink bug, *Acrosternum hilera* (Say) (Insecta: Hemiptera: Pentatomidae), University of Florida, IFAS Extension, p. 1-5. (Gomez et Mizell III, 2009, p.4) p.4
- HARRIS, V. E., J. S. Todd & B. G. Mullinix, 1984, Color Change as Indicator of Adult Diapause in the Southern Green Stink Bug *Nezara viridula*, J. Agric. Entomol. 1, p. 82-91
- HOGMIRE W. H. (e.d.), 1995, Mid-Atlantic Orchard Monitoring Guide, NRAES-75, Northeast Regional Agriculture Engineering Service, Ithaca, NY.
- HOGMIRE W. H. and LESKEY C. T., 2005, Monitoring Stink Bugs (Hemiptera: Pentatomidae) in Mid- Atlantic Apple and Peach Orchards, J. Econ. Entomol. 98(1), p. 143-153
- HOGMIRE W. H. and LESKEY C. T., 2006, An Improved Trap Monitoring Stink Bugs (Heteroptera: Pentatomidae) in Apple and Peach Orchards, J. Entomol. Sci. 41(1), p. 9-21
- JAVAHERY M., 1990, Biology and Ecological Adaption of the Green Stink Bug (Hemiptera: Pentatomidae) in Quebec and Ontario, Ann. Entomol. Soc. Am. 83, p. 201-206.
- KAMMINGA L. K., HERBERT D. A., KUHAR P. T., BREWSTER C. C., 2009, Predicting Black Light Trap Catch and Flight Activity of *Acrosternum hilare* (Hemiptera : Pentatomidae) Adults, Environmental Entomology, 38(6), p. 1716-1723.
- KENNARD, C. P., 1965, Pests and diseases of rice in British Guiana and their control, FAO Plant Protection Bulletin, 13, p. 73 – 78.
- KENNEDY, G. G. and STORER, N. P., 2000, Life systems of polyphagous arthropod pests in temporally unstable cropping systems, Annual Review of Entomology, 45, p. 467 – 493.

- KOSTAL V., 2006, Eco-physiological phases of insect diapause, *Journal of Insect Physiology*, 52, p. 113–127.
- MCPHERSON J. E., MCPHERSON R. M., 2000, *Stink bugs of economic importance in America north of Mexico*, CRS Press, New York.
- MILES P. W., 1972, The saliva of Hemiptera, *Adv. Insect Physiol* (9), p.183-255.
- SEYMOUR E. J., BOWMAN J. G., 1994, Russet Coloration in *Nezara viridula* (Hemiptera: Pentatomidae) an Unreliable Indicator of Diapause, *Environ. Entomol.* 23(4), p.860-863.
- SIMMONS M. A., YEARGAN V. K., 1988, Development and Survivorship of the Green Stink Bug, *Acrosternum hilare* (Hemiptera: Pentatomidae) on Soybean, *Environ. Entomol.* 17(3), p.527-532.
- SLANSKY Jr. F., 1976, Phagism Relationships in Butterflies, *J. N.Y. Entomol. Soc.*, 84, p.91-105.
- SLANSKY Jr. F. and PANIZZI A. R., 1988, Nutritional Ecology of Seed-Sucking Insects, pp. 283-319.
- SMIRLE J. M., ZUROWSKI L. C., LOWERY D. T., MOSTAFA M. A., 2013, Insecticide Susceptibility of Three Species of Cutworm (Lepidoptera: Noctuidae) Pests of Grapes, *Journal of Economic Entomology*, 106 (5), p. 2135-2140. (Smirle and al, 2013, p. 2138) p. 2138
- SNODGRASS L. G., ADAMCZYK JR J. J., GORE J., 2005, Toxicity of Insecticides in a Glass-Vial Bioassay to Adult Brown, Green, and Southern Green Stink Bugs (Heteroptera: Pentatomidae), *Journal of Economic Entomology*, 98(1), p. 177-181. (Snodgrass and al, 2005, p. 180) p. 180
McPherson et al, 1999, Willrich et al, 2000 dans A-35
- SOMME L., 1982, Supercooling and Winter Survival in Terrestrial Arthropods, *Comp. Biochem. Physiol. A Comp. Physiol.*, 73, p. 519-543.
- SUTHERLAND J. P. and BAHARALLY V., October-December 2003, The Influence of Weather on the Population Dynamics of the Rice Stink Bug and the Implications for Integrated Pest Management, *International Journal of Pest Management*, 49(4), p. 335–342.
- SVERDRUP-THYGESON A., BIRKEMOE T., 2009, What window traps can tell us: effect of placement, forest openness and beetle reproduction in retention trees, *J Insect Conserv* 13, p. 183–191.

VIDAL-NAQUET N., dimanche 09 mars 2008 , Une classification des insecticides,
<http://www.apivet.eu/2008/03/une-classificat.html>, Apivet.eu, consulté le 24 nov. 13.

ANNEXE

Liste des insecticides utilisés dans les vergers commerciaux du 30 avril au 27 aout :
Agrimek, Altacor, Apollo, Assail, Decis, Envidor, Imidan, Intrepid, Kanemite, Pounce,
Sevin, Success.



Fig. 1. : Plan de l'emplacement des pièges pyramidaux attractifs et des pièges fenêtres bidirectionnels à l'intérieur du verger 1

Verger 2

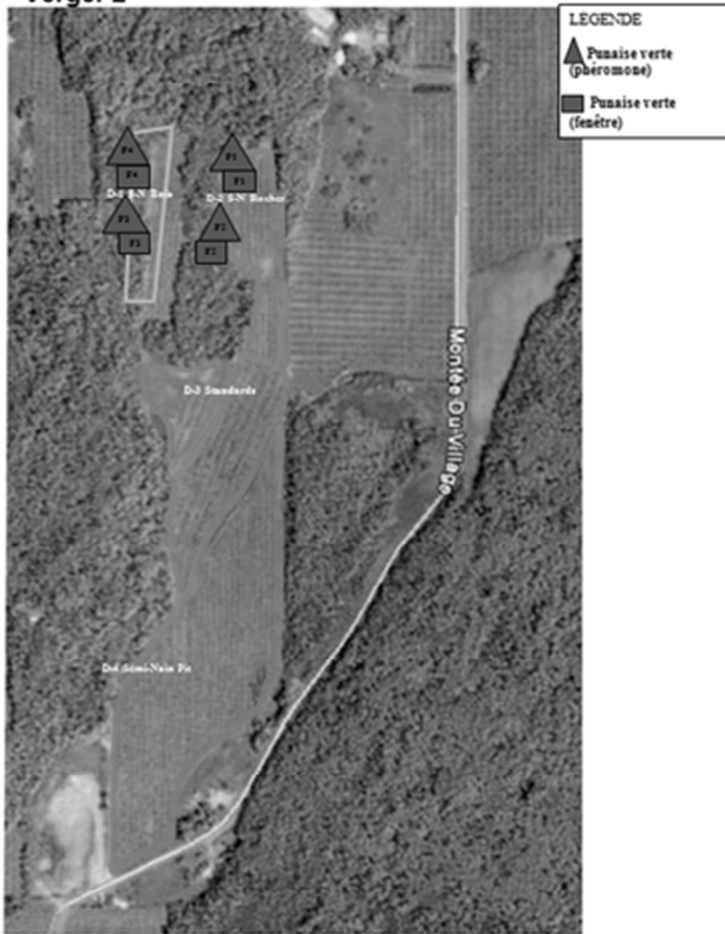


Fig. 2. : Plan de l'emplacement des pièges pyramidaux attractifs et des pièges fenêtres bidirectionnels à l'intérieur du verger 2

Verger 3

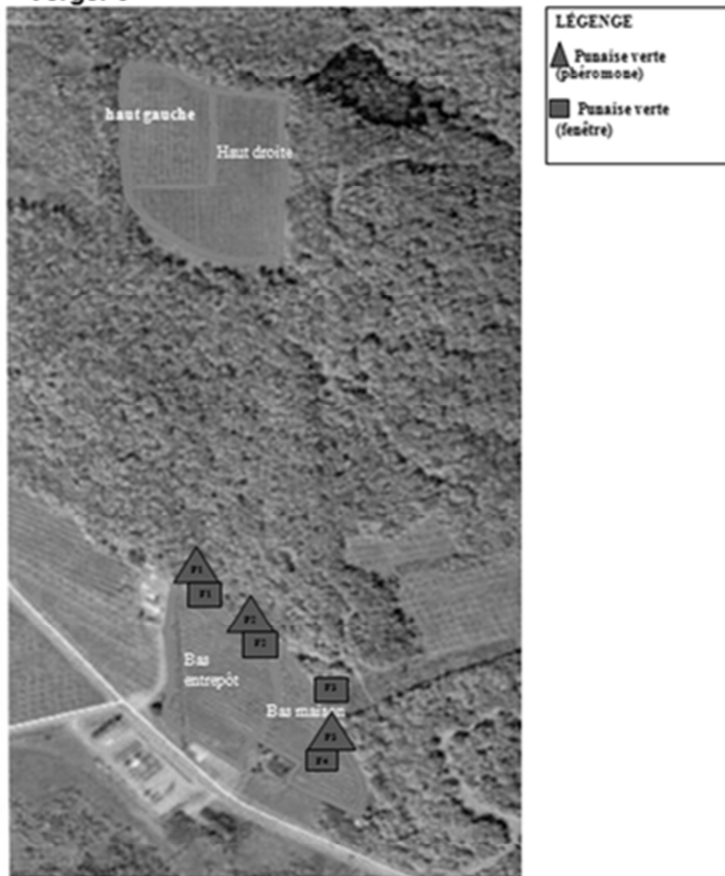


Fig. 3. : Plan de l'emplacement des pièges pyramidaux attractifs et des pièges fenêtres bidirectionnels à l'intérieur du verger 3

Verger 1								
Date	P1	P2	P3	P4	F1	F2	F3	F4
29-mai	0	0	0	0	0	0	0	0
05-juin	0	0	0	0	0	0	0	0
12-juin	0	0	0	0	0	0	0	0
19-juin	0	0	0	0	0	0	0	0
26-juin	0	0	0	0	0	0	0	0
03-juil	0	0	0	0	0	0	0	0
10-juil	0	0	0	0	0	0	0	0
17-juil	0	0	0	0	0	0	0	0
24-juil	0	0	0	0	0	0	0	0
CHANGEMENT PHÉROMONES								
31-juil	0	0	0	0	0	0	0	0
07-août	0	0	0	0	0	0	0	0
14-août	0	0	0	0	0	0	0	0
21-août	0	0	0	0	0	0	0	0
28-août	0	0	0	0	0	0	0	0
04-sept	0	0	0	0	0	0	0	0
11-sept	0	0	0	0	0	0	0	0
18-sept	0	0	0	0	0	0	0	0
25-sept	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 4. : Tableau des captures d'*A. hilare* des pièges pyramidaux attractifs (P 1, 2, 3,4) et des pièges fenêtrés bidirectionnels (F 1, 2, 3,4) à l'intérieure du verger 1

Verger 2								
Date	P1	P2	P3	P4	F1	F2	F3	F4
29-mai	0	0	0	0	0	0	0	0
05-juin	0	0	0	0	0	0	0	0
12-juin	0	0	0	0	0	0	0	0
19-juin	0	0	0	0	0	0	0	0
26-juin	0	0	0	0	0	0	0	0
03-juil	0	0	0	0	0	0	0	0
10-juil	0	0	0	0	0	0	0	0
17-juil	0	0	0	0	0	0	0	0
24-juil	0	0	0	0	0	0	0	0
CHANGEMENT PHÉROMONES								
31-juil	0	0	0	0	0	0	0	0
07-août	0	0	0	0	0	0	0	0
14-août	0	0	0	0	0	0	0	0
21-août	0	0	0	0	0	0	0	0
28-août	0	0	0	0	0	0	0	0
04-sept	0	0	0	0	0	0	0	0
11-sept	0	0	0	0	0	0	0	0
18-sept	0	0	0	0	0	0	0	0
25-sept	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 5. : Tableau des captures d'*A. hilare* des pièges pyramidaux attractifs (P 1, 2, 3,4) et des pièges fenêtrés bidirectionnels (F 1, 2, 3,4) à l'intérieure du verger 2

Verger 3							
Date	P1	P2	P3	F1	F2	F3	F4
29-mai	0	0	0	0	0	0	0
05-juin	0	0	0	0	0	0	0
12-juin	0	0	0	0	0	0	0
19-juin	0	0	0	0	0	0	0
26-juin	0	0	0	0	0	0	0
03-juil	0	0	0	0	0	0	0
10-juil	0	0	0	0	0	0	0
17-juil	0	0	0	0	0	0	0
24-juil	0	0	0	0	0	0	0
31-juil	0	0	0	0	0	0	0
CHANGEMENT PHÉROMONES							
07-août	0	0	0	0	0	0	0
14-août	0	0	0	0	0	0	0
21-août	0	0	0	0	0	0	0
28-août	0	0	0	0	0	0	0
04-sept	0	0	0	0	0	0	0
11-sept	0	0	0	0	0	0	0
18-sept	0	0	0	0	0	0	0
25-sept	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 6. : Tableau des captures d'*A. hilare* des pièges pyramidaux attractifs (P 1, 2,3) et des pièges fenêtres bidirectionnels (F 1, 2, 3,4) à l'intérieure du verger 3

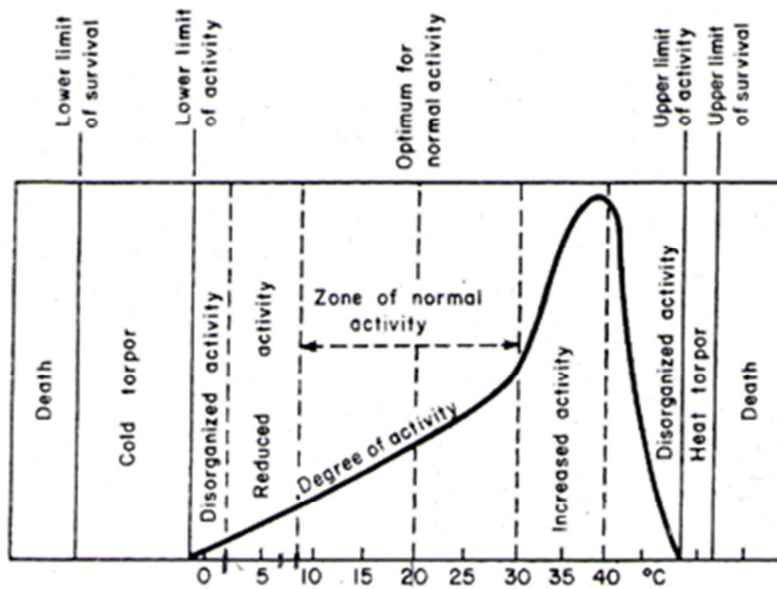


Fig. 7. : Activité des insectes en relation avec la température (Pesson 1958)

Section dommages

Lors de l'été 2013, j'ai pu collaborer avec Manon Laroche, agronome-chercheur au CRAM (Centre de Recherche Agroalimentaire de Mirabel) qui elle-même dirigeait une étude sur la punaise verte *A. hilare*, plus précisément sur la nature des dommages sur pommes causés par cet insecte ainsi que d'autres espèces de *Pentatomidae*. À l'aide de manchons, il était question d'introduire et d'isoler des individus adultes sur une partie de l'arbre et d'observer l'évolution des dommages. Cette collaboration a permis l'élaboration d'un premier diagramme sommaire permettant l'identification des dommages de punaises *Pentatomidae* ainsi que la comparaison avec d'autres dommages semblables mais d'origines différentes pouvant être confondus.

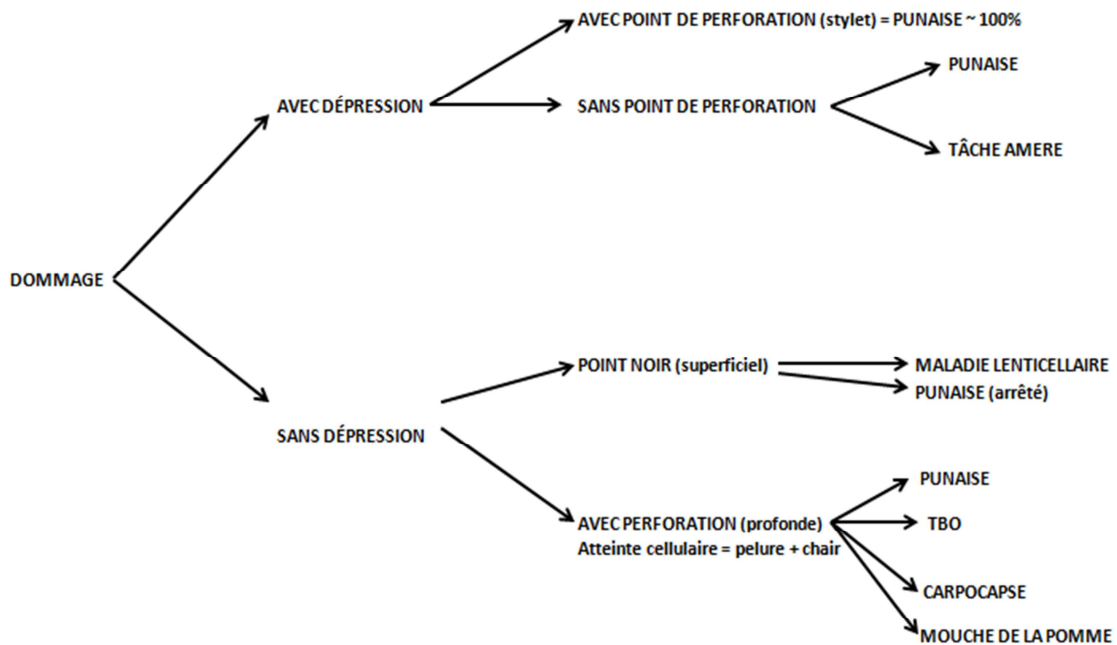


Fig. 15. : Diagramme pour la reconnaissance de dommages de punaises *Pentatomidae* sur pomme

DOMMAGES

AVEC DÉPRESSION ET PERFORATION

(Punaise ~100%)

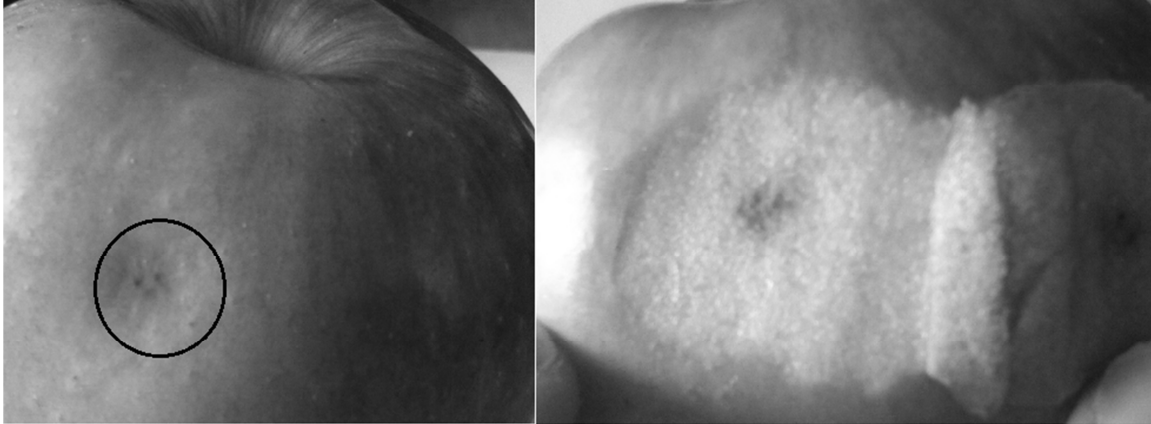


Fig. 1: Dommage de punaise sur pomme avec dépression et perforation

Il y a de fortes chances qu'un dommage comportant une zone de dépression et une ou plusieurs perforations au centre de cette zone soit causé par une punaise Pentatomidé. Le dommage typique de la punaise est caractérisé d'une part par une perforation due à la pénétration du stylet dans la pomme et d'autre part par une dépression causé par la nécrose des tissus endommagés dû à l'injection de substances digestives dans le fruit (Slansky & Panizzi, 1988).

AVEC DÉPRESSION SANS PERFORATION

Punaise?

Ou

Tâche amère?

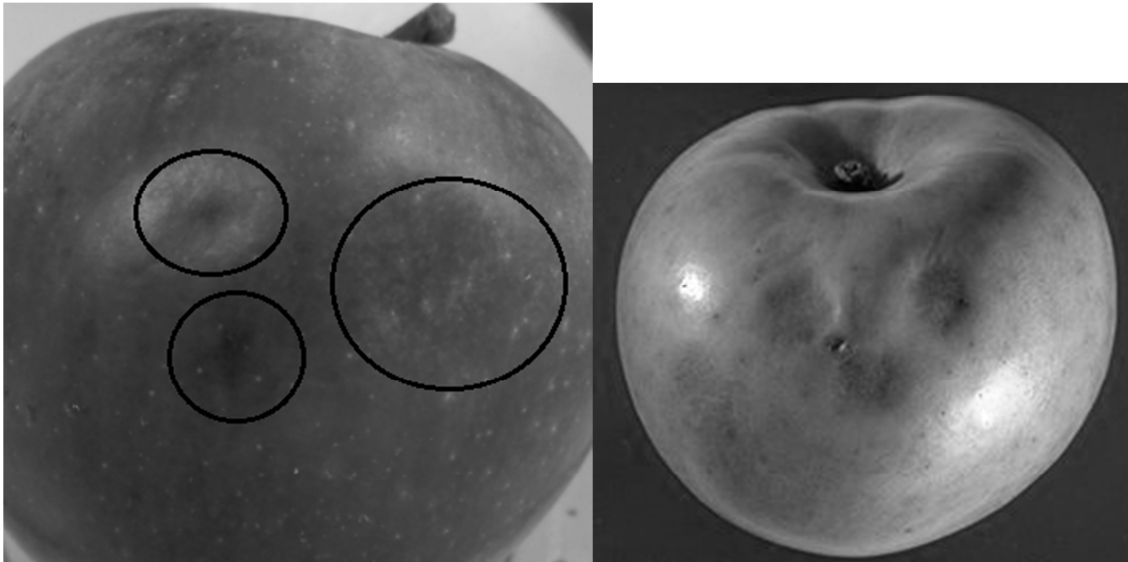


Fig. 2: a) Dommage avec dépression sans perforation (Laroche M.) b) Symptôme de tâche amère sur pomme (Funt et Ellis)

Indice : Il est possible de différencier les dommages causés par la punaise de la maladie de la tâche amère en observant la répartition des dommages. Effectivement, la tâche

amère est un désordre physiologique au niveau des fruits de l'arbre (Funt et Ellis) donc, si les dommages sont répandus sur la majorité des pommes uniformément dans l'arbre complet, il se peut que ce soit davantage lié à la tâche amère puisque la maladie atteint l'arbre entier. Tandis que les dommages de punaises se retrouveront sur certaines pommes en particulier dans l'arbre. De plus, si l'arbre en question est une variété sensible au développement de la tâche amère comme la Délicieuse (Funt et Ellis), il y a plus de chance que l'arbre en soit atteint.

SANS DÉPRESSION AVEC POINT NOIR (superficielle)

Punaise?

Ou

Dégradation des lenticelles

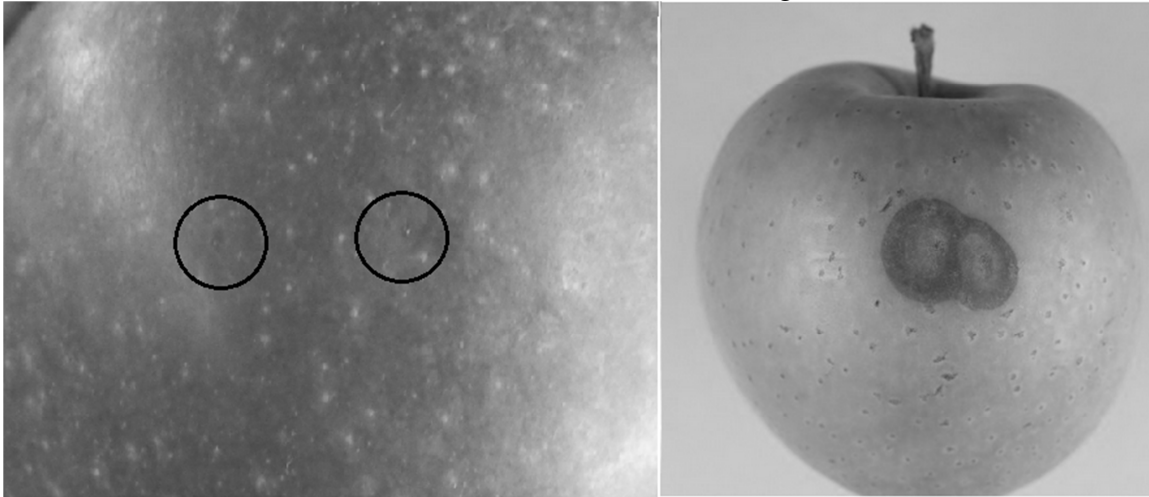


Fig. 3 : a) Dommage sur pomme avec perforation (Laroche M.) b) Symptôme de la dégradation des lenticelles (Ctifl)

Indice : Un dommage comportant qu'un point noir sans dépression peut être d'une part une pique de punaise arrêtée (incomplète) d'autre part, le développement primaire de la dégradation des lenticelles. La distinction est possible par le développement du dommage, il restera tel quel en cas de pique incomplète de punaise et s'aggravera en cas de dégradation des lenticelles: caractérisée par des lenticelles brunes ou noires auréolées de petites taches brunes superficielles (Ctifl).

SANS DÉPRESSION AVEC PERFORATION
(profonde)
Punaise?

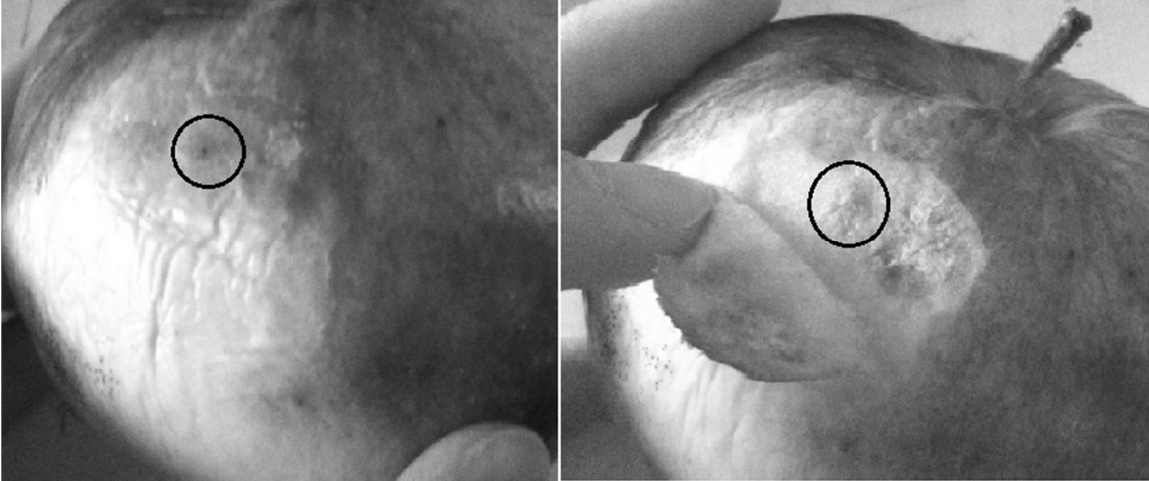


Fig. 4: Dommage sur pomme avec perforation profonde

Ou Carpocapse de la pomme?



Fig. 5. : Dommage sur pomme de Carpocapse de la pomme *C. pomonella* (MAAARO)

Indice : Le dommage du carpocapse de la pomme est caractérisé par un trou percé par la larve qui entre dans la pomme pour s'en nourrir et d'excréments en bordure du trou (MAAARO). La pomme peut comporter 2 trous indiquant l'entrée et la sortie de la larve, s'il n'y a qu'un seul trou, la larve se trouve encore dans la pomme, ses déplacements sont facilement reconnaissables aux tunnels qu'elle laisse en mangeant (MAAARO).

Ou Tordeuse à bandes obliques (TBO)?



Fig. 6. : Dommage sur pomme de la Tordeuse à bandes obliques *C. roseceana* (MAAARO)

Indice : Les dommages de TBO sur pomme sont caractérisés par de petits trous circulaires à la surface du fruit souvent côte à côte (MAAARO). Il peut rester un résidu de soie produite par la larve.

Ou Mouche de la pomme?

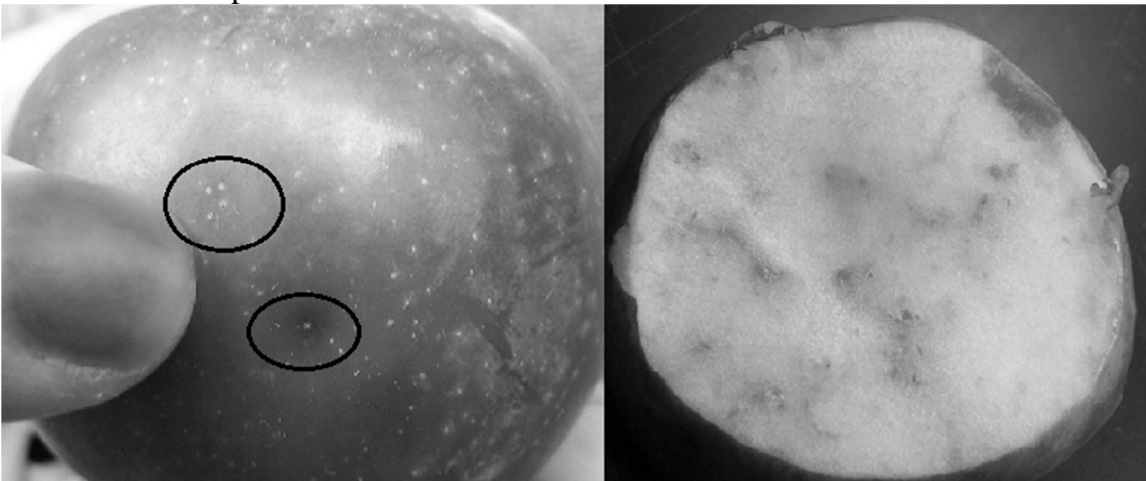


Fig. 7. : Dommage sur pomme de la Mouche de la pomme *R. pomonella* (MAAARO)

Indice : Les dommages causés par la mouche de la pomme sont caractérisés par de petits trous issus de la ponte. Les larves laisseront plusieurs petits tunnels de chairs brunies à l'intérieure de la pomme (MAAARO).

Références :

SLANSKY Jr. F., PANIZZI A. R., 1988, Nutritionnal Ecology of Seed-Sucking Insects, pp. 283-319.

FUNT C. R., ELLIS A. M., Cork Spot and Bitter Pit of Apples, <http://ohioline.osu.edu/hyg-fact/1000/1403.html>, The Ohio State University, consulté le 02 décembre 2013

Janvier 2002, <http://www.fruits-et-legumes.net/>, Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes, Consulté 02 décembre 2013

2009, <http://www.omafra.gov.on.ca/IPM/french/apples/>, Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires Rurales de l'Ontario (MAAARO), L'Ipomiculture Ontario, Consulté ; 02 décembre 2013