



CETAB+

INAB  CÉGEP DE VICTORIAVILLE

FICHE 3

AMÉNAGER POUR LES AUXILIAIRES DE CULTURES

**La faune auxiliaire de lutte favorisée par les aménagements
des bordures de champs et du paysage agricole**

Geneviève Labrie

Biologiste-entomologiste, Ph. D., consultante

TABLE DES MATIÈRES

3	
11	Aménagements spécifiques pour la biodiversité
11	Bordures de champ
13	Paysage
15	Ravageurs et risque
16	Références

La protection des cultures s'est longtemps appuyée sur la gestion au niveau de la plante ou du champ. Les recherches des dernières années démontrent clairement que l'environnement autour des champs a un impact important sur la régulation naturelle des populations de ravageurs. La lutte biologique par conservation consiste à favoriser la présence et l'activité des ennemis naturels afin d'aider au contrôle des populations de ravageurs en leur fournissant des endroits diversifiés pour leur alimentation, reproduction, refuge lors des activités agricoles ainsi que des sites d'hibernation. Avec ce type de lutte, il ne s'agit pas d'éliminer complètement les ravageurs, mais plutôt de les maintenir sous un seuil de nuisibilité économique. Cette fiche détaille les caractéristiques de chaque groupe d'ennemis naturels retrouvés communément en milieu agricole, les aménagements spécifiques et les pratiques culturales qui leur permettent de trouver un habitat adéquat afin que les producteurs bénéficient de la lutte biologique dans les différents milieux agricoles.

CARACTÉRISTIQUES DES AUXILIAIRES DE LUTTE

La biodiversité fonctionnelle est définie comme la biodiversité qui contribue à des services écosystémiques dans un agroécosystème, i.e. la biodiversité utile aux agriculteurs, particulièrement les ennemis naturels des ravageurs. En lutte biologique par conservation, il est important de viser à préserver un ensemble diversifié d'espèces qui jouent différents rôles pour contrôler les ravageurs, soit des prédateurs, des parasitoïdes et des pathogènes. La plupart des prédateurs sont généralistes, s'attaquant à plusieurs groupes de ravageurs différents, tandis que les parasitoïdes sont plus spécialistes, ciblant des groupes en particulier. Les parasitoïdes jouent un rôle fondamental dans la lutte biologique puisque ce sont eux qui trouvent les ravageurs rapidement dans les champs, tandis que les prédateurs arrivent généralement lorsque les populations sont déjà abondantes. Les caractéristiques du paysage local sont donc particulièrement importantes pour les parasitoïdes, souvent plus limités dans leurs déplacements. Les pathogènes (bactéries, champignons, nématodes) peuvent s'attaquer à une grande diversité d'arthropodes, soit comme spécialistes ou généralistes. Il n'est pas nécessaire de cibler des espèces en particulier, mais plutôt de favoriser la présence de plusieurs espèces qui viennent jouer les différents rôles nécessaires à une lutte biologique efficace.

La prochaine section présente les principaux organismes qui jouent ces différents rôles, leurs besoins en termes d'habitat pour compléter leur cycle de vie, se reproduire et hiberner, ainsi que les distances connues de déplacement.

LÉGENDE DES ICÔNES



Cycle de vie : temps de développement, alimentation et reproduction



Sites d'hibernation connus



Distances de déplacement

ARTHROPODES PRÉDATEURS

ARAIGNÉES

Les araignées sont parmi les prédateurs les plus abondants dans les agroécosystèmes et sont des prédateurs très généralistes, s'alimentant d'une très grande variété d'insectes.



Ces prédateurs utilisent de nombreuses stratégies de capture d'insectes (au sol ou aérien) et occupent une grande variété d'habitats, de la litière du sol à la canopée des arbres. Ils sont très abondants dans les bordures herbacées.



Dans la litière de feuille, piles de roches, écorces laissées au sol.



De quelques mètres à plus de 50 km (se laissent porter sur des fils de soie).



CARABES



Les carabes font partie des coléoptères et sont adaptés pour la course rapide, ne volant que rarement. Ils sont très abondants dans les champs et de très bons prédateurs généralistes. Ils s'alimentent d'œufs, larves et insectes adultes, de limaces, escargots et vers de terre. Certaines espèces s'alimentent de graines de plantes adventices.



Bordures enherbées



Peuvent marcher jusqu'à 100m/jour



Pterostichus melanarius
Crédit photo : G. Labrie



Carabe (Harpalus rufipes)
Crédit photo : G. Labrie

COCCINELLES

Il y a près de 80 espèces de coccinelles au Québec (Larochelle, 1978).



La plupart des espèces sont aphidiphages, i.e. qu'elles consomment des pucerons. Elles peuvent aussi s'alimenter sur des œufs de chenilles, de punaises, des thrips, des tétranyques et des cochenilles. La plupart des coccinelles peuvent survivre seulement sur du pollen de fleurs, et sont aussi cannibales, mangeant les œufs ou larves de leur propre espèce lorsqu'il n'y a pas suffisamment de nourriture. Elles peuvent consommer jusqu'à 250 pucerons/jour. Elles prennent environ 1 mois pour compléter un cycle de vie. Les femelles peuvent pondre jusqu'à 500 œufs.



Les coccinelles hibernent au stade adulte. Chaque espèce de coccinelle a sa préférence pour hiberner, soit au pied de grands saules isolés, d'aulnes en bordure de cours d'eau, d'érables ou de hêtres, ou en bordure de boisés. Seule la coccinelle asiatique hiberne dans les habitations, ne pouvant survivre à l'extérieur sous des températures de -15°C .



Les coccinelles peuvent repérer des foyers d'infestations importants sur plus de 1 km.



MOUCHES PRÉDATRICES

SYRPHERS (DIPTERA: SYRPHIDAE)



Les syrphes sont des mouches qui ressemblent à des abeilles avec leurs motifs noirs et jaunes, mais qu'on reconnaît à leur vol stationnaire au-dessus des plants. Elles sont pollinisatrices au stade adulte, mais viennent pondre au sein des colonies de pucerons, et les larves peuvent consommer jusqu'à **1000 pucerons** durant leur développement larvaire. Certaines larves s'alimentent aussi sur des champignons. Le cycle complet (œuf à l'adulte) prend 1 mois environ. Les femelles peuvent pondre jusqu'à 1000 œufs durant leur vie.



Quelques espèces sont migratrices et hibernent plus au sud (ex. le syrphe d'Amérique – *Eupeodes americanus*). Les autres espèces hibernent au stade pupes ou adulte dans la litière de feuille sous les arbres.



Capacité de vol durant la saison de 1 km environ. Plusieurs centaines de km pour la migration hivernale chez quelques espèces.



Syrphes adultes



Syrphes larves



CÉCIDOMYIES ET AUTRES PRÉDATEURS FURTIFS (DIPTERA: CECIDOMYIIDAE)



Les cécidomyiies sont des mouches prédatrices furtives au stade larvaire, i.e. qu'elles se camouflent au sein des colonies de pucerons, souvent en accumulant des cadavres de pucerons sur leur corps pour ne pas être détectées par les autres pucerons et les prédateurs. Elles peuvent ainsi tuer **plusieurs dizaines de pucerons** durant leur stade larvaire. Elles peuvent aussi se nourrir de tétranyques, aleurodes et psylles. Les adultes se nourrissent de miellat des pucerons ou de nectar de fleurs. Le cycle complet prend entre 15 et 25 jours et la femelle peut pondre jusqu'à 100 œufs. La cécidomyie du puceron, *Aphidoletes aphidimyza* est la principale espèce retrouvée en milieu naturel, et aussi vendue commercialement pour les cultures abritées.



Elles hibernent au stade larvaire dans un cocon, au sol.



Capacité de localiser les pucerons sur une distance de 45 m. Elles sont facilement perturbées par les vents.



Larve



Aphidoletes aphidimyza

Louise Voynaud

PUNAISES PRÉDATRICES

PENTATOMIDAE



Certaines punaises à bouclier, comme la punaise soldat (*Podisus maculiventris*) et la punaise bioculée (*Perillus bioculatus*) se retrouvent fréquemment dans les milieux agricoles. La punaise soldat est polyphage, s'alimentant de plus de 90 espèces d'insectes différentes, particulièrement les œufs et larves de coléoptères comme le doryphore de la pomme de terre, de chenilles, comme la légionnaire uniponctuée, ver de l'épi et autres. La punaise bioculée est prédatrice d'œufs de doryphore de la pomme de terre et d'autres chrysomèles. Il y a une à deux générations par année et les femelles pondent 100 à 300 œufs durant leur vie.



Hibernent sous forme adulte sous la litière des feuilles, débris d'écorces et sous des piles de roches en bordure de boisés.



Se dispersent sur plusieurs dizaines de mètres.



Podisus maculiventris



Perillus bioculatus



Photo nymphe
P. maculiventris G. Labrie

NABIDAE



Les punaises nabides sont des prédateurs généralistes qui s'embusquent sur les plants pour attraper leurs proies. Elles s'alimentent de pucerons, thrips, aleurodes, tétranyques, punaises ternes et chenilles de papillons. Ils peuvent s'alimenter d'au moins deux douzaines de proies par jour chez les stades plus âgés ou les adultes. Les femelles peuvent pondre jusqu'à 160 œufs durant leur vie.



Hibernent sous forme adulte dans les bordures adjacentes aux champs.



Se dispersent sur quelques dizaines de mètres.



Nabis roseipennis

C. Desroches, CRAM



Nabis americanoferus

M.S. Cassi, CRAM

CHRYSOPE ET HÉMÉROBE



Les chrysopes et hémérobés font partie des insectes de l'ordre des Neuroptères. Les larves sont prédatrices de pucerons, thrips, aleurodes, cochenilles, cicadelles, tétranyques, œufs de doryphore de la pomme de terre et de chenilles et autres petits insectes. Les adultes de chrysopes se nourrissent de nectar, pollen et miellat, tandis que les adultes d'hémérobés sont prédateurs. La larve de chrysope consomme environ 500 pucerons en 2 ou 3 semaines ou 10 000 acariens. Les œufs de chrysope sont attachés sur un fil, sous les feuilles. La durée du développement larvaire est variable selon l'espèce et les proies disponibles (quelques semaines à quelques années). Elles effectuent leur nymphose au sein d'un cocon de soie dans le sol. Les adultes sont plus actifs au crépuscule.



Hibernent au stade larves, pré-pupe ou adulte, selon les espèces, dans les herbacées, la litière de feuille ou sous l'écorce des arbres.



Se dispersent sur plusieurs dizaines de mètres.



Chrysope aux yeux d'or



Larve de chrysope



Hémérobe adulte



Hémérobe larve



Œuf de chrysope

PARASITOÏDES



Plusieurs familles d'hyménoptères sont des parasitoïdes de ravageurs en milieu agricole (Braconidae, Chalcidoidea, Ichneumonidae, Platygasteridae, Trichogrammatidae...). Les adultes ont besoin de nectar ou pollen pour survivre. Ils pondent dans les œufs, nymphes ou adultes de pucerons, chenilles, punaises, coléoptères, mouches... Aident à contrôler les ravageurs en début d'infestation, s'ils sont présents dans l'environnement immédiat des champs. Une femelle d'Aphidius pourrait parasiter de **200 à 1000 pucerons** au cours de sa vie.



Hibernent à l'intérieur de l'hôte sous forme larvaire ou à l'extérieur au stade adulte, selon l'espèce.



Vu leur très petite taille (1-5 mm), ils se dispersent sur quelques dizaines de mètres seulement.



D'autres ordres d'insectes jouent un rôle de parasitoïde, tels que des mouches tachinides (ex. *Istocheta aldrichi* sur scarabée japonais, *Trichopoda pennipes* sur la punaise de la courge). Les adultes de mouches parasitoïdes ont besoin de nectar ou pollen pour survivre. Les tachinides sont des parasitoïdes de chenilles (piérides, tordeuses, noctuelles, pyrales), charançons, doryphores, hannetons et punaises.



Les mouches tachinides hibernent au stade larvaire à l'intérieur de leurs hôtes, ou au stade adulte, dans les bordures herbacées ou boisées.



Les adultes peuvent se déplacer sur plusieurs centaines de mètres pour trouver leurs hôtes.



ENTOMOPATHOGENÈS



Les organismes pathogènes infectent le corps de leur hôte pour s'y reproduire et entraîner leur mort. Ils comprennent des virus, des bactéries, des champignons et des protozoaires. Ces organismes peuvent provoquer l'anéantissement total d'une population de ravageurs en quelques jours. Par exemple, le champignon *Pandora neoaphidis* s'attaque aux pucerons et peut causer la chute drastique des populations en 3 à 5 jours. L'importance de ce groupe dans la lutte intégrée n'est pas encore bien connue.



Les pathogènes peuvent survivre dans le sol, sur des insectes ou bien à l'intérieur de leurs hôtes dans les bordures de champ.



Peut être transporté par les prédateurs qui ont hiberné dans la bordure. Certaines études démontrent que les pathogènes peuvent être transmis aux ravageurs dans les champs beaucoup plus souvent si la bordure est diversifiée.



AMÉNAGEMENTS SPÉCIFIQUES POUR LA BIODIVERSITÉ

Une biodiversité fonctionnelle au sein des agroécosystèmes peut être obtenue par des aménagements à l'échelle de la parcelle ainsi qu'à l'échelle du paysage (Figure 1). La prochaine section détaille certains principes écologiques et offre des exemples des différents aménagements possibles qui permettent d'attirer et retenir un grand nombre d'organismes bénéfiques aux agroécosystèmes.

La lutte biologique à diverses échelles

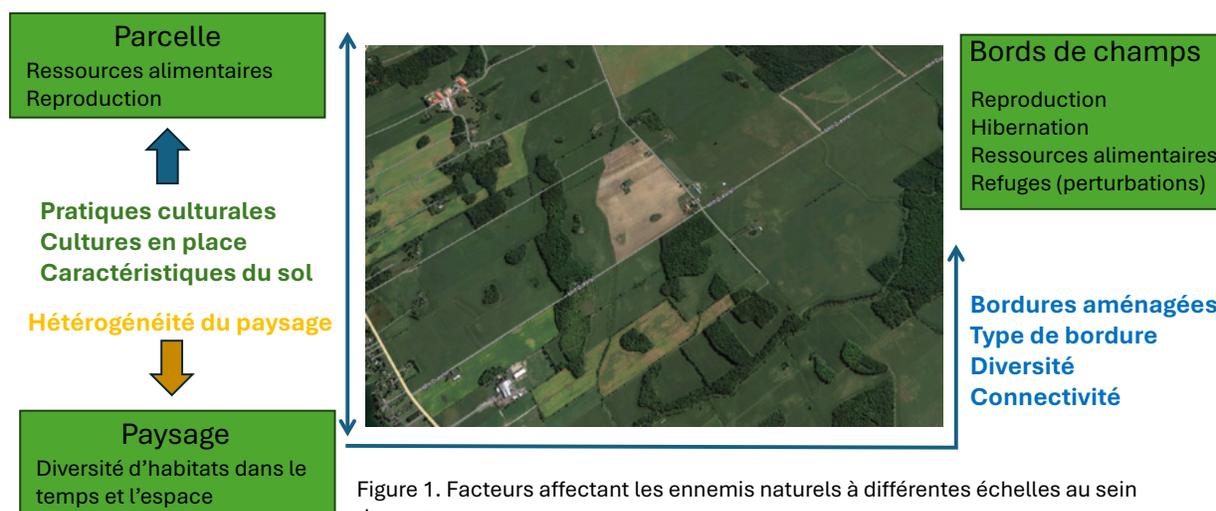


Figure 1. Facteurs affectant les ennemis naturels à différentes échelles au sein du paysage.

BORDURES DE CHAMP

Les bordures de champs présentent deux fonctions écologiques principales auprès des organismes bénéfiques aux cultures : 1) l'effet lisière et 2) l'effet corridor.

1) L'effet lisière permet d'apporter des conditions de vie temporaires ou permanentes aux organismes dont la faune profite selon ses besoins, nourriture, sites de reproduction, ombrage, lumière, fraîcheur, chaleur. La présence de fleurs tout au long de la saison dans ces environnements bénéficie à un ensemble d'auxiliaires de lutte. La plupart des prédateurs et des parasitoïdes s'alimentent de pollen ou nectar de façon secondaire ou primaire pour survivre. Une bordure fleurie tout au long de la saison permet de garder une plus grande diversité et abondance d'ennemis naturels et ainsi contrôler les populations de ravageurs tout au long de la saison de croissance.

2) L'effet corridor : de nombreuses espèces utilisent les zones linéaires de bord de champ comme voie de communication entre différents milieux ; bois, mares, cours d'eau, cultures. Ces environnements favorisent la survie des différentes espèces sur l'ensemble du territoire et garantissent le brassage génétique nécessaire à la survie des espèces. Les insectes bénéficient grandement des corridors puisque leur capacité de déplacement est assez limitée, particulièrement les parasitoïdes, qui sont en général très petits et sont très affectés par les vents.

Les bordures de champs devraient présenter ces différents éléments pour permettre une biodiversité fonctionnelle idéale :

Bordure enherbée : nécessaire pour l'alimentation, la reproduction et l'hibernation des carabes et araignées, prédateurs généralistes très abondants en milieu agricole. Une dizaine de m² est suffisant pour soutenir une population importante de carabes et araignées. La bordure enherbée doit être idéalement non entretenue durant l'été pour un effet maximal.

Bordure ou îlots fleuris : nécessaire pour l'alimentation, la reproduction et les refuges tout au long de la saison pour la vaste majorité des auxiliaires de lutte prédateurs et parasitoïdes. L'impact des bandes fleuries est bien démontré sur l'attractivité et la rétention des ennemis naturels. Différents types de bordures fleuries peuvent être implantées, ou bien seulement laissées se régénérer avec les plantes indigènes. Il est important de réaliser des aménagements en prenant en compte le temps et la période de floraison afin d'assurer un approvisionnement constant de pollen et nectar. Les types de corolles de fleur sont aussi importantes selon le groupe d'ennemis naturels. Des corolles courtes sont à privilégier pour les prédateurs généralistes et plusieurs petits parasitoïdes. Pour des exemples de mélanges de fleurs, consulter les différentes fiches sur les bordures florales publiées par le CETAB+ (Gagnon Lupien et al. 2024a; 2024b; Gagnon Lupien et al. 2020).

UNE ÉTUDE A DÉMONTRÉ...

Une étude récente a démontré une augmentation de 16% du contrôle biologique des ravageurs dans les champs de blé et tomates adjacents à des bandes fleuries (Albrecht et al. 2020).

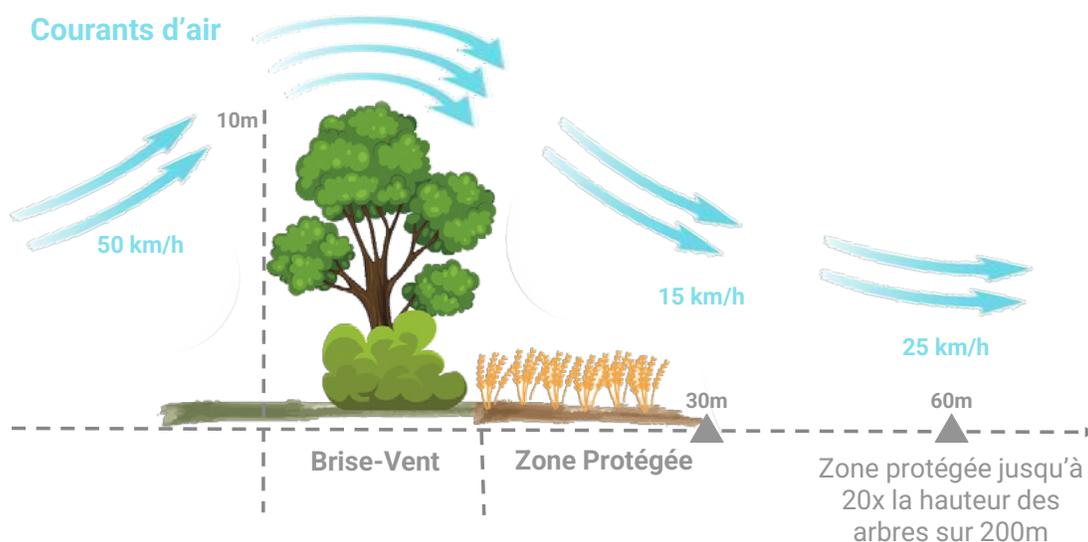


Figure 2. Zones protégées par l'effet de barrière des haies brise-vent.

Haies : Les haies jouent différents rôles, selon qu'elles soient arbustives ou arborées. Elles servent de refuges, de site de reproduction, d'alimentation et d'hibernation pour un grand nombre d'ennemis naturels. Il est démontré que les haies sont particulièrement importantes pour les parasitoïdes puisqu'elles peuvent jouer un rôle de brise-vent au cours de la saison (Figure 2), et accumulent la neige durant l'hiver, permettant une meilleure survie des organismes qui hibernent au pied des arbres. La haie procure une protection contre le vent d'au moins 30 mètres de sa bordure, et jusqu'à 20 fois la hauteur de la haie (Figure 2). La haie procure aussi une protection contre les insectes volants passifs, comme les pucerons ou les thrips, qui se laissent porter par le vent au cours de la saison, les empêchant de migrer d'un champ à l'autre.

Tas de branches, de roches, bûches, sol laissé à nu : Ces différents éléments favorisent les sites de nidification, de refuge ou d'hibernation de nombreux prédateurs, parasitoïdes et pathogènes. Ils devraient être laissés en place à différents endroits en bordure des champs et ne pas être retirés.

Arbres isolés : Les arbres isolés au sein du paysage constituent un point de repère pour plusieurs espèces d'insectes qui hibernent au pied des arbres. Par exemple la coccinelle maculée, une espèce indigène très fréquente en milieu agricole, préfère hiberner dans les herbes hautes au pied d'un grand saule isolé au coin d'un champ. Au printemps, lorsqu'elles se réveillent, elles marchent vers les champs, s'arrêtant dans les fleurs de pissenlit pour s'alimenter de pollen en attendant les pucerons.

UNE ÉTUDE A DÉMONTRÉ...

Une étude a démontré une augmentation de 12 à 18% du parasitisme de puceron dans les céréales avec une augmentation de 1 à 6% du couvert de haies dans le paysage (Dainese et al. 2017).

PAYSAGE

Les auxiliaires de lutte vont présenter différents besoins durant leur vie, pour l'alimentation, reproduction, refuges ou hibernation. Ils doivent donc retrouver ces différents habitats à des distances qui sont assez près pour que les déplacements soient possibles et le moins coûteux possible en énergie, qui définit le principe de complémentarité du paysage. De très nombreuses études ont été effectuées dans les dernières années en écologie du paysage appliquée à la lutte biologique en milieu agricole.

La composition (types d'éléments dans le paysage – cultures, forêts, prairies, zones urbaines... et leur proportion dans le paysage) et la configuration du paysage (géométrie/forme, aire/taille des habitats, densité de bordures, fragmentation, connectivité) peuvent affecter les ravageurs et les ennemis naturels et un aménagement judicieux à plus large échelle peut aider au contrôle naturel des ravageurs. Voir le tableau 2 pour plus de détails.

De façon générale, des habitats avec une composition plus diversifiée, i.e avec plus d'éléments dans le paysage, ainsi qu'une configuration plus hétérogène, comme des formes de champs plus asymétriques, plus petits, avec une densité de bordure plus importante et une meilleure connectivité, amènent une plus grande abondance d'ennemis naturels et un meilleur contrôle biologique.

Tableau 2

Synthèse des effets de différents éléments paysagers sur les insectes ravageurs, bénéfiques, et sur la lutte biologique. Inspiré de la thèse de Marie d'Ottavio (UQAM).

Sujets biologiques	Type d'habitats et effets (+/-)	Impact sur l'organisme	Explications
Ravageurs	Habitats avec végétation diversifiée	↓ abondance ↓ % infestation;	Diminue la capacité des ravageurs à localiser sa plante hôte Peuvent agir comme barrières en limitant la migration,
	Haies	↓ abondance au niveau local	Peut contribuer à piéger l'insecte à l'échelle locale d'un champ
	Jachères/pâturages	↓ herbivores spécialistes	Réduit la concentration des cultures hôtes dans le paysage
	Plusieurs cultures	↓ abondance	Diminue la capacité des ravageurs à localiser la plante hôte et/ou à augmenter sa population au-delà des seuils d'intervention
	Plantes hôtes spécifiques	↑ abondance d'une espèce spécifique	Selon les espèces de ravageurs, certaines plantes en bordure peuvent être bénéfiques pour le ravageur. Ex. la drosophile à aile tachetée qui bénéficie de plusieurs espèces d'arbustes fruitiers
	Forêts	↑ abondance	Sites d'hibernation des ravageurs
	Zones non cultivées	↑ abondance des prédateurs et parasitoïdes de pucerons	Apport de ressources alimentaires, abris pour hibernation, lieux de reproduction
Prédateurs, Parasitoïdes et Lutte biologique	Haies	↑ abondance des parasitoïdes et des syrphes; impact + sur la lutte biologique	Présence de ressources florales; augmentation de la longévité et fécondité
	Bordures de champs	↑ abondance des parasitoïdes	Présence de ressources florales et de végétation sauvage qui permet un apport d'hôtes alternatifs et de ressources (nectar, pollen)
		↑ carabes et staphylins	Refuges et sites d'hibernation
	Jachères	↑ % de parasitisme dans les champs adjacents	Refuges et sites d'hibernation
	% de forêts	↑ % de parasitisme dans les champs adjacents	Refuges et sites d'hibernation, permet les déplacements de la forêt vers les cultures lorsque la forêt est près des champs
	+s cultures	renforce la lutte biologique	Mouvement possible des ennemis naturels d'une culture à l'autre au cours de la saison



Quelques études québécoises ont évalué l'effet du paysage agricole sur des ravageurs et leurs ennemis naturels. L'étude de Labrie et al. (2016) (Figure 3) a démontré que de configurer les champs de blé, maïs, soya et vesce en bandes alternées de 18 ou 36m de large réduisait de près de moitié les populations de puceron du soya dans ces parcelles comparé à des grandes parcelles de 180m de large. L'étude de Maisonhaute et al. (2017) (Figure 4) a démontré que lorsque la composition en soya était de moins de 35% dans un rayon de 1,5 km autour d'un champ de soya, avec une diversité de culture de plus de 4 différentes cultures, le seuil d'intervention économique de 600 pucerons par plant (10000 pucerons-jour cumulé) n'était pas atteint et qu'il n'y avait pas nécessité de traiter avec un insecticide.

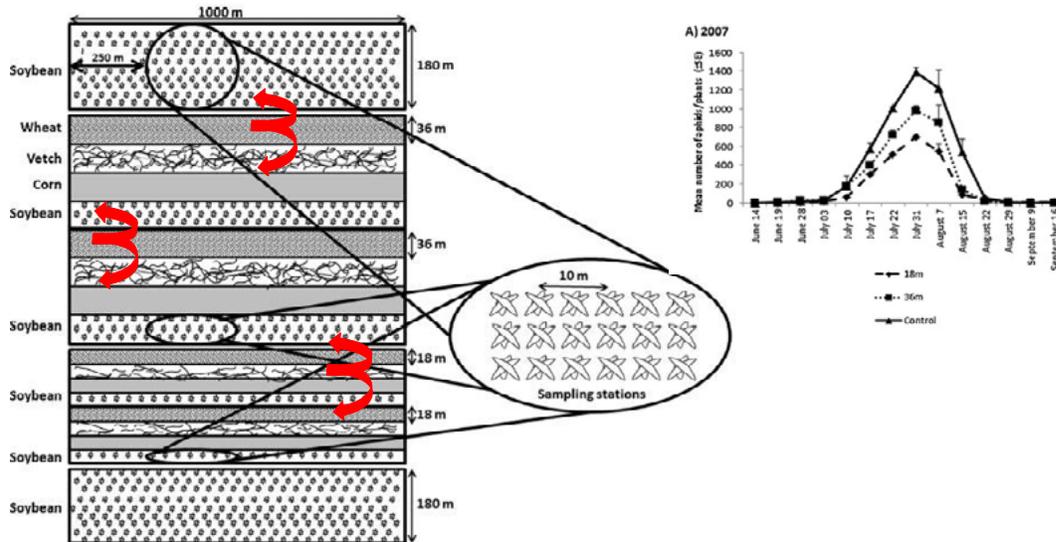


Figure 3. Schéma des bandes alternées et abondance du puceron du soya dans une étude effectuée au Québec entre 2008 et 2012. Labrie et al. 2016

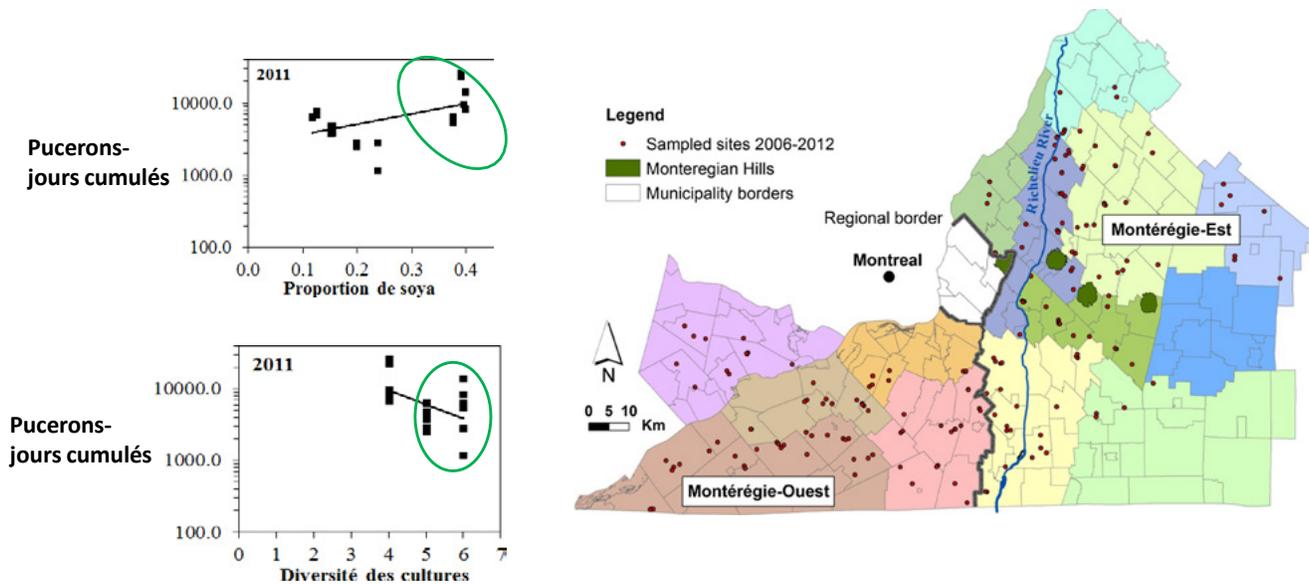


Figure 4. Sites d'étude sur l'effet du paysage agricole sur le puceron du soya et impacts de la proportion de soya et de la diversité des cultures sur l'abondance des pucerons du soya. Maisonhaute et al. 2017

RAVAGEURS ET RISQUE

Il peut y avoir un certain risque de contamination des champs par des indésirables, comme des rongeurs, limaces, certains ravageurs, ou des banques de semence de plantes adventices. Plusieurs différentes analyses globales de la littérature (méta-analyses) démontrent toutefois une réduction des ravageurs et un meilleur contrôle biologique dans les champs adjacents à des bordures fleuries ou des haies.

Le risque que ces bordures soient moins bénéfiques peut survenir dans certaines conditions :

- Dans certains cas, les plantes à fleurs peuvent retenir les auxiliaires de lutte au détriment des cultures adjacentes. Ces plantes peuvent héberger des proies préférées par les ravageurs, ou une grande quantité de pollen ou nectar, qui retient les espèces bénéfiques.
- Peuvent être moins efficaces si les ravageurs sont des espèces exotiques envahissantes, qui ont peu d'ennemis naturels adaptés à ces nouveaux arrivants, et qui sont assez polyphages (ex. Drosophile à ailes tachetées)
- La qualité des plantes dans la bordure peut affecter la présence et l'abondance des ennemis naturels (ex. bordure affectée par les herbicides)
- Même si les bordures sont aménagées autour d'un champ, le paysage à plus large échelle peut avoir un impact sur les ennemis naturels présents. Ex. un champ de soya aménagé avec des bordures fleuries, mais qui est entouré par des kilomètres de champs de soya.

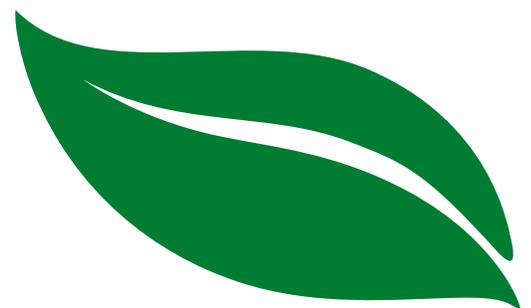


RÉFÉRENCES

- Albrecht et al. 2020. The effectiveness of flower strips and hedgerows on pest control, pollination services and crop yield: a quantitative analysis. *Ecology Letters* 23: 1488-1498.
- Aldrich, J.R. et Cantelo, W.W. 1999. Suppression of Colorado potato beetle infestation by pheromone-mediated augmentation of the predatory spined soldier bug, *Podisus maculiventris* (Say) (Heteroptera: Pentatomidae). *Agric. Forest. Entomol.* 1: 209-217.
- Arbre et Paysage 32. (2014). Aménagements agroforestiers et biodiversité fonctionnelle.
- Boulanger, F.-X., Jandricic, S., Bolckmans, K., Wäckers, F.L., Pekas, A. 2019. Optimizing aphid biocontrol with the predator *Aphidoletes aphidimyza*, based on biology and ecology. *Pest Manag. Sci.* 75 (6): 1479-1493.
- Canard, M. 2005. Seasonal adaptations of green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae). *Eur. J. Entomol.* 102: 317-324.
- Crowther, L.I., Wilson, K. et Wilby, A. 2023. The impact of field margins on biological pest control: a meta-analysis. *BioControl* 68: 387-396.
- Dainese, M. Montecchiari, S., Sitzia, T., Sigura, M. et Marini, L. 2017. High cover of hedgerows in the landscape supports multiple ecosystem services in Mediterranean cereal fields. *J. Appl. Ecol.* 54 : 380-387.
- Dumont, F. Solà, M., Provost, C. et Lucas, E. 2023. The potential of *Nabis americoferus* and *Orius insidiosus* as biological control agents of *Lygus lineolaris* in strawberry fields. *Insects* 14, 385.
- Gagnon Lupien, N., Bergeron Lafontaine, S-C. et Beaulieu, C. 2024a. Aménagement fleuri sur une ferme maraîchère diversifiée. Fiche technique. 15 pages.
- Gagnon Lupien, N., Beaulieu, C. et Bergeron Lafontaine, S-C. 2024b. Aménagement fleuri en grandes cultures. Fiche technique. 12 pages.
- Gagnon Lupien, N., Beaulieu, C. et Villeneuve-Desjardins, X. 2020. Évaluation du potentiel des bordures florales à accroître la biodiversité fonctionnelle dans les cultures pérennes. Rapport Projet 16-BIO-10.
- Gairard, M., Berger, F. et Delval Ph. 2018. Pratiquer la lutte par conservation de la biodiversité fonctionnelle. EcophytoPIC
- Gyawaly, S. 2011. Feeding behavior of *Podisus maculiventris* (Say) (Hemiptera: Pentatomidae): implications for mass rearing and biological control. M.Sc. Thesis, West Virginia University, 58p.
- Karp, D.S., Chaplin-Kramer, R., Meehan, T.D., Martin, E.A., DeClerck, F., Grab, H. et al (2018). Crop pests and predators exhibit inconsistent responses to surrounding landscape composition. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 115, 7863-7870.
- Labrie, G., Estevez, B. et Lucas, E. 2016. Impact of large strip cropping (24 and 48 rows) on soybean aphid during four years in organic soybean. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 222 : 249-257.
- Lutovinovas, E., Kanavalova, L. et Bartak, M. 2019. Dispersal patterns of tachinid flies (Diptera: Tachinidae) in wheat and rape ecosystems and adjacent areas in North-Western Bohemia (Czech Republic). Conference paper, 11th workshop on biodiversity, July 2019.
- Maisonhaute, JE, Labrie, G. and Lucas, É. 2017. Direct and indirect effects of the spatial context on the natural biocontrol of an invasive crop pest. *Biological Control*, 106 : 64-76.
- Martin, G., De Bellabre, M., Lespine, A., Brin, A. 2020. Biodiversité fonctionnelle. DicoAE

RÉFÉRENCES SUITE

- Michalko, R. Pekar, S. et Entling, M.H. 2019. An updated perspective on spiders as generalist predators in biological control. *Oecologia* 189: 21-36.
- Mkenda, P.A., Ndakidemi, P.A., Mbega, E., Stevenson, P.C., Arnold, S.E.J., Gurr, G.M. et Belmain, S.R. 2019. Multiple ecosystem services from field margin vegetation for ecological sustainability in agriculture: scientific evidence and knowledge gaps. *PeerJ* 7: e8091.
- Nicholson, C.C., Ricketts, T.H., Koh, I., Smith, H.G., Lonsdorf, E.V. & Olsson, O. 2019. Flowering resources distract pollinators from crops: model predictions from landscape simulations. *J. Appl. Ecol.*, 56, 618– 628.
- Phillips, B.W. & Gardiner, M.M. 2015. Use of video surveillance to measure the influences of habitat management and landscape composition on pollinator visitation and pollen deposition in pumpkin (*Cucurbita pepo*) agroecosystems. *PeerJ*, 3, e1342.
- Reynolds, S.K., Scott Clem, C., Fitz-Gerald, B., Young, A.D. 2024. A comprehensive review of long-distance hover fly migration (Diptera: Syrphidae). *Ecol. Entomol.* DOI: 10.1111/een.13373.
- Saito, T., MacDonald, C.M. et Buitenhuis, R. 2023. Predation potential and life history of three nabid species as biological control agent of pests in Canadian greenhouses. *Biol. Control* 186: 105335.
- Tscharrntke et al. 2016. When natural habitat fails to enhance biological pest control – five hypotheses. *Biol. Cons.* 204: 449-458.
- Voynaud, L. 2008. Prédation intragilde entre prédateurs actif et furtif au sein d'une gilde aphidiphage. Mémoire. UQAM. 86 p.
- Wallace J., Hammermeister A., Geldart, E. 2021. Lutte biologique contre les ravageurs . Centre d'agriculture biologique du Canada, Université Dalhousie, Truro, N.-É.. 8 pp.
- Weber, D.C., Blackburn, M.B. et Jaronski, S.T. 2022. Biological and behavioral control of potato insect pests. P. 231-276 Dans Alyokhin, A., Rondon, S.I. et Gao, Y. 2022. *Insect pests of potato. Global perspectives on biology and management. Second Edition.*





CETAB+

INAB  CÉGEP DE VICTORIAVILLE

Québec 

agrobio
Coopérative québécoise
d'agriculteurs biologiques

Financement

Ce projet a été financé par le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation dans le cadre du programme Prime-Vert.

Partenariat

Cette fiche a été réalisée dans le cadre d'un projet du CETAB+ en partenariat avec la Coop AgroBio.