

Absence d'effet de l'aménagement de plates-bandes florales sur les populations de pucerons et de prédateurs aphidiphages en vergers de pommiers

Jennifer De Almeida⁽¹⁾, Daniel Cormier⁽²⁾ & Éric Lucas^{(1)*}

⁽¹⁾ Département des Sciences biologiques, Université du Québec à Montréal, C.P. 8888, Montréal (Qc) H3C 3P8.

⁽²⁾ Institut de recherche et de développement en agroenvironnement, 3300, rue Sicotte, Saint-Hyacinthe (Qc) J2S 7B8.

* Tél: +1-514-987-3000 poste 3367, Fax: +1-514-987-4647, E-mail: lucas.eric@uqam.ca

Reçu le 7 mai 2014, accepté le 23 juin 2014.

L'étude portait sur l'impact de l'établissement d'une plate-bande de fleurs, composée d'achillée millefeuille (*Achillea millefolium* L.) et de verge d'or du Canada (*Solidago canadensis* L.) (Asteraceae), sur le puceron vert du pommier *Aphis pomi* De Geer et sur les prédateurs aphidiphages, dans trois vergers de pommiers commerciaux au Québec. Les arthropodes ont été échantillonnés en 2008 à l'aide de pièges collants blancs et d'observations visuelles dans des parcelles de pommiers aménagées (avec plate-bande de fleurs) et non aménagées (avec couvre-sol naturel) du verger, ainsi qu'au sein même de la plate-bande et du couvre-sol naturel. Les prédateurs les plus communs retrouvés sur les pièges collants blancs étaient les Araneae, les Chrysopidae, les Coccinellidae, les Hemerobiidae et les Syrphidae. Les observations du feuillage des pommiers ont dénoté la présence principale des Coccinellidae, Cecidomyiidae et Araneae. L'abondance des populations d'*A. pomi* n'était pas différente entre les parcelles aménagées et non aménagées. La plate-bande de fleurs n'a pas joué son rôle attractif attendu et l'abondance des populations de prédateurs n'était pas différente du couvre-sol naturel.

Mots-clés: aménagement, bandes fleuries, *Achillea millefolium*, *Solidago canadensis*, verger de pommiers, prédateurs, Araneae, Coccinellidae, Syrphidae, *Aphis pomi*.

The study aims to evaluate the impact of a flower strips composed of the common yarrow (*Achillea millefolium* L.) and the Canada goldenrod (*Solidago canadensis* L.) (Asteraceae), on the green apple aphid *Aphis pomi* De Geer and on aphidophagous predators, in three commercial apple orchards in Quebec (Canada). The arthropods were sampled in 2008 using white sticky traps and visual observations in managed (close to floral strips) and unmanaged plots (natural ground cover) in the orchards, and also within the floral strips and the natural groundcover. The more common predatory groups on sticky traps were Araneae, Chrysopidae, Coccinellidae, Hemerobiidae and Syrphidae. Visual observations of apple leaves revealed mainly Coccinellidae, Cecidomyiidae and Araneae. The abundance of both *A. pomi* and aphidophagous predators populations was not different in control and managed plots. The floral strips did not have the expected effect.

Keywords: management, floral strips, *Achillea millefolium*, *Solidago canadensis*, apple orchard, predator, Araneae, Coccinellidae, Syrphidae, *Aphis pomi*.

1. INTRODUCTION

L'aménagement végétal a pour but d'attirer et de maintenir les populations de prédateurs aux abords ou à l'intérieur de la culture afin de fournir des ressources telles que le pollen, le nectar, des proies alternatives, des refuges, des sites de pontes et de reproduction (Root, 1973; Altieri & Liebman, 1986; Altieri, 1994; Baggen & Gurr, 1998; Zehnder *et al.*, 2007). Dans un système agricole, l'aménagement végétal peut jouer un rôle prédominant pour améliorer la lutte biologique aux ravageurs et réduire l'utilisation de traitements chimiques (Root, 1973; Andow, 1990; Thomas & Marshall, 1999). En verger de pommiers conventionnel, une soixantaine de ravageurs attaquent le tronc, les tiges, les feuilles, les bourgeons, les fleurs et les fruits (Chouinard, 2001). Plusieurs pesticides chimiques utilisés appartenant aux familles des organophosphorés et des carbamates causent également une mortalité significative chez les arthropodes bénéfiques (Solomon *et al.*, 2000). Les pyréthriinoïdes, également utilisés en vergers, ont aussi des effets néfastes sur les insectes bénéfiques (CRAAQ, 2010). L'aménagement végétal peut être utilisé comme alternative aux traitements chimiques pour réduire les populations de ravageurs en-dessous du seuil de dommages économiques. L'aménagement du couvre-sol en verger est le type d'aménagement le plus documenté (Yan *et al.*, 1997; Brown & Glenn, 1999; Rieux *et al.*, 1999; Kinkorova & Kocourek, 2000; Minarro & Dapena, 2003) mais son efficacité sur les arthropodes n'est pas concluante. Les études en verger de pommiers génèrent des résultats contradictoires. L'effet du couvre-sol peut être soit positif avec une augmentation des populations de prédateurs (Nabidae, Anthocoridae) et une réduction de l'abondance des ravageurs (Miridae) (Yan *et al.*, 1997; Kinkorova & Kocourek, 2000); soit négatif avec une augmentation des populations de ravageurs (Aphididae, Cicadellidae) (Brown & Glenn, 1999). De plus, certaines études ne démontrent aucun effet de l'aménagement du couvre-sol sur les populations d'arthropodes bénéfiques (Cecidomyiidae, Coccinellidae, Araneae, Figitidae) (Fréchette *et al.*, 2008) mais parviennent parfois tout de même à réduire les populations de ravageurs (Tortricidae) (Irvin *et al.*, 2006). Ceci signifie que la corrélation entre les aménagements végétaux et l'abondance de

prédateurs et de ravageurs n'est pas claire. L'aménagement d'une plate-bande de fleurs en verger de pommiers est très peu documenté. L'effet attractif des plates-bandes de fleurs sur les arthropodes bénéfiques a été démontré dans la plupart des études (Anthocoridae, Araneae, Cantharidae, Cecidomyiidae, Chrysopidae, Coccinellidae, Encyrtidae, Eupelmidae, Forficulidae, parasitoïdes Hymenoptera, Ichneumonidae, Miridae, Nabidae, Scelionidae, Staphylinidae, Syrphidae) (Leius, 1967; Wyss, 1995; Wyss, 1996; Fitzgerald & Solomon, 2004) mais cet effet ne se traduit pas systématiquement par une réduction du niveau des populations de ravageurs (Cercopidae, Cicadellidae, Curculionidae, Geometridae, Lymanthriidae, Psyllidae, Scolytidae, Tortricidae, Yponomeutidae) (Wyss, 1996; Fitzgerald & Solomon, 2004). Un exemple de réussite est l'étude de Wyss (1995) menée dans un verger de pommiers en Suisse, dans laquelle une plate-bande de fleurs composée de 20 espèces végétales (dont sept Asteraceae) a permis d'augmenter neuf familles de prédateurs aphidiphages et de réduire les populations de deux pucerons, *Aphis pomi* De Geer, 1783 et *Dysaphis plantaginea* (Passerini 1860). Dans la présente étude, deux Astereaceae vivaces, communes au Québec, *Achillea millefolium* L., 1753 et *Solidago canadensis* L., 1753. ont été sélectionnées en fonction de quatre critères principaux : 1) elles n'appartiennent pas à la famille du pommier (pour minimiser l'attraction des ravageurs du pommier); 2) leur période de floraison a lieu après celle du pommier (pour ne pas interférer avec les pollinisateurs); 3) leurs périodes de floraison se recoupent ce qui permet d'avoir une floraison qui dure tout l'été (dans le but de maximiser les ressources disponibles pour les prédateurs); 4) elles sont reconnues pour attirer les ennemis naturels (Marie-Victorin *et al.*, 2002). *Achillea millefolium* fleurit de juin à septembre (Marie-Victorin *et al.*, 2002). C'est une plante attractive pour les prédateurs aphidiphages tels que les Syrphidae et les Coccinellidae, mais aussi pour les proies potentielles tels que les pucerons (Bostanian *et al.*, 2004; Colley & Luna, 2000; Meiners & Obermaier, 2004). C'est l'une des plantes les plus utilisées en aménagement végétal (Colley & Luna, 2000). *Solidago canadensis* fleurit du milieu de l'été jusqu'à l'automne (Marie-Victorin *et al.*, 2002). Ses

nombreuses fleurs jaunes attirent plusieurs prédateurs tels que les Syrphidae (de Groot *et al.*, 2007; Robson, 2008) ainsi que les pollinisateurs Apidae (Robson, 2008). Le genre *Solidago* est également connu pour attirer les Coccinellidae, les Chrysopidae et les Cecidomyiidae (*Aphidoletes* sp.) (Sholes, 1984). Le but de ce projet de recherche était d'évaluer l'effet de l'aménagement d'une plate-bande de fleurs composée d'*A. millefolium* et de *S. canadensis*, dans un verger de pommiers, sur le ravageur *A. pomi* et sur les populations de prédateurs. Nous avons comme hypothèse que la plate-bande de fleurs augmenterait les populations de prédateurs près de l'aménagement végétal et qu'elle réduirait les populations d'*A. pomi* présentes sur les pommiers.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 Vergers de pommiers

L'étude a été menée dans trois vergers de pommiers commerciaux en production fruitière intégrée situés à Compton (45.238356° N; -71.854711° O), Stanstead (45.075421° N; -72.069612° O) et Magog (45.213273° N; -72.135468° O) (Québec, Canada). Tous les pommiers étaient sur des porte-greffes nains ou semi-nains (distance entre les rangs de 4,2 à 6,2 m; distance entre les arbres de 2 à 3,2 m). Chaque parcelle était composée d'un seul cultivar. Les différents cultivars présents dans les trois vergers étaient McIntosh, Paulared, Lobo, Cortland et Spartan. Les ravageurs étaient gérés par

l'application de traitements chimiques. L'azinphos-méthyl était appliqué tous les ans au stade nouaison contre l'hoplocampe des pommes, *Hoplocampa testudinea* (Klug, 1814) (Tenthredinidae), et du phosalone ou du phosmet était appliqué entre la fin juin et la fin juillet contre le carpocapse de la pomme, *Cydia pomonella* (L., 1758). (Tortricidae). Une seconde application de phosmet avait été effectuée en juillet 2006 dans le verger de Compton contre l'hoplocampe des pommes. De la deltaméthrine a été appliquée dans le verger de Compton au début mai 2007 contre la punaise terne *Lygus lineolaris* (Palisot de Beauvois, 1818) (Miridae) et du phosmet a été appliqué à Compton à la fin juillet 2007 et 2008 pour lutter contre la mouche de la pomme *Rhagoletis pomonella* Walsh, 1867 (Tephritidae). Un acaricide (huile supérieure) a été appliqué au début mai à Magog et à Compton en 2007 et 2008 contre les tétranyques rouges, *Panonychus ulmi* Koch, 1836 (Tetranychidae). De plus, 10 à 18 traitements fongicides étaient appliqués dans chacun des vergers durant la saison de croissance pour contrer la tavelure et les chancres. À ces traitements s'ajoutaient un à deux traitements herbicides dans chaque verger pour réduire la végétation au sol le long des rangs de pommiers.

2.2 Aménagement des plates-bandes florales

Les plates-bandes de fleurs ont été établies en 2006 dans les trois vergers, perpendiculairement aux rangs de pommiers (**Figure 1**).

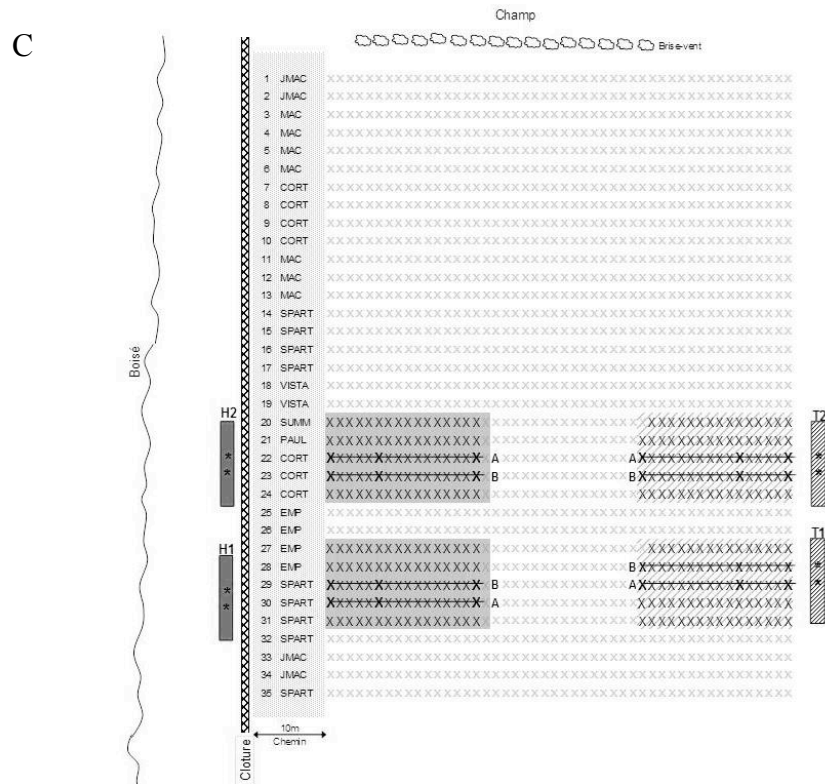


Figure 1: Plan des trois vergers de pommiers à l'étude. A) Verger de Compton, B) Verger de Magog, C) Verger de Stanstead. Dispositif expérimental et nom des cultivars de pommiers pour chacun des trois vergers.

Les plates-bandes de fleurs (2 m x 20 m) étaient composées de *S. canadensis* et d'*A. millefolium* semées respectivement à 1 g/m² et 0.5 g/m². Chaque verger possédait des plates-bandes de fleurs appariées avec des zones de couvre-sol naturel (2 m x 20 m) pour un total de huit plates-bandes de fleurs et huit couvre-sol naturels (2 à Compton, 2 à Stanstead et 4 à Magog). Chaque parcelle aménagée du verger (avec plate-bande de fleurs) était appariée à une parcelle non-aménagée (témoin), composée par le couvre-sol naturel du verger. Deux parcelles appariées représentaient une répétition pour un total de huit répétitions pour les trois vergers. Les pommiers des parcelles appariées étaient similaires en âge, taille et cultivar. Une parcelle correspondait à une surface moyenne de 76 m², composée de deux rangs de pommiers sur 30 m de long. Des zones tampons de 10 à 15 m de large, composées par des rangs de pommiers, étaient laissées de chaque côté des parcelles afin de minimiser l'effet de bordure sur la prise de données.

2.3 Échantillonnage entomologique

Pièges collants blancs

Les populations de prédateurs ont été suivies de la première semaine de mai à la première semaine de septembre 2008. Les pièges collants blancs étaient placés le long des deux rangs de pommiers face à la plate-bande de fleurs ou au couvre-sol naturel. Sur chacun des deux rangs, un pommier était sélectionné à 0, 10 et 30 m du début du rang. Le « 0 m » correspondait donc au premier pommier du rang, ce qui équivalait à une distance moyenne de 10 m des plates-bandes de fleurs. Sur chaque pommier, un piège collant blanc était accroché à 150 cm du sol et remplacé chaque semaine. Les arthropodes étaient ensuite dénombrés et identifiés à la famille en laboratoire, excepté pour les Coccinellidae qui étaient identifiés à l'espèce (Laroche, 1979; Borror *et al.*, 1989; Hodek, 1993).

Les populations de prédateurs étaient également suivies à l'intérieur de chaque plate-bande de fleurs et de chaque couvre-sol naturel, à l'aide de pièges

collants blancs accrochés à 50 cm du sol sur des piquets, ce qui correspondait à la hauteur moyenne des plantes de la plate-bande de fleurs. Les pièges étaient remplacés chaque semaine en même temps que les pièges du verger puis observés en laboratoire.

Observations visuelles du feuillage des pommiers

Des observations visuelles ont été menées sur le feuillage des mêmes pommiers où se trouvaient les pièges collants, du 3 juin au 20 août 2008. Sur chaque arbre, 15 branches et gourmands étaient sélectionnées de façon aléatoire tout autour de l'arbre, de 50 cm à 170 cm de hauteur. Sur chaque branche ou gourmand, les 10 plus jeunes feuilles étaient observées pour un total de 150 feuilles par arbre (soit 14 400 feuilles par jour d'échantillonnage pour les trois vergers). Une première observation globale était effectuée pour noter la présence d'arthropodes adultes, puis chaque feuille était soulevée pour noter la présence d'œufs, de larves, de pupes et d'adultes d'arthropodes. Tous les arthropodes (ravageurs et prédateurs) étaient identifiés à la famille, excepté pour les Coccinellidae et les pucerons qui étaient identifiés à l'espèce. Si nécessaire, les œufs et les larves étaient collectés, mis en Pétri et ramenés en laboratoire jusqu'à l'émergence des adultes pour identification.

Observations visuelles des fleurs de la plate-bande

Des observations visuelles ont été menées à l'intérieur de la plate-bande de fleurs, du début juillet à la fin août, ce qui correspond à la période de floraison partagée par les deux espèces végétales. Au sein de chaque plate-bande de fleurs, dix plants d'*A. millefolium* et dix plants de *S. canadensis* étaient sélectionnés au hasard afin de déterminer si une espèce était plus attractive qu'une autre. Dans un premier temps, les plants étaient observés du bord de la plate-bande pendant 30 secondes pour noter la présence d'arthropodes adultes. Puis les plants étaient inspectés de près, de la base jusqu'à l'apex, les feuilles étaient soulevées et tous les œufs, larves, pupes et adultes d'arthropodes étaient notés et identifiés à la famille, excepté pour les Coccinellidae qui étaient identifiés à l'espèce. Un échantillonnage correspondait donc à l'observation

de dix plants d'*A. millefolium* et dix plants de *S. canadensis* dans une plate-bande de fleurs.

2.4 Analyses statistiques

Pour les pièges collants blancs, le nombre moyen d'arthropodes par piège par semaine a été calculé pour chaque verger, en fonction du traitement (plate-bande de fleurs ou couvre-sol naturel) et de la distance au traitement (0, 10 et 30 m), sur toute la période d'échantillonnage soit 16 semaines. Des tests de t appariés sur le nombre moyen d'arthropodes capturés ont été réalisés pour chaque famille d'arthropodes ainsi que pour l'ensemble des prédateurs. Puisque plusieurs tests de comparaison ont été menés simultanément, une correction de Holm-Bonferroni a donc été utilisée afin d'obtenir une valeur de p ($\alpha = 0.05$) plus conservative et d'éviter les faux positifs (Aickin & Gensler, 1996). Pour les données d'observation des feuilles de pommiers, la même procédure statistique a été utilisée avec l'abondance moyenne d'arthropodes observés par arbre (150 feuilles) par verger, en fonction du traitement et de la distance au traitement, sur toute la période d'échantillonnage soit 12 semaines. Une fois de plus, des tests de t appariés ont été utilisés avec une correction de Holm-Bonferroni effectuée sur les valeurs de p ($\alpha = 0.05$). Une procédure similaire a été utilisée pour l'analyse des données des plates-bandes de fleurs, avec l'abondance moyenne d'arthropodes observés par plant pour chaque plate-bande, en fonction de l'espèce végétale (*A. millefolium* ou *S. canadensis*), durant sept semaines. Seuls les pucerons étaient dénombrés en fonction de l'abondance moyenne de colonies au lieu de l'abondance moyenne d'individus. Une colonie correspondait à 30 pucerons en moyenne. Des tests de t appariés avec correction de Holm-Bonferroni ont été effectués. Toutes les analyses statistiques ont été réalisées avec SPSS for Windows, version 17.0 (SPSS Inc. 2008, Chicago, IL) et JMP IN 4 (SAS Institute 2002).

3. RÉSULTATS

Pièges collants blancs

Dans les parcelles aménagées et non-aménagées du verger, 923 prédateurs adultes ont été collectés sur

les pièges collants blancs, répartis en 61% de Syrphidae, 18% de Coccinellidae, 11% d'Araneae et 10% de Neuroptera (Chrysopidae et Hemerobiidae). Dans l'ensemble, le nombre moyen de prédateurs

n'était pas significativement différent dans les parcelles aménagées et non-aménagées ($t_7 = -1.824$; $P = 0.221$) (Figure 2).

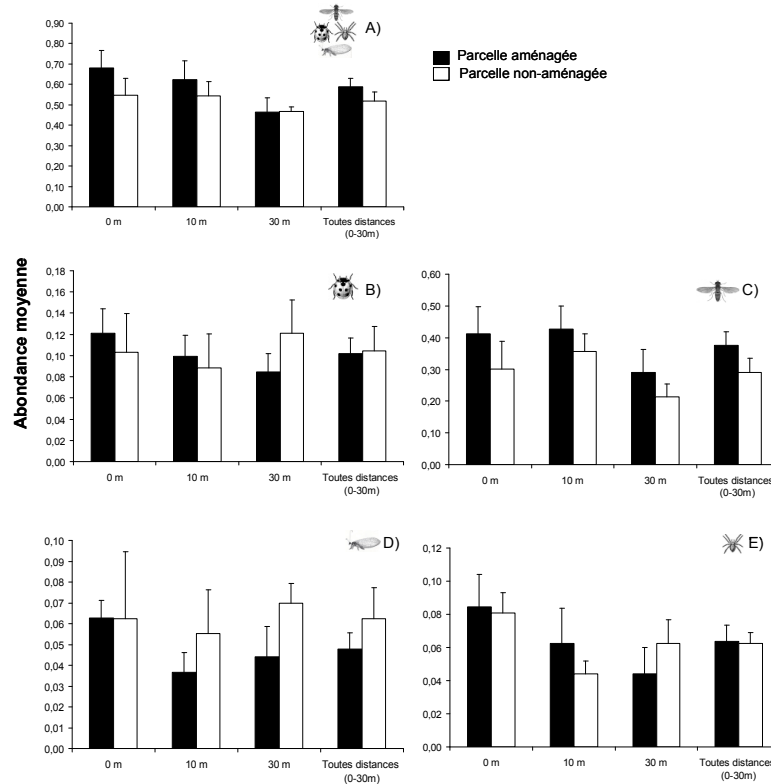


Figure 2: Abondance moyenne (\pm erreur type) par piège par semaine A) de tous les prédateurs, B) des Coccinellidae, C) des Syrphidae, D) des Neuroptera et E) des Araneae capturés sur les pièges collants blancs, installés dans les pommiers des trois vergers en 2008.

Parmi les Coccinellidae, 12 espèces ont été collectées, principalement représentées par *Harmonia axyridis* (Pallas, 1773) (64% de toutes les Coccinellidae), *Propylea quatuordecimpunctata* (L., 1758) (10%) et *Coleomegilla maculata* (DeGeer, 1775) (6%) (Figure 3).

Au sein de la plate-bande de fleurs et du couvre-sol naturel, 950 prédateurs adultes ont été capturés sur les pièges collants blancs répartis comme suit : 70% de Syrphidae, 23% de Coccinellidae, 3% d'Araneae et 3% de Neuroptera (Figure 4).

L'abondance des prédateurs n'était pas significativement différente dans la plate-bande de fleurs et dans le couvre-sol naturel ($t_7 = 1.669$; $P = 0.219$). Huit espèces de Coccinellidae ont été capturées, majoritairement représentées par *P. quatuordecimpunctata* (32% de toutes les Coccinellidae), *H. axyridis* (22%) et *Hippodamia parenthesis* (Say, 1824) (15%) (Figure 5). L'abondance des Coccinellidae n'était pas significativement différente entre la plate-bande de fleurs et le couvre-sol naturel ($t_7 = -2.611$; $P = 0.100$).

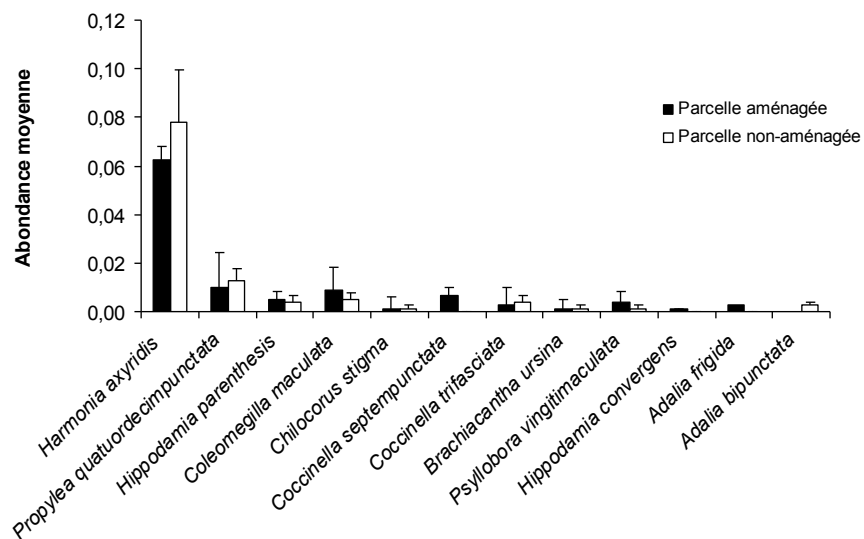


Figure 3: Abondance moyenne (\pm erreur type) des différentes espèces de Coccinellidae adultes capturées par piège et par semaine sur les pièges collants blancs, installés dans les pommiers des trois vergers en 2008.

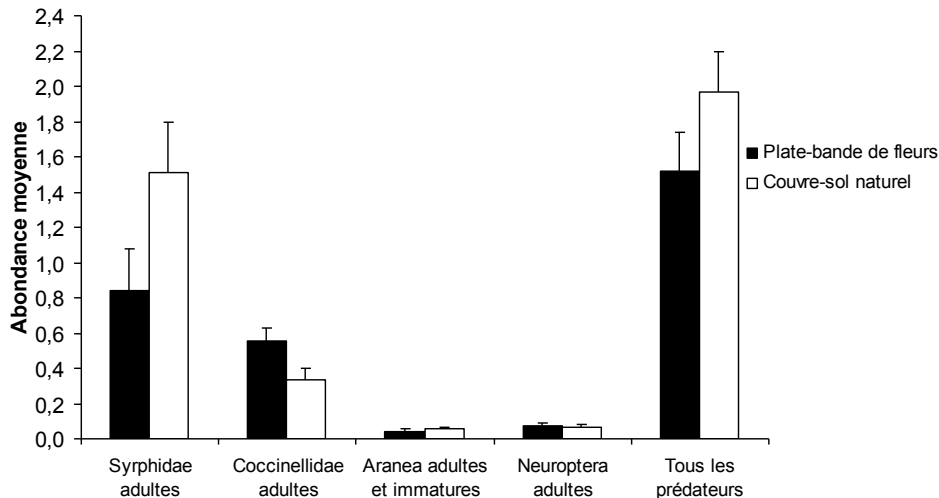


Figure 4: Abondance moyenne (\pm erreur type) des prédateurs par piège par semaine, capturés à l'aide de pièges collants blancs dans la plate-bande de fleurs ou dans le couvre-sol naturel des trois vergers en 2008.

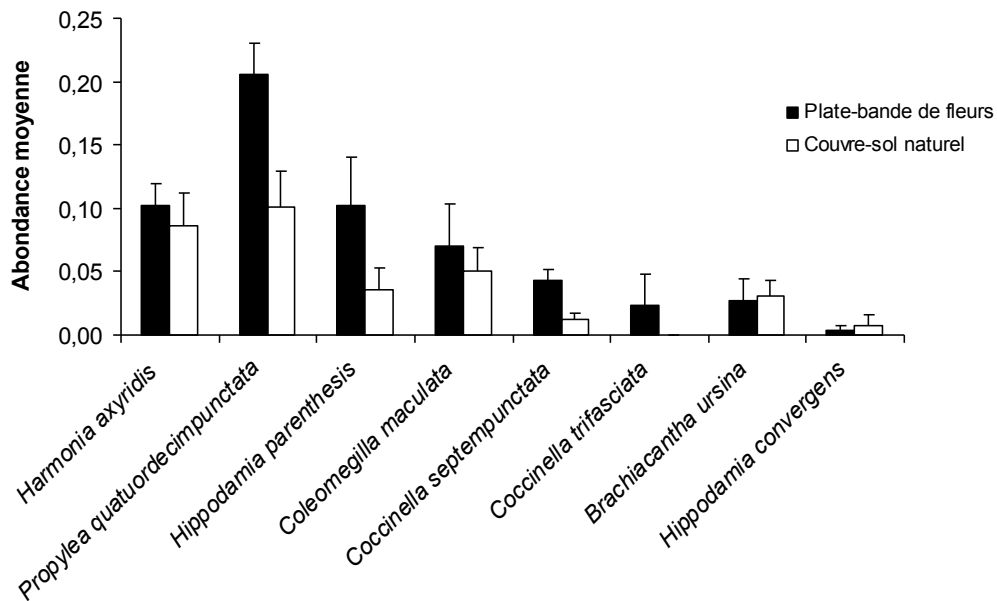


Figure 5: Abondance moyenne (\pm erreur type) des espèces de Coccinellidae par piège par semaine capturées à l'aide de pièges collants blancs dans la plate-bande de fleurs et dans le couvre-sol naturel dans les trois vergers en 2008.

Observations visuelles du feuillage des pommiers

Sur les feuilles de pommier, 223 œufs, larves, pupes et adultes de prédateurs ont été observés, dont 51% d'Araneae immature et adultes, 25% de larves de Cecidomyiidae et 24% d'œufs, de pupes, de larves et d'adultes de Coccinellidae. Aucun Syrphidae, adulte ou larve, ni de Neuroptera n'a été observé. Dans l'ensemble, l'abondance des prédateurs était faible et n'était pas significativement différente dans les parcelles aménagées et non-aménagées du verger ($t_{103} = 1.737$; $P = 0.170$) (**Figure 6**). Seules *H. axyridis*, *Coccinella septempunctata* L., 1758 et *P. quatuordecimpunctata* ont été observées sur le feuillage des pommiers.

Concernant les observations de pucerons, moins de 1% des feuilles dénotaient la présence d'*A. Pomi* (**Figure 7**). Une autre espèce, *D. plantaginea*, a été observée seulement deux fois durant toute la période d'échantillonnage. Il n'y avait aucune différence significative dans l'abondance des populations d'*A. pomi* entre les parcelles aménagées et non-aménagées ($t_{103} = 1.787$; $P = 0.153$).

Observations visuelles des fleurs de la plate-bande

Dans la plate-bande de fleurs, 54 prédateurs et pollinisateurs ont été observés sur *A. millefolium* et *S. canadensis* composés d'Araneae (46%), de Syrphidae (18%), de Coccinellidae (13%), de Pentatomidae (11%) et d'Apoidea (11%). Aucune différence significative n'a été observée dans l'abondance des prédateurs entre les deux espèces végétales ($t_{22} = 2.23$; $P = 0.089$), ni dans l'abondance des pollinisateurs ($t_{22} = 0.43$; $P = 0.332$). Cependant, l'abondance des araignées était près du seuil de signification ($\alpha = 0.05$) avec une plus grande abondance sur la verge d'or ($t_{22} = 2.64$; $P = 0.051$). Dans la plate-bande de fleurs, 86 colonies de pucerons ont été observées sur l'achillée millefeuille et deux sur la verge d'or. Une seule espèce de puceron (que nous n'avons pas réussi à identifier) a été observée dans la plate-bande de fleurs et son abondance était significativement plus grande sur l'achillée millefeuille ($T_{22} = -7.42$; $P = 0.0008$). Ce puceron ne faisait pas partie des espèces de pucerons s'attaquant au pommier. Un ravageur

du pommier, la punaise terne *L. lineolaris*, a été observé à raison de 4 individus sur l'achillée

millefeuille et 17 sur la verge d'or ($t_{22} = 1.78$; $P = 0.176$).

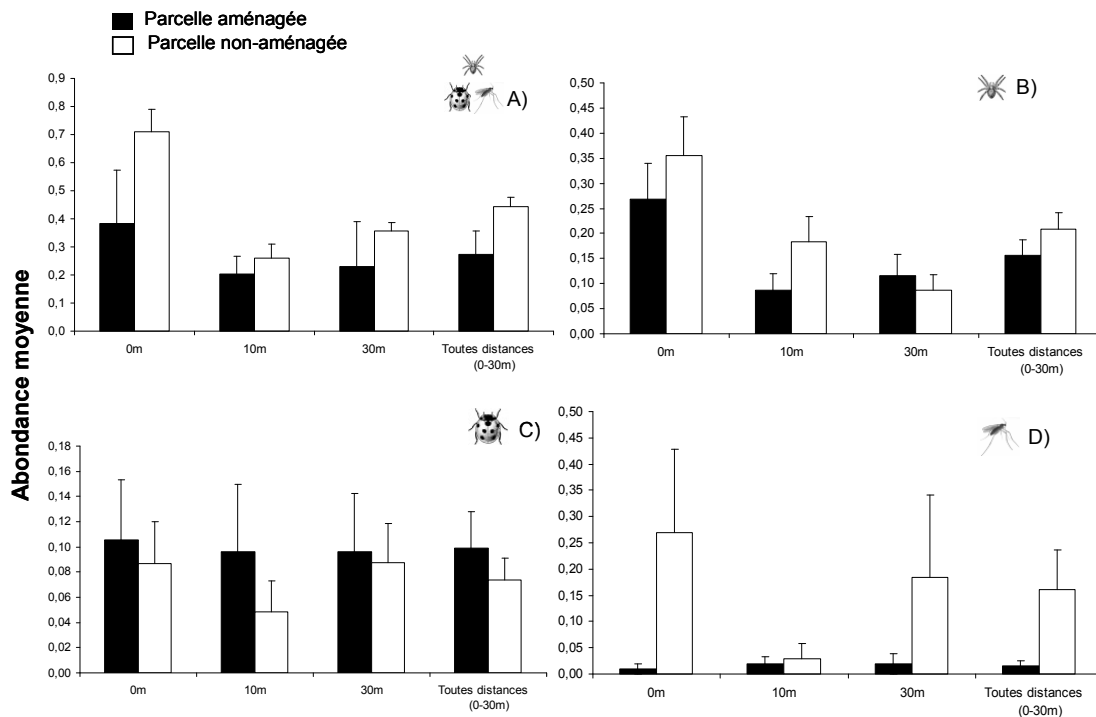


Figure 6: Abondance moyenne (\pm erreur type) par observation (une observation = 150 feuilles/arbre) de A) Tous les prédateurs, B) des Araneae, C) des Coccinellidae et D) des Cecidomyiidae sur les feuilles de pommiers dans les trois vergers en 2008.

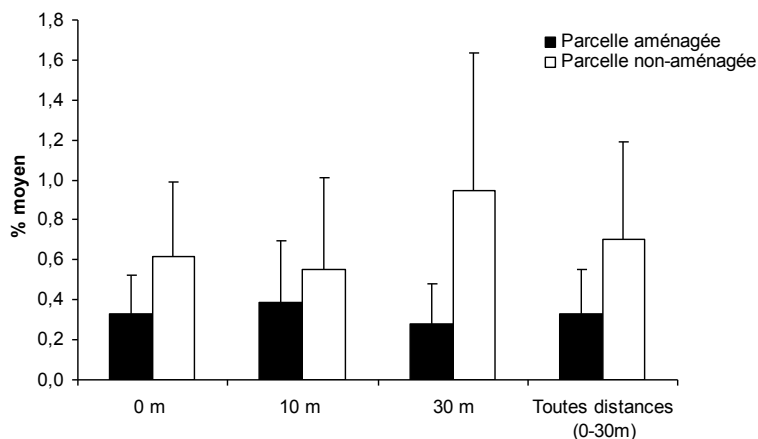


Figure 7: Pourcentage moyen (\pm erreur type) de feuilles avec présence d'*A. pomi* par observation (une observation = 150 feuilles/arbre) sur les feuilles de pommiers dans les trois vergers en 2008.

4. DISCUSSION ET CONCLUSION

L'objet de ce projet de recherche était d'évaluer l'influence de l'établissement d'une plate-bande de fleurs sur les prédateurs aphidiphages et sur le ravageur *A. pomi* dans les vergers de pommiers. Contrairement aux attentes, la plate-bande de fleurs n'a pas augmenté l'abondance des populations de prédateurs ni réduit les populations de pucerons. Les populations de prédateurs adultes et immatures étaient aussi abondantes dans les parcelles aménagées et non-aménagées du verger, de même que dans la plate-bande de fleurs et dans le couvresol naturel. Nous avons obtenu les mêmes résultats avec chaque taxon de prédateurs analysé séparément, soit les Araneae, Cecidomyiidae, Chrysopidae, Coccinellidae, Hemerobiidae, Pentatomidae et Syrphidae. Concernant les Coccinellidae, 12 espèces ont été capturées dans le verger contre huit espèces dans la plate-bande de fleurs. Nous nous serions attendus à une plus grande richesse dans la plate-bande de fleurs que dans le verger, car l'aménagement végétal est censé jouer un rôle attractif (Alhmedi *et al.*, 2007a; Alhmedi *et al.*, 2007b). Ces résultats sur l'absence d'influence de la plate-bande de fleurs sont surprenants puisque *A. millefolium* et *Solidago* sp. sont reconnues pour attirer des Coccinellidae (*Adalia bipunctata* (L., 1758), *C. septempunctata*, *Hippodamia variegata* (Goeze, 1777), *P. quatuordecimpunctata*) et des Syrphidae (*Meliscaeva cinctella* (Zetterstedt, 1843), *Paragus* sp., *Sphaerophoria scripta* (L., 1758), *Sphaerophoria sulphuripes* Thomson, 1869, *Syrphid pipiens* (L., 1758), *Syrphus opinator* Osten Sacken, 1877, *Toxomerus occidentalis* Curran, 1922, *Toxomerus marginatus* (Say, 1823) (Wyss, 1996; Colley & Luna, 2000; Bostanian *et al.*, 2004; Meiners & Obermaier, 2004; de Groot *et al.*, 2007; Robson, 2008). Au sein de la plate-bande de fleurs, les observations visuelles des prédateurs adultes et immatures ont montré que ceux-ci n'étaient pas plus attirés par l'une des deux espèces végétales. Les larves de Syrphidae sont connues pour se nourrir des pucerons qui colonisent l'achillée millefeuille et les pucerons étaient significativement plus abondants sur l'achillée millefeuille que sur la verge d'or (48 fois plus) (Wyss, 1996), mais aucune larve de Syrphidae n'a été observée. Nous attribuons ces divergences entre nos hypothèses et nos résultats à quatre principaux facteurs. Premièrement,

l'abondance des populations de prédateurs était très faible, peut-être trop, pour observer une différence significative entre les traitements. L'abondance des prédateurs adultes capturés sur les pièges collants blancs variait entre 0.52 et 0.58 prédateurs par piège par semaine dans le verger, et entre 1.52 et 1.96 dans les aménagements. Les populations de prédateurs adultes et immatures notées par observation visuelle étaient également faibles, mais du même ordre de grandeur que des études antérieures (Wyss, 1995). La faible abondance des prédateurs aphidiphages dans les différentes parcelles du verger peut être expliquée par les très faibles populations de pucerons sur les pommiers colonisés par *A. pomi*. Le second facteur serait la perturbation du milieu engendré par l'application de traitements chimiques durant toute la période d'échantillonnage qui a pu prévenir la colonisation et la croissance des populations de pucerons, et également affecter les populations d'arthropodes bénéfiques. Les applications de traitements chimiques peuvent affecter les prédateurs dans le verger puisqu'il est connu que les traitements chimiques utilisés contre les ravageurs causent de la mortalité chez les prédateurs (Solomon *et al.*, 2000). Durant toute la période d'échantillonnage, cinq à huit traitements insecticides et acaricides ont été employés dans chaque verger, ainsi que 10 à 18 traitements fongicides et un à deux traitements herbicides. Le troisième facteur serait le seuil d'abondance minimal d'habitats semi-naturels à atteindre dans une culture pour être capable de voir une relation entre l'aménagement végétal et l'abondance des arthropodes bénéfiques. En effet, Kleijn & van Langevelde (2006) ont observé un effet d'augmentation des populations de Syrphidae et de pollinisateurs dans les habitats semi-naturels (plate-bande de fleurs, fossé, boisés, haies, etc...) uniquement lorsque l'abondance des fleurs dépassait un seuil minimal. Gurr *et al.* (2004) ont déterminé qu'au moins 10% du paysage agricole devait être dédié à des habitats semi-naturels, mais qu'il y en aurait seulement 2 à 3% en réalité. Kleijn & van Langevelde (2006) ont trouvé que 5% d'habitats semi-naturels étaient insuffisants pour maintenir une visite des fleurs par les arthropodes bénéfiques, notamment les Syrphidae. Ainsi, les plates-bandes de fleurs à elles seules (40 m²) n'étaient peut-être pas suffisantes pour le verger

puisque l'abondance des arthropodes bénéfiques pourrait être déterminée par la quantité et la qualité des parcelles semi-naturelles au sein du paysage agricole, donc à une échelle plus grande que le verger lui-même (Lucas & Maisonhaute, 2014). Le quatrième facteur qui pourrait expliquer l'absence d'influence de l'aménagement végétal serait le manque de ressources alternatives que la plate-bande de fleurs pouvait offrir. Celle-ci était composée de deux espèces végétales appartenant à la même famille botanique. Dans les études antérieures en aménagement d'une plate-bande de fleurs en verger de pommiers, les plates-bandes étaient composées généralement de 4 à 20 espèces végétales provenant de une à dix familles botaniques différentes. Un aménagement plus diversifié pourrait générer un effet plus attractif envers les arthropodes bénéfiques puisqu'il offre plus de ressources diversifiées (pollen, nectar, proies alternatives, refuges), dû aux différentes architectures de plantes, aux différents stimuli, couleurs, qualité de nectar et de pollen des espèces végétales. Finalement, la distance entre la plate-bande de fleurs et les premiers pommiers du verger (10 m en moyenne) a pu influencer la dispersion des arthropodes. Cette trop grande distance a peut-être évité que les prédateurs se rendent systématiquement sur les premiers pommiers, comme attendu. L'abondance des populations de prédateurs n'était pas différente entre les distances dans le verger (0, 10 et 30 m), ce qui n'a pas permis d'évaluer la distance moyenne de migration de la plate-bande de fleurs aux pommiers du verger. Dans cette étude, aucune relation n'a été trouvée entre la présence de plates-bandes de fleurs et l'abondance des populations de pucerons et de prédateurs. D'autres recherches sont nécessaires afin d'améliorer nos connaissances sur l'aménagement de plates-bandes de fleurs en verger de pommiers et leurs effets sur l'entomofaune.

5. REMERCIEMENTS

Nous remercions les trois pomiculteurs anonymes ayant participé à ce projet, ainsi qu'Alessandro Dieni, Annick Pannetier Leboeuf, Benjamin Carrara, Claudia Roberge, David Beauregard, Francine Pelletier, Franz Vanoosthuyse, Geneviève Labrie, Jacinthe Tremblay, Louise Voynaud, Noémie Bourdon-Charest, Olivier Morrisset et

Sylvain Hutchison pour leur aide lors de l'échantillonnage. Merci à Bertrand Fournier, Maxime Paquet et Olivier Lalonde pour leurs conseils en analyses statistiques. Merci à Yves Mauffette et Conrad Cloutier pour leurs commentaires sur une version préliminaire de l'article. Merci également à Spencer Mason, Martin Hutchison, Mr et Mme Mason pour leurs efforts mis dans ce projet. Cette recherche a été financée par le Conseil pour le Développement de l'Agriculture au Québec et supportée par Horticulture Indigo et le Club Agroenvironnemental de l'Estrie.

BIBLIOGRAPHIE

- Alhmedi A., Haubruge E., Bodson B. & Francis F. (2007a). Aphidophagous guilds on nettle (*Urtica dioica*) strips close to fields of green pea, rape and wheat. *Insect Science* **14**, p. 419-424.
- Alhmedi A., Francis F., Bodson B. & Haubruge E. (2007b). Évaluation de la diversité des pucerons et de leurs ennemis naturels en grandes cultures à proximité de parcelles d'orties. *Notes fauniques de Gembloux* **60**(4), p. 147-152.
- Altieri M.A. (1994). *Biodiversity and pest management in agroecosystems*. Food Products Press, New-York, 185 p.
- Altieri M.A. & Liebman M.Z. (1986). Insect, weed and plant disease management in multiple cropping systems. In Altieri M.A. & Liebman M.Z. *Multiple Cropping Systems*, p. 183-218. MacMillan, New-York.
- Andow D.A. (1990). Population dynamics of an insect herbivore in simple and diverse habitats. *Ecology* **71**(3), p. 1006-1017.
- Baggen L.R. & Gurr G.M. (1998). The influence of food on *Copidosoma koehleri*, and the use of flowering plants as a habitat management tool to enhance biological control of potato moth *Phthorimaea operculella*. *Biological Control* **11**, p. 9-17.
- Borror D.J., Triplehorn C.A. & Johnson N.F. (1989). *An Introduction to the study of insects*, 6th Edition. Philadelphia, Saunders College Publishing, 875 p.
- Bostanian N.J., Goulet H., O'Hara J., Masner L. & Racette G. (2004). Towards Insecticide Free Apple Orchards: Flowering Plants to Attract Beneficial Arthropods. *Biocontrol Science and Technology* **14**(1), p. 25-37.
- Brown M.W. & Glenn D.M. (1999). Ground cover plants and selective insecticides as pest management tools in

- apple orchards. *Journal of Economic Entomology* **92**(4), p. 899-905.
- Chouinard G. (2001). *Guide de gestion intégrée des ennemis du pommier*. Centre de Référence en Agriculture et Agroalimentaire du Québec, Québec, 226 p.
- Colley M.R. & Luna J.M. (2000). Relative attractiveness of potential beneficial insectary plants to aphidophagous hoverflies (Diptera: Syrphidae). *Environmental Entomology* **29**(5), p. 1054-1059.
- IRDA (2010). *Guide des traitements foliaires du pommier 2010-2011*. CRAAQ, Saint-Hyacinthe. 1 p.
- De Groot M., Kleijn D., Jogan N. (2007). Species groups occupying different trophic levels respond differently to the invasion of semi-natural vegetation by *Solidago canadensis*. *Biological Conservation* **136**(4), p. 612-617.
- Fitzgerald J.D. & Solomon M.G. (2004). Can flowering plants enhance numbers of beneficial arthropods in UK apple and pear orchards? *Biocontrol Science and Technology* **14**(3), p. 291-300.
- Fréchette B., Cormier D., Chouinard G., Vanoosthuyse F. & Lucas É. (2008). Apple aphids, *Aphis* spp. (Hemiptera : Aphididae), and predator populations in an apple orchard at the non-bearing stage: The impact of the ground cover and cultivar. *European Journal of Entomology* **105**, p. 521-529.
- Gurr G.M., Wratten S.D. & Altieri M.A. (2004). *Ecological engineering for pest management: Advances in habitat manipulation for arthropods*. Comstock Publishing Associates, Cornell University Press, Ithaca, 232 p.
- Hodek I. & Honek A. (1996). *Ecology of Coccinellidae*. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, The Netherlands, 464 p.
- Irvin N.A., Scarratt S.L., Wratten S.D., Frampton C.M., Chapman R.B. & Tylaniakis J.M. (2006). The effects of floral understoreys on parasitism of leafrollers (Lepidoptera: Tortricidae) on apples in New Zealand. *Agricultural and Forest Entomology* **8**, p. 25-34.
- Kinkorova J. & Kocourek F. (2000). The effect of integrated pest management practices in an apple orchard on Heteroptera community structure and population dynamics. *Journal of Applied Entomology* **124**, p. 381-385.
- Kleijn D. & van Langevelde F. (2006). Interacting effects of landscape context and habitat quality on flower visiting insects in agricultural landscapes. *Basic and Applied Ecology* **7**(3), p. 201-214.
- Larochelle A. (1979). Les coléoptères Coccinellidae du Québec. *Cordulia, supplément* **10**, 111 p.
- Leius K. (1967). Influence of wild flowers on parasitism of tent caterpillar and codling moth. *The Canadian Entomologist* **99**, p. 444-446.
- Lucas E. & Maisonhaute J.E. (2014). Paysage et services écosystémiques, une nouvelle dimension dans la lutte aux insectes nuisibles. In Ruiz J. & Domon G. (Eds), *Agriculture et paysage, Aménager autrement les territoires ruraux*, p. 175-196. Les Presses de l'Université de Montréal, Montréal.
- Marie-Victorin, Rouleau E. & Brouillet L. (2002). *Flore Laurentienne, 3^e édition*. Éditeur Gaëtan Morin, Montréal, 1112 p.
- Meiners T. & Obermaier E. (2004). Hide and seek on two spatial scales-vegetation structure effects herbivore oviposition and egg parasitism. *Basic and Applied Ecology* **5**, p. 87-94.
- Minarro M. & Dapena E. (2003). Effects of groundcover management on ground beetles (Coleoptera: Carabidae) in an apple orchard. *Applied Soil Ecology* **23**(2), p. 111-117.
- Rieux R., Simon S. & Defrance H. (1999). Role of edgerows and ground cover management on arthropod populations in pear orchards. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **73**, p. 119-127.
- Robson D.B. (2008). The structure of the flower-insect visitor system in tall-grass prairie. *Botany* **86**(11), p. 1266-1278.
- Root R.B. (1973). Organization of a plant-arthropod association in simple and diverse habitats: The Fauna of Collards (*Brassica Oleracea*). *Ecological Society of America* **43**(1), p. 95-124.
- Sall J., Lehman X & Greighton Y. (2000). *JMP start statistics: A guide to statistics and data analysis using Jmp and Jmp in Software*. SAS Institute, Duxbury Press, 656 p.
- Sholes O.D.V. (1984). Responses of arthropods to the development of goldenrod inflorescences (*Solidago*: Asteraceae). *American Midland Naturalist* **112**(1), p. 1-14.
- Solomon M.G., Cross J.V., Fitzgerald J.D, Campbell C.A.M., Jolly R.L., Olszak R.W., Niemczyk E. & Vogt H. (2000). Biocontrol of pests of apples and pears in Northern and Central Europe-3. Predators. *Biocontrol Science and Technology* **10**, p. 91-128.
- Thomas C.F.G. & Marshall E.J.P. (1999). Arthropod abundance and diversity in differently vegetated

margins of arable fields. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **72**, p. 131-144.

Wyss E. (1996). The effect of artificial weed strips on diversity and abundance of the arthropod fauna in a Swiss experimental apple orchard. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **60**, p. 47-59.

Wyss E. (1995). The effect of weed strips on aphids and aphidophagous predators in an apple orchard. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **75**, p. 43-49.

Yan Y.-H., Yu Y., Du X.-G. & Zhao B.-G. (1997). Conservation and augmentation of natural enemies in pest management of Chinese apple orchards. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **62**, p. 253-260.

Zehnder G., Gurr G.M., Kühne S., Wade M.R., Wratten S.D. & Wyss E. (2007). Arthropd pest management in organic crops. *Annual Review of Entomology* **52**, p. 57-80.

(37 réf.)