

**POTENTIEL DES BANDES FLEURIES COMME RÉSERVOIR DE CHAMPIGNONS  
ENTOMOPATHOGÈNES POUR LE CONTRÔLE DU PUCERON DU SOYA**

**16-BIO-15**

05-2017 – 02-2020

**RAPPORT FINAL**

Réalisé par :  
Sébastien Boquel, CÉROM  
Alexis Latraverse, CÉROM

FÉVRIER 2020

Les résultats, opinions et recommandations exprimés dans ce rapport émanent de l'auteur ou des auteurs et n'engagent aucunement le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation.

# POTENTIEL DES BANDES FLEURIES COMME RÉSERVOIR DE CHAMPIGNONS ENTOMOPATHOGÈNES POUR LE CONTRÔLE DU PUCERON DU SOYA

16-BIO-15

## RÉSUMÉ DU PROJET

La culture du soya au Québec a été mise à rude épreuve depuis l'arrivée du puceron du soya, *Aphis glycines*, en 2001. Ce ravageur peut causer des pertes de rendement considérables et nécessiter des traitements insecticides. Les efforts concertés des experts ont toutefois permis de minimiser ses impacts en promouvant la lutte intégrée. Au cours des dernières années, la diversité des ennemis naturels a toutefois permis de maintenir les populations de pucerons en deçà des seuils économiques d'intervention. Un des ennemis naturels les plus efficaces dans ce domaine est le groupe des champignons entomopathogènes, dont l'espèce principale au Québec est *Pandora neoaphidis*.

Dans certaines situations, il arrive toutefois que l'arrivée des champignons entomopathogènes se fasse trop tardivement, ce qui peut entraîner des pertes de rendement liées aux populations élevées de pucerons. La lutte biologique par conservation des organismes bénéfiques permet de promouvoir des aménagements du territoire qui favorisent l'établissement des ennemis naturels. Quelques études ont ainsi démontré que les bandes fleuries étaient bénéfiques pour les parasitoïdes puisqu'elles leur offrent des sources d'alimentation. Or, l'usage de plantes hôtes alternatives permet aussi de favoriser d'autres ennemis naturels, tels que les champignons entomopathogènes. La présence de pucerons sensibles aux champignons entomopathogènes mais inoffensifs pour le soya, sur les plantes des bandes fleuries ou des bordures de champ, permettrait de maintenir un réservoir de champignons entomopathogènes en début de saison et favoriserait ainsi le contrôle des populations du puceron du soya tout au long de la saison.

Ce projet visait à évaluer le potentiel des bandes fleuries autour des champs de soya comme réservoir de différentes espèces de pucerons sensibles à *P. neoaphidis*, en vue de contrôler les populations du puceron du soya. Dans un premier temps, la présence et la saisonnalité des espèces de pucerons s'alimentant sur les plantes de la bordure ont été recensées. Dans un deuxième temps, les espèces de pucerons sensibles à *P. neoaphidis*, ainsi que leur plantes hôtes, ont été déterminées. L'effet des bandes fleuries sur la dynamique des épizooties du puceron du soya a également évalué. Finalement, une analyse économique a été réalisée afin d'évaluer la rentabilité à la ferme de cette pratique.

## OBJECTIFS ET APERÇU DE LA MÉTHODOLOGIE

### Sites

Les essais de ce projet ont été réalisés en 2017 et 2019 dans quatre champs de soya situés en Montérégie (**Tableau 1**). Les sites sélectionnés devaient avoir au-moins une bande fleurie sur une de leurs bordures et être semés avec du soya sans traitement insecticide de semences et sans application d'insecticides foliaires. Comme aucun site répondant aux critères du projet n'a pu être trouvé en 2018, aucun essai n'a été réalisé cette année et ils ont été reportés en 2019. Une bande fleurie a cependant été implantée au CÉROM en prévision de l'année 2019.

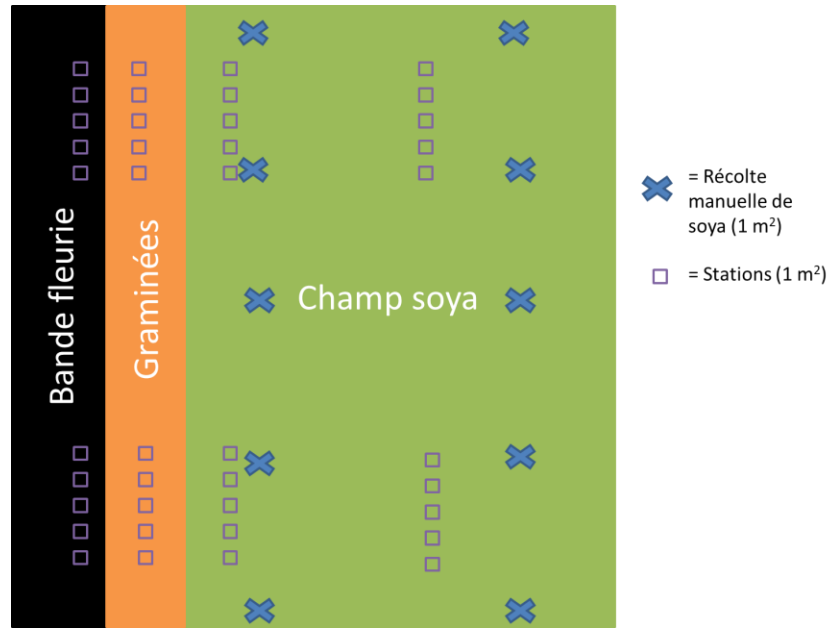
**Tableau 1.** Caractéristiques des bandes fleuries et témoins aux sites suivis en 2017 et 2019.

Année	Site	Type de bande	Largeur (m)	Longueur (m)	Espèces semées
2017	Granby	Fleurie	1	1240	9
	Boucherville	Fleurie	30	600	27
2019	Boucherville	Fleurie	30	600	27
		Témoin	1	150	---
	CÉROM	Fleurie	3	150	20
		Témoin	1	150	---

Les bandes fleuries des sites de Boucherville (même site en 2017 et 2019) et de Granby (2017) étaient constituées d'une bande de fleurs et d'une bande contigüe de graminée, alors que celle du CÉROM (2019) était constituée d'une seule bande de fleurs et de graminées mélangées (mélange renature pour sol argileux avec supplément *Achillea millefolium* et *Solidago canadensis*; Pépinière Rustique, QC). En 2019, une bande témoin (bordure naturelle du champ) a aussi été délimitée dans chacun des champs.

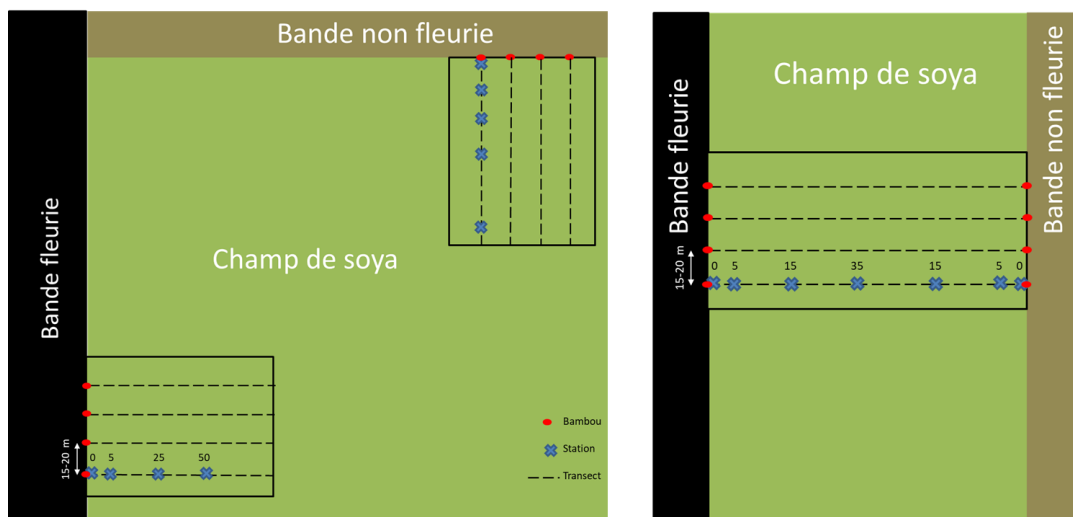
### Dispositifs expérimentaux

En 2017, le dispositif expérimental était constitué de quatre groupes de cinq stations d'échantillonnage de 1 m<sup>2</sup> installés parallèlement à la bordure du champ en début de saison (**Figure 1**). Un groupe de stations était installé dans chacune des bandes (fleurie et graminée), et les deux autres étaient installés à l'intérieur du champ de soya, à 15 et 50 m de la bordure. Ce dispositif était répliqué deux fois pour chacun des champs.



**Figure 1.** Dispositif expérimental utilisé aux sites de Boucherville et de Granby au cours de la saison 2017.

En 2019, le dispositif expérimental était constitué de transects à l'intérieur du champ de soya installés perpendiculairement à la bordure et le long desquels quatre stations d'échantillonnage étaient installées à 0, 5, 25 et 50 m de la bordure. Quatre transects étaient installés en face de chacune des bandes (fleurie et témoin) pour un total de huit transects (**Figure 2**). En raison de la largeur trop faible du champ au site du CÉROM, les stations d'échantillonnage ont été installées à 0, 5, 15 et 35 m de la bordure (**Figure 2**). La station à 35 m tombait au centre du champ et servait de station d'échantillonnage à la fois pour la bande témoin et pour la bande fleurie.



**Figure 2.** Dispositif expérimental utilisé aux sites de Boucherville (à gauche) et du CÉROM (à droite) au cours de la saison 2019.

### ***O.1. Recenser les espèces de pucerons et leur saisonnalité sur les plantes hôtes des bandes fleuries déjà établies.***

Au cours des deux années du projet, les plantes des bandes ont été dépistées une fois par semaine entre le début du mois de juin et la fin du mois d'août et les pucerons observés sur les plants étaient classés en morphotypes et dénombrés. En 2017, toutes les plantes présentes dans les stations d'échantillonnage délimitées en début de saison ont été dépistées. Une quinzaine de plantes choisies aléatoirement en dehors des stations étaient aussi dépistées à chaque semaine. En 2019, au lieu d'établir des stations d'échantillonnage fixes, les bandes fleuries et témoins ont été entièrement dépistées en début de saison (début juin) afin de trouver des colonies de pucerons. Les plantes infestées étaient ensuite étiquetées et dépistées à chaque semaine pour pouvoir suivre l'évolution des colonies de pucerons. Les bandes ont de nouveau été entièrement dépistées à deux reprises au cours de la saison (en juillet et en août) afin de trouver de nouvelles colonies sur de nouvelles plantes.

### ***O.2. Évaluer la sensibilité des pucerons présents sur les plantes hôtes des bandes à *Pandora neoaphidis*.***

La présence de champignons entomopathogènes sur les pucerons retrouvés dans les bandes a été évaluée en mettant en culture des pucerons morts sur des géloses de dextrose-agar avec antibiotique, afin de cultiver les champignons éventuellement présents à la surface ou à l'intérieur des pucerons.

En 2017, l'évaluation a été faite sur les trois morphotypes de pucerons prédominants. Pour ce faire, 100 individus de chacun des morphotypes ont été récoltés au moment du pic d'abondance de pucerons sur des plants étiquetés à l'objectif 1. Les pucerons étaient mis dans des boîtes de Pétri avec une feuille de la plante sur laquelle ils étaient trouvés et placées en chambre de croissance pendant quatre jours à 20°C, 70% d'humidité relative et un cycle lumière-obscurité 16/8 h. Les individus morts après cette période étaient récupérés, mis en culture et placés à l'obscurité dans une chambre de croissance Conviron® (19°C) pendant une à deux semaines.

En 2019, des échantillons de chacune des plantes étiquetées à l'objectif 1 qui présentaient des pucerons (feuilles ou têtes de plants) ont été prélevés tout au long de la saison et placés dans des tubes Falcon de 15 mL remplis d'une solution de Floralife®. Les tubes étaient ensuite placés sur un support en cartons et laissés à 22°C pendant 4-5 jours. Après cette période, les pucerons morts retrouvés sur le carton sous les échantillons de plantes ont été mis en culture et placés à l'obscurité dans une chambre de croissance Conviron® (19°C, 70% d'humidité relative) pendant une à deux semaines.

Une fois la période d'incubation des champignons terminée, les géloses étaient placées au réfrigérateur jusqu'à leur identification par microscopie à l'aide d'une coloration à l'orcéine et/ou de frottis.

### ***O.3. Déterminer l'effet des bandes fleuries sur la dynamique des épizooties du puceron du soya dans la culture du soya.***

Afin d'évaluer la dynamique de population et d'infection des pucerons du soya par des champignons entomopathogènes au cours de la saison, un dépistage du soya a été effectué une fois par semaine à chacune des stations délimitées dans le soya. Pour ce faire, le nombre de pucerons sains et de pucerons infectés par un champignon entomopathogène était compté sur chacun des plants.

En 2017, le dépistage a été effectué dans toutes les stations situées à 15 et 50 m de la bande fleurie de début juillet à fin août sur quatre plants identifiés en début de saison (80 plants par champ). Ces mêmes plants ont été dépistés tout au long de la saison afin de suivre l'évolution des populations.

En 2019, le dépistage a été effectué de fin juillet à fin août à chacune des stations (0, 5, 25, et 50 à Boucherville et à 0, 5, 15, et 35 au CÉROM). Contrairement à ce qui a été fait en 2017, les stations étaient d'abord inspectées en début de saison dans un rayon de 2 m afin de trouver des plants avec des pucerons. Les plants infestés étaient étiquetés, jusqu'à un maximum de quatre plants par station (112 à 128 plants par champ) et dépistés tout au long de la saison. Si le nombre requis de plant n'était pas atteint à une station, ou si un des plants étiquetés n'avait plus de pucerons, la station était inspectée à nouveau pour trouver de nouveaux plants infestés.

Comme pour les pucerons des bandes, la présence de champignons entomopathogènes a aussi été évaluée sur les pucerons du soya retrouvés en champ durant le pic de population (15-30 août). En 2017, l'évaluation a été faite sur 100 pucerons prélevés dans chacun des champs de soya, alors qu'en 2019, des feuilles de soya avec des pucerons ont été récoltées sur quatre plants à chacune des stations d'échantillonnage (une feuille du haut et une feuille du bas sur chaque plant). Dans les deux cas, les échantillons étaient ramenés au laboratoire et traités de la même manière que pour les échantillons de plantes des bandes (voir objectif 2).

### ***O.4. Évaluer la rentabilité à la ferme de l'utilisation des bandes fleuries.***

Des échantillons de soya ont été récoltés manuellement dans chacun des champs afin d'évaluer le rendement et d'obtenir des données pour l'analyse économique. Pour les deux années du projet, l'évaluation du rendement a été faite en récoltant deux rangs de soya de 1 m à chacune des stations localisées dans le soya et dépistées à l'objectif 3.

L'analyse économique a été réalisée par le chercheur Luc Belzile M.Sc. de l'IRDA afin d'évaluer la rentabilité de l'utilisation des bandes fleuries en bordure de champs de soya. Cette analyse inclue entre autres les coûts d'implantation des bandes fleuries ainsi que les variations de revenus en fonction des variations de rendements.

## RÉSULTATS SIGNIFICATIFS OBTENUS

### O.1. Recenser les espèces de pucerons et leur saisonnalité sur les plantes hôtes des bandes fleuries déjà établies

Au cours des deux années du projet, un total de 38 085 pucerons a été recensé sur 194 plantes appartenant à 21 espèces (**Tableau 2**). Le nombre d'espèces de plantes infestées (toutes bandes confondues) variait de 5 à 11 espèces selon les sites. Moins de 6 % des plantes infestées (11) appartenaient à une espèce semée (*Anthriscus sp.*, *Desmodium canadense* et *Heliopsis helianthoides*). Toutes les autres plantes étaient des espèces indigènes, dont plus de la moitié appartenaient aux genres *Sonchus* (Laiterons, 21% des plantes), *Aster* (Asters, 13%), *Asclepias* (Asclépiades, 12%), et *Cirsium* (Chardons, 10%).

**Tableau 2.** Nombre de plantes infestées de chaque espèce et nombre total de pucerons trouvés (entre parenthèses) dans les bandes des sites suivis en 2017 et 2019. Seules les plantes sur lesquelles des pucerons ont été trouvés ont été comptabilisées.

Plante hôte	2017		2019				Total	Pucerons /plant
	Boucherville	Granby	Boucherville		CÉROM			
			BF <sup>1</sup>	BT <sup>1</sup>	BF <sup>1</sup>	BT <sup>1</sup>		
<i>Acer negundo</i>						4 (100)	25	
<i>Ambrosia sp.</i>					1 (1)	1 (1)	1	
<i>Anthriscus sp.</i>	1 (1)					1 (1)	1	
<i>Arctium sp.</i>				1 (30)		6 (5150)	740	
<i>Asclepias sp.</i>	3 (17)	13 (105)	7 (634)	1 (30)		1 (500)	25 (1286)	
<i>Aster sp.</i>	19 (1365)		5 (151)				24 (1516)	
<i>Cirsium sp.</i>	6 (602)	3 (19)	3 (1700)	1 (20)	3 (1600)	3 (5150)	19 (9091)	
<i>Cornus sericea</i>	3 (450)		2 (1300)	5 (400)			10 (2150)	
<i>Desmodium canadense</i>	1 (1)						1 (1)	
<i>Heliopsis helianthoides</i>	1 (1)	8 (959)					9 (960)	
<i>Lotus corniculatus</i>	1 (15)						1 (15)	
<i>Malus sp.</i>			1 (500)				1 (500)	
<i>Medicago sativa</i>					5 (106)		5 (106)	
<i>Oenothera biennis</i>				2 (1050)			2 (1050)	
<i>Pastinaca sativa</i>						10 (4350)	10 (4350)	
<i>Phragmites sp.</i>				4 (830)		1 (150)	5 (980)	
<i>Poaceae sp.</i>		3 (16)					3 (16)	
<i>Rumex crispus</i>						2 (800)	2 (800)	
<i>Solidago sp.</i>	4 (460)		3 (12)				7 (472)	
<i>Sonchus sp.</i>	16 (594)	5 (11)	4 (400)	2 (130)	6 (1065)	8 (590)	41 (2790)	
<i>Valeriana officinalis</i>			8 (4500)	6 (2020)		2 (200)	16 (6720)	
<b>Total</b>	<b>55 (3506)</b>	<b>32 (1110)</b>	<b>33 (9197)</b>	<b>22 (4510)</b>	<b>15 (2772)</b>	<b>37 (16990)</b>	<b>194 (38085)</b>	

<sup>1</sup> BF = bande fleurie, BT = bande témoin

Sur les deux années du projet, 29 morphotypes de puceron ont été observés sur les plantes des bandes, dont huit qui représentaient à eux seuls 90 % des captures. La forte abondance de ces morphotypes laisse penser que la propagation de champignons entomopathogènes serait plus probable par ces espèces. De plus, ils pourraient jouer un important rôle de réservoir de champignons entomopathogènes.

Les colonies de pucerons les plus importantes ont été observées sur les espèces de plantes du genre *Arctium* (740 pucerons/plant en moyenne), *Cirsium* (479), ainsi que sur les espèces *Pastinaca sativa* (435) et *Valeriana officinalis* (420) (**Tableau 2**). Les espèces de plante du genre *Oenothera* (525), *Malus* (500) et *Rumex* (400) présentaient également des colonies de pucerons importantes, mais seulement une à deux plantes étaient infestées parmi les plantes dépistées.

Pour les deux années, 48 % des plantes (10 espèces) avaient des colonies de pucerons supérieures à 100 individus. À noter que ces espèces différaient en fonction des sites et de l'année. Par exemple, à Boucherville en 2017, 460 pucerons ont été trouvés sur quatre plantes de *Solidago sp.* (115 pucerons/plant), alors qu'en 2019, seuls 12 pucerons répartis sur 3 plantes ont été retrouvés (4 pucerons/plant). En outre, la bande fleurie de Boucherville était celle qui présentait le plus de plantes avec présence de pucerons. Il faut cependant noter que les plantes des bandes témoins présentaient également des colonies de pucerons parfois importantes et pourraient être également des sources de champignons entomopathogènes. Les espèces de plantes qui présentent fréquemment des colonies de puceron de plus de 100 individus pourraient être des hôtes potentiels de pucerons permettant d'envisager la propagation de champignons entomopathogènes.

### ***O.2. Évaluer la sensibilité des pucerons présents sur les plantes hôtes à *Pandora neoaphidis****

Pour les deux années du projet, des échantillons de plantes infestées par des pucerons ont été collectés dans les bandes puis ramenés au laboratoire. Les pucerons qui mourraient étaient mis en culture afin d'évaluer s'ils étaient porteurs de champignons entomopathogènes.

En 2017, 203 pucerons morts ont ainsi été mis en culture, mais aucun champignon entomopathogène n'a été observé. Un problème technique lié à l'entreposage des cultures de champignons est survenu à l'hiver 2017-2018, et bien que la majorité des échantillons aient été récupérés, il est possible que cet incident ait eu un impact négatif sur les champignons et que cela ait nuit à leur identification.

En 2019, 100 pucerons morts ont été collectés à partir des plantes des bandes fleuries (53) et témoins (47), et comme observé en 2017, aucun champignon entomopathogène n'a été observé. En revanche, tous les pucerons mis en culture étaient porteurs d'organismes secondaires. La grande majorité de ces organismes étaient des champignons non entomopathogènes du genre *Cladosporium*, *Fusarium* et *Penicillium*. Certains champignons appartenant à la famille des *Dematiaceae* (champignons non-entomopathogènes) n'ont cependant pu être identifiés au genre.

### ***O.3. Déterminer l'effet des bandes fleuries sur la dynamique des épizooties du puceron du soya dans la culture du soya***

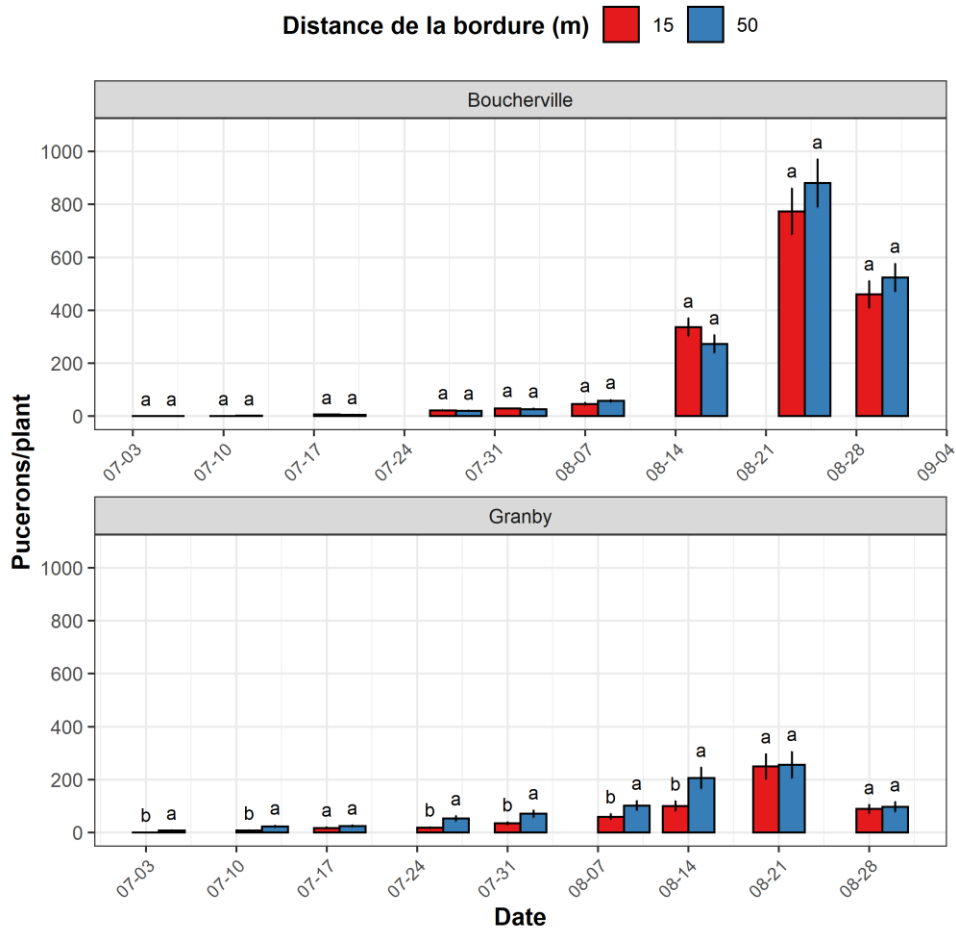
#### *Dynamique de population du puceron du soya*

En 2017, les populations de pucerons les plus élevées ont été observées au site de Boucherville où le pic d'abondance de pucerons a atteint près de 900 individus/plant le 24 août, contre environ 250 individus/plant pour le site de Granby le 21 août (**Figure 3**).

À Boucherville, les populations de pucerons ne différaient pas entre les stations à 15 et 50 m de la bordure, et ce, tout au long de la saison (LRT;  $\chi^2_{(1)} = 0,202$ ;  $p = 0,653$ ; **Figure**



3). À Granby, par contre, des différences ont été observées entre les stations à 15 et 50 m, mais seulement en début de saison (LRT;  $\chi^2_{(1)} = 61,3$ ;  $p < 0,001$ ). Ainsi, entre le 4 juillet et le 14 août, les pucerons étaient plus abondants au centre qu'en bordure de champ, mais les populations se sont égalisées à partir du 21 août.

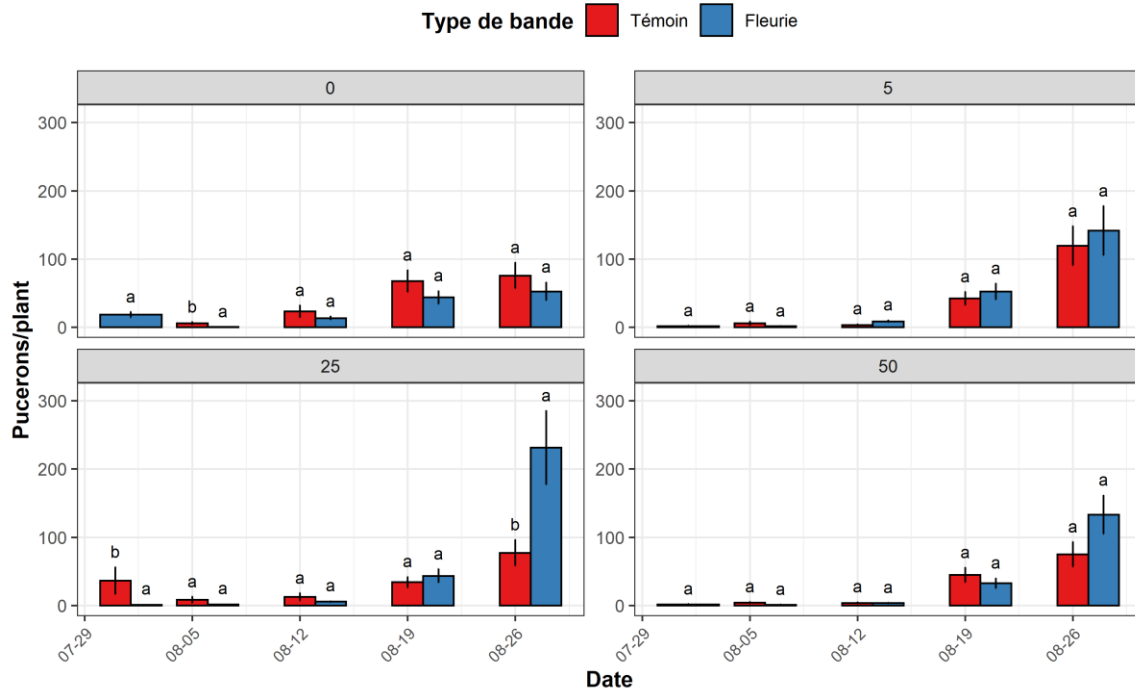


**Figure 3.** Nombre moyen de pucerons par plant à 15 et 50 m de la bande fleurie au cours de la saison aux sites de Boucherville et Granby en 2017. Les barres avec des lettres en commun ne diffèrent pas significativement au seuil de 0,05.

En 2019, les populations de pucerons ont été plus faibles qu'en 2017. Les densités de pucerons au Québec étaient d'ailleurs les plus faibles enregistrées depuis 2010 (moyenne provinciale de 3 pucerons/plant; maximum de 14,5 pucerons/plant au 19 août; Réseau d'avertissements phytosanitaires 2019). Aux sites de Boucherville et du CÉROM, les pics de population de pucerons du soya ont été observés vers la fin du mois d'août (27 et 29 août, respectivement). Les populations les plus élevées ont été observées au site de Boucherville avec un pic d'abondance d'environ 230 pucerons/plant, (**Figure 4**) contre 108 pucerons/plant au CÉROM (**Figure 5**).

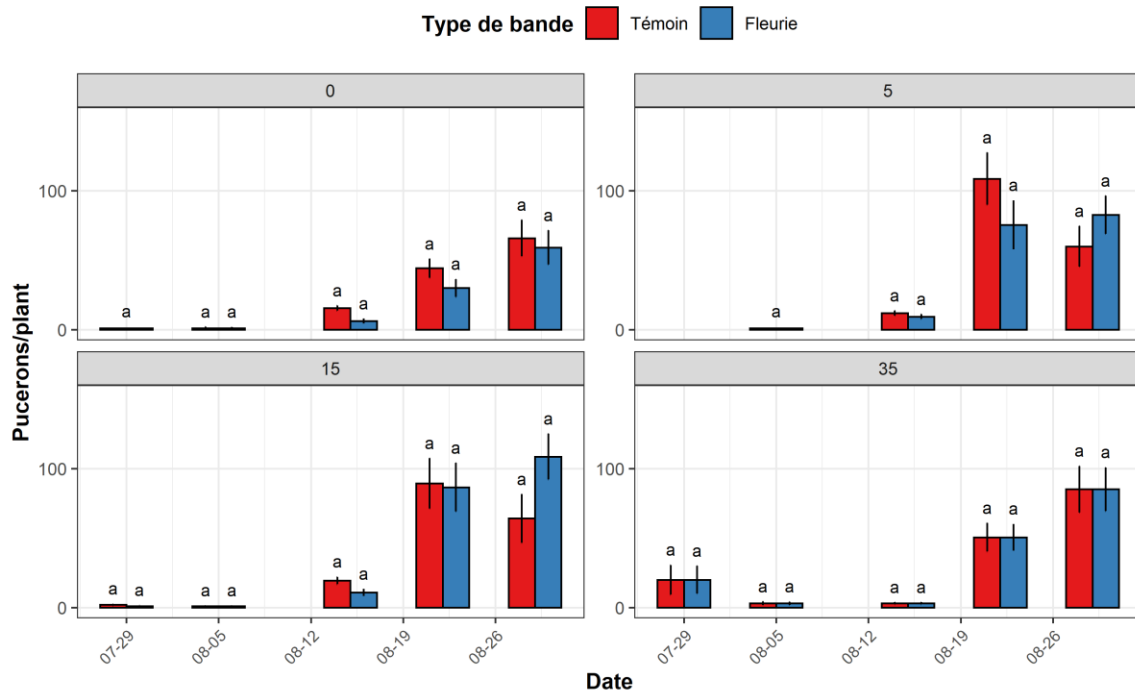
À Boucherville, les pucerons étaient plus abondants en début de saison dans les stations en face de la bande témoin par rapport à celles de la bande fleurie (LRT;  $\chi^2 = 28,5$ ;  $p < 0,001$ ). Cette tendance a été observée jusqu'au 6 août, inclusivement,

après quoi les populations sont devenues similaires entre les deux bandes. De plus, les stations de la bande témoin avaient des abondances de pucerons plus élevées que celles de la bande fleurie (0, 5 et 25 m), à l'exception des stations à 50 m qui avaient des abondances similaires (LRT;  $\chi^2 = 8,74$ ;  $p = 0,033$ ).



**Figure 4.** Nombre moyen de pucerons par plant à différentes distances des bandes fleuries et témoins au cours de la saison au site de Boucherville en 2019. Les barres avec des lettres en commun ne diffèrent pas significativement au seuil de 0,05.

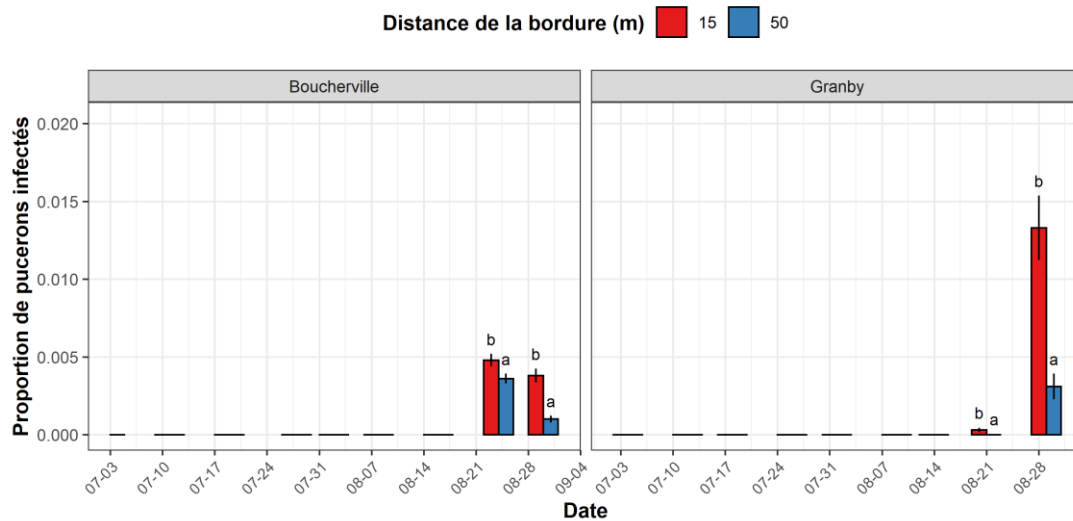
Au CÉROM, l'abondance des pucerons est restée similaire tout au long de la saison entre les stations faisant face à la bande fleurie et celles faisant face à la bande témoin (LRT;  $\chi^2_{(1)} = 2,64$ ;  $p = 0,620$ ; **Figure 5**).



**Figure 5** : Nombre moyen de pucerons par plant à différentes distances des bandes fleuries et témoins au cours de la saison au site du CÉROM en 2019. Les barres avec des lettres en commun ne diffèrent pas significativement au seuil de 0,05.

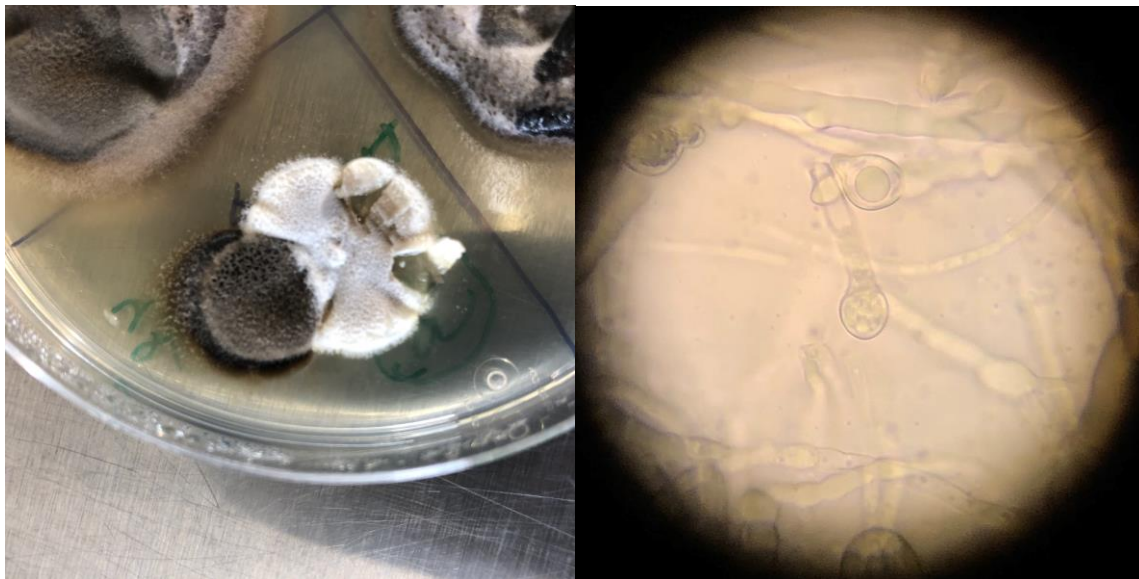
En 2017, les premières observations de pucerons du soya infectés par des champignons entomopathogènes ont été faites relativement tard dans la saison (**Figure 6**). Ces observations coïncidaient cependant avec les pics d'abondance (**Figure 3**). Bien que généralement faibles, les pourcentages de pucerons infectés étaient légèrement plus élevés à Granby (0,96 % le 29 août) qu'à Boucherville (0,39 % le 24 août).

Pour les deux sites, les taux d'infections près de la bande fleurie étaient significativement plus élevés qu'au centre du champ. (LRT; Boucherville :  $\chi^2_{(1)} = 17,7$ ,  $p < 0,001$ ; Granby :  $\chi^2_{(1)} = 30,4$ ,  $p < 0,001$ ; **Figure 6**). Cette différence était particulièrement marquée à la dernière date de dépistage avec des pourcentages d'infection qui atteignaient 0,53 % près de la bande contre 0,11 % au centre du champ à Boucherville, et 1,44 % près de la bande contre 0,48 % au centre du champ à Granby.



**Figure 6.** Pourcentage moyen de pucerons par plant infectés par un champignon entomopathogène à 15 et 50 m de la bande fleurie au cours de la saison aux sites de Boucherville et Granby en 2017. Les barres avec des lettres en commun ne diffèrent pas significativement au seuil de 0,05.

En 2019, 67 pucerons morts ont été collectés à partir des feuilles de soya récoltées en fin de saison, dont 52 au site de Boucherville et 15 au CÉROM. Comme observé dans les bandes fleuries, l'identification des cultures a montré que tous les pucerons étaient porteurs de champignons non entomopathogènes appartenant aux genres *Cladosporium*, *Fusarium* et/ou *Penicillium*. Cependant, il semblerait que deux des pucerons récoltés étaient possiblement porteurs de champignons entomopathogènes, dont un du genre *Beauveria* trouvé au CÉROM, et l'autre du genre *Pandora* trouvé à Boucherville (**Figure 7**). De manière intéressante, ces deux pucerons ont été capturés dans des stations d'échantillonnages faisant face aux bandes fleuries. Il sera intéressant de faire valider ces identifications à l'aide de techniques moléculaires.



**Figure 7.** Culture présumée de *Pandora* sp. issue d'un puceron du soya prélevé dans le champ du CÉROM (à gauche) et vue au microscope d'un frottis réalisé à partir de la même culture (à droite).

#### ***O.4. Évaluer la rentabilité à la ferme de l'utilisation des bandes fleuries.***

Pour les deux années du projet, le rendement près de la bande fleurie était plus faible de 15 à 25 % comparé au rendement au milieu du champ, et ce, pour tous les sites (2017 : LRT;  $X_{(1)} = 238$ ;  $p < 0,009$ ; 2019 : LRT;  $X_{(4)} = 611$ ;  $p = 0,019$ ). Il n'est cependant pas possible de déterminer si cet effet est lié à la présence de la bande fleurie, car les bordures de champs sont souvent moins productives que le reste du champ.

L'analyse économique réalisée par Luc Belzile de l'IRDA est annexé au rapport (**Annexe A**).

## **DIFFUSION DES RÉSULTATS**

Aucune activité de diffusion n'a été faite dû aux faibles résultats.

## **APPLICATIONS POSSIBLES POUR L'INDUSTRIE**

Ce projet a permis de montrer que différentes espèces de pucerons sont présentes, parfois en abondance, sur les plantes des bandes fleuries et non fleuries. Cependant, une très faible proportion de plantes infestées était des plantes semées, la vaste majorité étant plutôt des espèces indigènes. Les plantes présentant des colonies de 100 pucerons ou plus pourraient jouer un rôle de réservoir non négligeable si ceux-ci étaient porteurs de champignons entomopathogènes. Néanmoins, les résultats de la mise en culture des pucerons provenant des bandes ont montré qu'aucun n'était porteur de champignons entomopathogènes.

L'observation des infections et le prélèvement de pucerons dans les champs de soya ont montré des taux d'infection faibles et une présence tardive de champignons (au pic de population du puceron du soya). Deux pucerons capturés lors du pic de population dans des stations d'échantillonnage faisant face aux bandes fleuries étaient possiblement porteurs de champignons entomopathogènes, dont un du genre *Beauveria* et l'autre du genre *Pandora*. Cette faible présence de champignons entomopathogènes pourrait être expliquée par les faibles populations de pucerons présentes dans les champs, mais aussi par des conditions climatiques non favorables aux champignons, particulièrement lors des deux dernières années. Il est probable que certaines années (lorsque les conditions sont favorables), les champignons exercent un moyen de contrôle des populations de pucerons, mais d'autres études seraient requises afin de confirmer si les bandes fleuries ou non fleurie jouent un rôle de réservoir important de champignons entomopathogènes.

## **POINT DE CONTACT POUR INFORMATION**

### **Sébastien Boquel, Ph.D.**

Centre de recherche sur les grains inc. (CÉROM),  
740 chemin Trudeau,  
Saint Mathieu de Beloeil, J3G 0E2  
Tel : +1 (450) 464 - 2715 poste 249,  
Courriel : Sebastien.Boquel@cerom.qc.ca

## **REMERCIEMENTS AUX PARTENAIRES FINANCIERS**

Ce projet a été réalisé en vertu du volet 4 du programme Prime-Vert 2013-2018 et il a bénéficié d'une aide financière du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ).

Les auteurs remercient la ville de Boucherville pour l'accès à la bande fleurie, la ferme Spani & fils (Granby) et la ferme André Lussier (Boucherville) pour l'accès à leurs champs de soya. Les collaborateurs du COVABAR et du club conseil Gestrie-sol sont également remerciés pour leur implication dans la recherche de bandes fleuries répondant aux critères du projet.

Nos remerciements vont également auprès d'Annie-Ève Gagnon, Geneviève Labrie, Tanya Copley, Snizhana Olishevskaya, Annie Christine Boucher, Jennifer De Almeida, Patrice Hamelin, Mathieu Neau, Christelle Danjou, Maxime Carrier, Rebecca Lacroix, Charles-Étienne Ferland, Maggie Daigneault, Roxanne Camiré, Yesenia Margarita Alvis, Marianne Bessette, Jade Legros, Jenny-Lee Aubin-Yergeau, Améline Guillon, Alexandre Leblanc, Sandrine Corriveau-Tousignant, Frédérique Pilote, Etienne Minaud et Mariko Archambault pour leur participation de près ou de loin à ce projet.

Nous remercions également les ouvriers du CÉROM, Eddy Michaud, Stanislas Platterier, Mario Marquis, Hélène Lemonde, Olivier Pageau pour l'implantation et l'entretien de la bande fleurie et du champ de soya au CÉROM.

## ANNEXE A

### POTENTIEL DES BANDES FLEURIES COMME RÉSERVOIR DE CHAMPIGNONS ENTOMOPATHOGÈNES POUR LE CONTRÔLE DU PUCERON DU SOYA – VOLET ÉCONOMIQUE

Les aménagements fleuris en milieu agricole (AFMA) ont pour vocation d'améliorer l'état de la biodiversité, et par conséquent, la lutte biologique contre les ravageurs des cultures. Sur ce dernier aspect, les AFMA présentent un potentiel de rentabilité si, en agriculture biologique, ils protègent le potentiel de rendement ou encore, en agriculture conventionnel, ils substituent les pesticides pour la protection du même rendement.

Dans ce projet, l'analyse économique consiste principalement à estimer les seuils de rentabilité (SR) des AFMA dans la culture du soya en fonction de deux marchés, soit le biologique et le conventionnel. Les SR représentent les gains de rendement à obtenir afin de rentabiliser la pratique. Dans le présent exercice, ces seuils sont rapportés selon deux superficies de la surface attenante de la culture principale (1 et 3 ha).

#### Méthode

##### *Coûts de l'AFMA*

Les coûts relatifs aux AFMA sont de deux ordres, soit les coûts d'implantation et les coûts d'entretien. Tout dépendant des caractéristiques des AFMA, ces deux catégories de coûts se présenteront dans des proportions différentes. Pour un aménagement pérenne, les coûts d'implantation représenteront une très grande proportion des coûts totaux alors que pour les aménagements à entretien annuel ou bisannuel, les coûts d'implantation sont de moindre importance.

Les coûts d'implantation se calculent en considérant trois catégories, soit le coût de la semence, le coût des opérations culturales et le coût de la main-d'œuvre pour la partie qui n'est pas incluse dans les deux postes précédents (ex. entretien manuel de l'aménagement).

Quant aux coûts d'entretien, ils sont composés des mêmes catégories, mais en y ajoutant un item très important, c'est-à-dire le coût d'opportunité. Le coût d'opportunité peut être exprimé comme le bénéfice abandonné par la substitution de la surface en culture par l'AFMA. Dans la présente analyse, le coût d'opportunité est représenté par la marge sur coût variable (MCV) du soya biologique et du soya conventionnel, selon le cas.

Le **Tableau 3** présente le calcul des coûts. Concernant le coût d'approvisionnement, celui-ci se résume au coût de la semence, laquelle est ensemencée au taux de 50 kg/ha



et en considérant un coût unitaire de 66,75 \$/kg<sup>1</sup> et une surface de 345 m<sup>2</sup>. Ensuite, le coût des opérations culturales a été considéré en utilisant les informations du projet et les coûts unitaires des Références économiques du Centre de références en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ, 2018). Les coûts de main-d'œuvre sont calculés à partir de l'information du projet et en utilisant un taux horaire de 18 \$/heure. Dans ce projet, les coûts de main-d'œuvre à l'implantation sont associés à l'activité d'irrigation qui survenait seulement à la première année. Enfin, le coût d'opportunité est établi à partir des MCV que l'on peut trouver dans les références du CRAAQ (2019a, 2019b).

### *Valeur actualisée nette*

Le calcul de la valeur actualisée nette (VAN) permet d'illustrer en tout début de période le coût d'une pratique qui s'exerce sur le moyen et le long terme. En d'autres mots, le calcul permet de voir comment la pratique se traduit en termes financiers si l'on souhaite évaluer un paiement unique de départ qui reflète, en début de période, tous les coûts à venir dans le futur. Cette technique peut être particulièrement intéressante pour quiconque cherche à comparer un AFMA pérenne à un AFMA annuel ou bisannuel. La VAN est calculée selon l'équation (1) ci-dessous :

$$VAN = \frac{\text{flux monétaire}}{(1+r)^n} \quad (1)$$

où  $r$ , le taux d'escompte annuel;  
 $n$ , le nombre d'années dans la période;

Dans la présente analyse, le taux d'escompte utilisé est de 1 % pour refléter la période de bas taux d'intérêt dans laquelle nous nous situons.

### *Seuil de rentabilité*

Des seuils de rentabilité (SR) peuvent être calculés à partir des coûts préalablement évalués et des prix du soya observés sur les marchés. Il en résulte le gain de rendement à obtenir afin de rentabiliser la pratique, et ce, par l'équation (2) ci-dessous :

$$SR = \frac{\text{coût de la pratique} (\$/ha)}{\text{prix du soya} (\$/t)} = x \text{ t/ha} \quad (2)$$

Dans ce calcul, les coûts sont ceux évalués au **Tableau 3** et les prix sont ceux en cours au moment d'écrire ces lignes, soit 430 \$/tonne pour le soya conventionnel et 1 000 \$/tonne pour le soya biologique<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> <https://pepiniererustique.ca/boutique/fr/semences/renature-sol-argileux-p293c76/>

<sup>2</sup> <http://www.pgg.ca/mise-en-marche/service-dinformation-sur-les-marches/>

## Résultats

Les résultats des coûts d'implantation montrent que ceux-ci s'expliquent entièrement ou presque par les semences et la main-d'œuvre (**Tableau 3**). S'élevant respectivement à 115 et à 144 \$ pour l'ensemble de l'aménagement de 345 m<sup>2</sup>, ces éléments composent 99 % des coûts d'implantation. Ce fait n'est pas étonnant en considérant que mis à part la semence comme élément de dépense, l'implantation d'un AFMA exige davantage d'opération à forte intensité en main-d'œuvre qu'en opérations mécanisées, dû aux petites superficies concernées.

En ce qui a trait au coût d'entretien, bien que la semence représente à nouveau une dépense fort importante, le coût d'opportunité y prend une plus grande place, soit 15 % des coûts d'entretien dans le cas du soya conventionnel (20,63 \$/137,35 \$) et 38 % pour ce qui est du soya biologique (71,07 \$/187,79 \$). Ironiquement, si l'on peut dire, alors que l'adoption des AFMA serait plus largement répandue dans le mode biologique, c'est dans celui-ci que le coût d'opportunité y est plus élevé, en raison de la plus grande valeur du produit, ce qui en défavorise l'adoption.

Dans le cas présent, toujours au **Tableau 3**, on peut constater que la VAN sur 10 ans se chiffre à 1 445 \$ pour l'AFMA attendant un champ de soya conventionnel et de 1 923 \$ pour celui attendant un champ de soya biologique. Si l'on se projette sur une période de 25 ans, cette évaluation est respectivement de 3 169 \$ et 4 280 \$.

**Tableau 3.** Coûts d'implantation et d'entretien des aménagements fleuris dans la culture du soya.

	Aménagement 1	Aménagement 2
<b>Information générale</b>		
Culture principale	Soya conventionnel	Soya biologique
Superficie de la culture principale attenante à l'aménagement (ha)	1	1
Type d'aménagement	Fleuri	
Fréquence de renouvellement	Annuelle	
Dimensions :		
Largeur (m)	3	
Longueur (m)	115	
Surface de l'aménagement (m <sup>2</sup> )	345	
<b>Coût d'implantation</b>		
Approvisionnements : semence	115,14 \$	
Opérations culturales (OC) :		
Préparation de sols;	1,35 \$	
Semis	1,58 \$	
Main-d'œuvre (autre que pour les OC)	144,00 \$	
<b>Sous-total – coût d'implantation</b>	<b>262,07 \$</b>	
<b>(\$/m<sup>2</sup>)</b>	<b>0,76 \$</b>	
<b>Coût d'entretien</b>		
Approvisionnements : semence	115,14 \$	
Opérations culturales (OC) :		
Semis	1,58 \$	
Main-d'œuvre (autre que pour les OC)	144,00 \$	
<b>Sous-total – coût d'entretien</b>	<b>116,72 \$</b>	
<b>(\$/m<sup>2</sup>)</b>	<b>0,34 \$</b>	
<b>Coût d'opportunité</b>		
Marge sur coûts variables de la culture substituée (\$/ha)	598,00 \$	2 060,00 \$
Coût d'opportunité pour l'aménagement (\$)	20,63 \$	71,07 \$
<b>(\$/m<sup>2</sup>)</b>	<b>0,06 \$</b>	<b>0,21 \$</b>
<b>Sous-total – année 1 (Implantation + opportunité)</b>	<b>282,70 \$</b>	<b>333,14 \$</b>
<b>(\$/m<sup>2</sup>)</b>	<b>0,82 \$</b>	<b>0,97 \$</b>
<b>Sous-total – années suivantes (Entretien + opportunité)</b>	<b>137,35 \$</b>	<b>187,79 \$</b>
<b>(\$/m<sup>2</sup>)</b>	<b>0,40 \$</b>	<b>0,54 \$</b>
<b>Valeur actualisée nette (VAN) - 10 ans</b>	<b>1 444,80 \$</b>	<b>1 922,53 \$</b>
<b>\$/m<sup>2</sup></b>	<b>4,19 \$</b>	<b>5,57 \$</b>
<b>Valeur actualisée nette (VAN) - 25 ans</b>	<b>3 168,81 \$</b>	<b>4 279,64 \$</b>
<b>\$/m<sup>2</sup></b>	<b>9,18 \$</b>	<b>12,40 \$</b>

Finalement, à l'égard des seuils de rentabilité, ceux-ci sont présentés au **Tableau 4** en fonction de deux différents marchés et de deux superficies de soya attenantes. Logiquement, les seuils de rentabilité sont plus faciles à atteindre à l'égard du soya biologique en raison de la valeur de la production plus élevée. Aussi, les seuils sont plus accessibles une fois l'étape d'entretien atteinte, puisque les coûts d'implantation sont les plus difficiles à rentabiliser.

**Tableau 4.** Seuils de rentabilité des aménagements fleuris en culture de soya.

	Aménagement 1 – Soya conventionnel		Aménagement 2 – Soya biologique	
	1	3	1	3
Superficie en culture attenante (ha)				
Coût d'implantation	283 \$		333 \$	
Coût d'entretien	137 \$		186 \$	
Prix de la culture (\$/tonne)	430		1 000	
SR Implantation (kg/ha)	657	219	333	111
SR Entretien (kg/ha)	319	106	186	62

## Discussion

La présente analyse offre une information économique sur un thème où il en existe très peu. En effet, les producteurs et leurs conseillers sont très peu outillés afin d'évaluer l'impact économique de l'introduction d'aménagements fleuris en milieu agricole. Cette situation est compréhensible puisque ce thème présente des particularités bien à lui.

Tout d'abord, au regard des coûts, il est essentiel de ne pas omettre l'évaluation des coûts d'opportunité, en plus des approvisionnements, des opérations culturales et de la main-d'œuvre. En effet, les coûts d'opportunité constituent possiblement l'un des plus grands freins à l'adoption des aménagements, même si cela peut parfois reposer davantage sur des perceptions. Dans cet exercice, il est important de garder à l'esprit que plus une culture principale présente une grande valeur de marché, plus son coût d'opportunité est grand.

Deuxièmement, la notion de valeur actualisée nette a été introduite afin de sensibiliser le lecteur à l'importance de cet outil si l'utilisateur souhaite comparer des aménagements aux différentes perspectives de pérennité. En effet, les aménagements fleuris sont une des rares pratiques agroenvironnementales à requérir ce regard.

Finalement, il faut mentionner que cette analyse économique visait davantage à pourvoir le lecteur en une information économique qu'en une analyse de rentabilité formelle. Dans des travaux futurs regroupant davantage de résultats, l'analyse économique pourra être perfectionnée.

## Références

Centre de références en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ).

- 2018. Machinerie - Coûts d'utilisation et taux à forfait suggérés (AGDEX 740/825). CRAAQ, 25 pages.
- 2019a. Soya humain biologique - Budget à l'hectare (AGDEX 141.19/821). CRAAQ, 5 pages.
- 2019b. Soya - Budget à l'hectare (AGDEX 141/821). CRAAQ, 7 pages.