

**POTENTIEL D'UN MÉLANGE DE PLANTES À FLEURS POUR FAVORISER LES  
ENNEMIS NATURELS DES CHENILLES NUISIBLES AUX CRUCIFÈRES.**

**Projet 14-BIO-22**

Durée du projet : février 2015 – janvier 2018

**RAPPORT FINAL**

Réalisé par :

Thierry Boislard, IRDA  
Laurence Jochems-Tanguay, IRDA  
Simon Chaussé, IRDA  
Josée Boisclair, IRDA  
Geneviève Richard, IRDA<sup>1</sup>  
Luc Belzile, IRDA

31 janvier 2018

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.

<sup>1</sup> Actuellement à l'emploi de l'Institut de technologie agroalimentaire de Saint-Hyacinthe (ITA)

## RÉSUMÉ DU PROJET

La présence de bandes florales (BF) à proximité des cultures ajoute à la biodiversité fonctionnelle d'un agroécosystème. Elle apporte des bénéfices en contribuant à certains services écologiques, dont la lutte aux ravageurs. Des travaux réalisés par des chercheurs suisses ont mené au développement d'un mélange de plantes à fleurs (FiBL 2012/1) qui favorise l'activité, la longévité et la fécondité des parasitoïdes s'attaquant aux chenilles des crucifères. Ce projet visait à vérifier, au Québec, le potentiel de ce mélange pour favoriser les ennemis naturels des chenilles des crucifères. Dans une première étape, ce projet avait pour but d'évaluer l'établissement du mélange de plantes fleurs sous nos conditions. Après avoir déterminé les conditions optimales pour l'implantation de la BF, le deuxième volet du projet visait à évaluer, sur deux années, l'impact de la BF sur l'abondance des chenilles des crucifères et de leurs ennemis naturels, le taux de parasitisme des différents stades des chenilles des crucifères et le rendement des choux implantés à différentes distances de la BF. Une analyse économique a été réalisée en considérant les coûts d'implantation de la BF et l'impact sur les volumes vendables. La présence de la BF n'a pas eu d'effet significatif sur le taux de parasitisme des ravageurs et sur le rendement de la culture. L'abondance de certains ravageurs et parasitoïdes semble être favorisée par la présence de la BF. Plusieurs espèces d'ennemis naturels semblent s'être établis dans la BF lors des essais. Il serait pertinent de poursuivre les essais sur différents sites, avec des BF proportionnellement plus grandes afin d'optimiser leurs effets sur les ravageurs des crucifères et sur le recrutement des parasitoïdes à l'intérieur des parcelles de choux avoisinantes.

## OBJECTIFS ET APERCUS DE LA MÉTHODOLOGIE

L'objectif principal de ce projet était d'évaluer le potentiel d'une BF composée d'un mélange de quatre plantes à fleurs (ammi élevé, centaurée, sarrasin et vesce commune) développé en Suisse pour favoriser la présence et l'activité des ennemis naturels des chenilles des crucifères : fausse-teigne des crucifères (*Plutella xylostella* L.) (FTC), piéride du chou (*Pieris rapae* L.) (PC) et fausse-arpenteuse du chou (*Trichoplusia ni* Hübner) (FAC) dans une culture de choux. Le projet de trois ans a été réalisé sur la plateforme d'innovation en agriculture biologique (IRDA) de Saint-Bruno-de-Montarville. Le premier volet (2015) visait à déterminer, sous nos conditions climatiques, les pratiques culturales favorisant l'établissement optimal de la BF sur deux types de sols (sable loameux et loam argileux). Les traitements comparés étaient deux dates de semis (fin mai et début juin) et deux taux de semis (60 kg/ha et 90kg/ha). Les traitements étaient disposés en blocs complets aléatoires répétés quatre fois sur chaque type de sol. Les proportions des espèces florales dans les parcelles de 5 x 3 m étaient similaires à celles utilisées en Suisse (**tableau 1**). Une parcelle de choux de 300m<sup>2</sup> était implantée au centre du dispositif afin de favoriser la présence des ravageurs et de leurs ennemis (**figure 1**). La population, le pourcentage de couverture et la période de floraison de chaque espèce florale étaient évalués hebdomadairement dans chaque BF avec un quadrat de 20 x 25 cm disposé aléatoirement dans la parcelle. Lorsque le recouvrement des parcelles avait atteint 100%, la biomasse de chaque espèce florale était mesurée dans un quadrat de 20 x 25 cm disposé aléatoirement. Les insectes étaient échantillonnés hebdomadairement dans les parcelles à l'aide de pièges collants jaunes installés en milieu de parcelle et d'aspirateurs manuels. Les ennemis naturels capturés sur les pièges collants et par aspiration étaient identifiés et dénombrés. Le deuxième volet (2016-2017) visait à évaluer l'impact de la BF sur l'abondance des ravageurs et de leurs ennemis naturels, le taux de parasitisme des œufs, larves et nymphes des ravageurs et le rendement des choux. Une BF de 5 x 6 m était implantée selon les pratiques culturales précédemment sélectionnées grâce aux résultats du volet 1 (**tableau 10**). Chaque BF était disposée à une des extrémités d'une série de neuf bandes de choux (5 x 7,6 m) espacées de 10 m l'une de l'autre (**figure 2**). Les BF ont été semées à la fin mai et les choux ont été transplantés à la mi-juin. Le dispositif était répété quatre fois. Les données ont été prises de juin à septembre dans les neuf parcelles de choux disposées à des distances croissantes de la BF afin de déterminer l'amplitude de son impact sur les ennemis naturels. Dans chaque parcelle, sur 5 à 15 choux (variable selon la pression des ravageurs), les ravageurs et ennemis naturels étaient dépistés chaque semaine. Toutes les larves et les nymphes des trois espèces de chenilles présentes sur 5 choux par parcelles étaient récoltées aux 14 jours. Ces spécimens étaient élevés individuellement en chambre de croissance (24°C, 60% HR, 18L:6N) sur une diète de chou jusqu'à l'émergence du papillon ou d'un parasitoïde. Cinq masses d'œufs stériles d'*Ephesttia kuehniella* étaient installées une fois par semaine dans les parcelles de choux situées à 0, 35, 70, 106 et 141 mètres de la BF afin de mesurer le taux de parasitisme des œufs. Les masses étaient laissées 72h au champ pour ensuite être mises en chambre de croissance (23°C, 65% HR, 18L:6N) jusqu'à l'émergence des parasitoïdes. À la récolte, 10 plants de choux par parcelle étaient récoltés aléatoirement afin d'évaluer les dommages à la culture et le rendement. Les données ont été analysées avec des modèles linéaires généralisés mixtes à l'aide des procédures Glimmix et MIXED du logiciel SAS/STAT (version 9.4).

## RÉSULTATS SIGNIFICATIFS OBTENUS

### 1. 2015 : Établissement de la BF

#### 1.1. Pourcentage de recouvrement des parcelles

En sol lourd comme en sol léger, les BF semées hâtivement ont recouvert les parcelles plus rapidement que celles qui ont été semées tardivement. Comparativement aux BF semées tardivement, le pourcentage de recouvrement des BF semées hâtivement était plus élevé, pour les quatre dates d'observation. Les BF semées à un taux de semis plus élevé ont eu tendance à recouvrir légèrement plus rapidement et densément les parcelles que celles semées à un taux de semis plus faible, et ce, pendant toute la période d'échantillonnage. Les BF se sont bien implantées dans les deux types de sols. Cependant, en sol léger, les BF ont eu tendance à recouvrir légèrement plus rapidement et plus densément les parcelles qu'en sol lourd. Globalement, le développement des BF semble être favorisé par un semis hâtif, un taux de semis élevé et un sol léger (**figure 3**).

#### 1.2. Période de floraison et biomasse des espèces florales

Les BF semées hâtivement ont démontré une floraison plus précoce pour les quatre espèces florales dans les deux types de sols. Le type de sol et le taux de semis ne semblent pas affecter la période de floraison (**tableau 2**). Le sarrasin a été l'espèce florale la plus vigoureuse, avec des pourcentages relatifs de biomasse sèche atteignant 77 %. La centaurée a aussi été très vigoureuse, sa biomasse à la floraison étant presque aussi élevée que celle du sarrasin pour certains traitements. La biomasse de la vesce était plus faible que celles du sarrasin et de la centaurée et celle de l'ammi était presque inexistante (**figure 4**). Les analyses statistiques ne révèlent pas de différence significative au stade de floraison entre les dates et les taux de semis, pour le nombre de plants et la biomasse de chaque espèce florale ( $p > 0.05$ ) (**tableaux 3 et 4**).

#### 1.3. Abondance et richesse des ennemis naturels

1.3.1 Prédateurs. Plusieurs groupes de prédateurs pouvant s'attaquer aux chenilles défoliatrices des crucifères ont été capturés dans les BF lors des aspirations et sur les pièges collants jaunes. Des punaises prédatrices du genre *Orius* spp., des coccinelles, des chrysopes, des punaises prédatrices de la famille des *Nabidae* et des syrphes ont été capturées dans les BF. Les espèces de coccinelles capturées, par ordre d'abondance, étaient : *Coleomegilla maculata*, *Harmonia axyridis*, *Propylea quatuordecimpunctata*, *Hippodamia* spp. et *Coccinella septempunctata*. Un peu plus de prédateurs ont été capturés en sol léger, comparativement à en sol lourd. Les taux et les dates de semis ne semblent pas avoir eu d'impact sur la richesse et l'abondance des ennemis naturels. Pour tous les prédateurs décrits précédemment, à l'exception de *C. septempunctata*, des stades larvaires ont été observés dans les BF. Ceci indique que presque tous les ennemis naturels se sont établis dans la BF. Les larves de syrphes n'ont pas été observées dans les échantillons, car les aspirations ne permettaient pas de les déloger des BF (**tableaux 6 et 7**).

1.3.2 Parasitoïdes. Plusieurs espèces de parasitoïdes de la FTC et de la PC ont été échantillonnées par aspiration et par pièges collants jaunes dans les BF. Certains parasitoïdes appartenant à la famille des *Ichneumonidae* et des *Braconidae*, comme

*Diadegma insulare*, *Diadromus subtilicornis*, *Microplitis plutellae*, *Cotesia* spp., *Apanteles* spp., etc. ont pu être identifiés au genre ou à l'espèce. Par contre, la majorité des parasitoïdes capturés n'étaient identifiés qu'à la famille puisqu'il est extrêmement difficile d'aller plus loin dans l'identification lors d'échantillonnages aussi exhaustifs et sans connaissance de l'espèce hôte. Plusieurs familles contenant de possibles parasitoïdes de la FTC et de la PC ont également été échantillonnées : *Pteromalidae*, *Eulophidae* et *Platygastridae*. Tout comme pour les prédateurs, la richesse et l'abondance des hyménoptères parasitoïdes ont eu tendance à être légèrement moindres en sol lourd, comparativement à en sol léger. De plus, les parasitoïdes semblaient légèrement plus nombreux dans le semis hâtif, comparativement au semis tardif (**tableaux 5 et 7**).

## **2. 2016-2017 : Effet de la BF sur l'entomofaune et le rendement de la culture**

### **2.1. Dépistage des ravageurs et des ennemis naturels**

**2.1.1 Ravageurs.** Les 9 parcelles de choux disposées à des distances croissantes de la BF ont été regroupées en 3 sous-groupes de distance de 3 parcelles soit : 0-35m, 53-88m et 106-141m. Le nombre moyen de larves de FTC par parcelle semble diminuer en s'éloignant de la BF pour 2016 ( $F_{(2,33)}=0,80$ ,  $p=0,4637$ ) et 2017 ( $F_{(2,33)}=0,59$ ,  $p=0,5718$ ), toutefois sans être significativement différent. Le nombre moyen de nymphes de FTC par parcelle est significativement plus bas à 106-141 m de la BF que dans les groupes de distances 0-35m et 53-88m en 2016 ( $F_{(2,33)}=3,90$ ,  $p=0,0477$ ). Par contre, cet effet n'a pas été observé en 2017 ( $F_{(2,33)}=0,10$ ,  $p=0,9094$ ) (**figure 5**). Le nombre moyen de larves de PC par parcelle semble également diminuer en s'éloignant de la BF pour 2016 ( $F_{(2,33)}=2,13$ ,  $p=0,1583$ ) et 2017 ( $F_{(2,33)}=3,24$ ,  $p=0,0709$ ), sans être significativement différent, sauf entre le groupe de distance 0-35m et 106-141m en 2017 ( $p=0,0304$ ). Le nombre moyen de nymphes de PC par parcelle ne semble pas être influencé par la BF en 2016 ( $F_{(2,33)}=0,57$ ,  $p=0,5797$ ) et 2017 ( $F_{(2,33)}=0,03$ ,  $p=0,9701$ ) (**figure 6**). L'abondance des larves et des nymphes de FAC était trop faible pour être analysée.

**2.1.2 Parasitoïdes.** Le nombre moyen par parcelle de nymphes de *Diadegma insulare* (DIA), un parasitoïde larvaire de la FTC, semble diminuer en s'éloignant de la BF en 2016 ( $F_{(2,33)}=1,68$ ,  $p=0,2091$ ) et 2017 ( $F_{(2,33)}=1,28$ ,  $p=0,3099$ ), sans être significativement différent. Le nombre moyen par parcelle de nymphes de *Microgastrinae* (MGAS), une sous-famille de parasitoïdes larvaires de la PC et de la FTC, semble diminuer en s'éloignant de la BF en 2016 ( $F_{(2,33)}=3,52$ ,  $p=0,0604$ ), sans être significativement différent, sauf entre les groupes de distance 0-35m et 106-141m ( $p=0,0328$ ). En 2017, le nombre moyen de nymphes de MGAS par parcelle diminue significativement en s'éloignant de la BF ( $F_{(2,33)}=4,67$ ,  $p=0,0355$ ) (**figure 7**).

### **2.2 Parasitisme des larves et des nymphes**

Le pourcentage de larves et de nymphes de FTC parasités était plus faible en 2017 qu'en 2016 (**figure 8**). La BF ne semble pas avoir eu d'effet significatif sur le taux de parasitisme des larves et des nymphes de la FTC en 2016 ( $F_{(8,33)}=0,26$ ,  $p=0,9724$ ) et en 2017 ( $F_{(8,33)}=1,09$ ,  $p=0,4011$ ). Le pourcentage de parasitisme des larves et des nymphes de la PC ne semble pas avoir été influencé par la BF en 2016 ( $F_{(8,33)}=0,97$ ,  $p=0,4839$ ) et en 2017 ( $F_{(8,33)}=1,74$ ,  $p=0,5302$ ). Le pourcentage d'hyperparasitisme de la PC semble avoir chuté drastiquement entre 2016 et 2017 (**figure 9**). L'abondance de la FAC était trop faible pour être analysée. La diversité des espèces de parasitoïdes et d'hyperparasitoïdes émergents

des spécimens de FTC et de PC était très grande, et ce peu importe la distance de la BF. 14 espèces de parasitoïdes et/ou d'hyperparasitoïdes, réparties dans 6 familles et 2 ordres ont été identifiées lors des essais (**tableaux 8 et 9**). D'autres espèces pourraient s'ajouter suite à leur identification par séquençage d'ADN. *Diolcogaster claritibia*, un parasitoïde larvaire d'origine européenne de la FTC a été observé pour la première fois au Québec lors des essais.

### 2.3 Parasitisme des œufs

Le pourcentage de parasitisme des œufs était plus élevé en 2016 qu'en 2017 (**figure 10**). La BF ne semble pas avoir eu d'effet significatif sur le pourcentage de parasitisme des œufs sentinelles en 2016 ( $F_{(4,15)}=1,95$ ,  $p=0,4937$ ) et en 2017 ( $F_{(4,15)}=0,32$ ,  $p=0,8580$ ).

### 2.4 Rendements

Les parcelles éloignées de la BF en 2016 et 2017 semblent avoir eu de plus faibles rendements en poids des choux que celles à proximité de la BF, toutefois sans être statistiquement différents ( $F_{(8,335)}=1,23$ ,  $p=0,3390$ ;  $F_{(8,328)}=0,95$ ,  $p=0,5053$ ) (**figure 11**). Ceci pourrait être expliqué par un gradient d'un facteur du sol tel la fertilité, la rétention d'eau, etc. plutôt que par l'effet de la BF, puisque le pourcentage moyen des choux présentant des dommages (défoliation) de lépidoptères ravageurs ne semblait pas être influencé par la présence de la BF en 2016 ( $F_{(8,27)}=0,37$ ,  $p=0,9269$ ) et 2017 ( $F_{(8,27)}=0,19$ ,  $p=0,9910$ ) (**figure 12**).

## 3. Analyse économique

Dans ce projet, l'analyse économique a consisté à estimer le coût de l'utilisation de BF dans un premier temps et ensuite, évaluer un seuil de rentabilité en termes de gains de rendement vendable à obtenir pour rentabiliser la pratique. Les coûts incluent surtout le coût des semences, du semis ainsi que d'un coût d'opportunité. Ces trois coûts sont évalués respectivement à 4 365 \$/ha, 22 \$/ha et 9012 \$/ha, pour un total de 13 399 \$/ha. Le coût d'opportunité représente le bénéfice abandonné sur les surfaces consacrées aux BF et qui auraient été cultivées autrement. Dans le cas présent, il s'agit de la marge sur coût variable évaluée dans les « Références économiques du CRAAQ » (CRAAQ, 2005<sup>1</sup>). En utilisant les paramètres de cette référence, le seuil de rentabilité s'établit à 36 915 kg/ha. Le rendement de base servant au CRAAQ (2005) pour le chou est de 36 298 kg/ha et le seuil de rentabilité devrait s'ajouter au rendement de base. Cela signifie qu'au prix de marché actuel, le rendement vendable devrait pratiquement être doublé pour rentabiliser la pratique, ce qui est clairement irréaliste (**tableau 11**). Dans ce contexte, deux mesures semblent nécessaires. Premièrement, il faudrait établir les bandes florales sur des surfaces qui ne seraient pas cultivées autrement. Deuxièmement, autant que possible, il faudrait minimiser le coût des semences tout en utilisant des espèces florales appropriées.

---

<sup>1</sup> Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ). 2005. *Chou vert biologique - AGDEX 252.19/821b*. CRAAQ, 4 pages.

## **DIFFUSION DES RÉSULTATS**

Tel que prévu dans le plan de diffusion, les résultats de la première année du projet (2015) ont été présentés sous la forme d'une affiche scientifique lors du 143<sup>e</sup> congrès annuel de la Société d'Entomologie du Québec (SEQ), qui a eu lieu du 2 au 4 novembre 2016 à Nicolet. Les résultats obtenus à la suite de la première année du projet ont été présentés lors de la 2<sup>e</sup> Conférence Scientifique Canadienne en Agriculture Biologique qui a eu lieu du 19 au 21 septembre 2016 à Longueuil. De plus, les résultats des deux dernières années du projet (2016-2017) ont été présentés lors du 144<sup>e</sup> congrès annuel de la SEQ, qui a eu lieu du 23 au 24 novembre 2017 à Longueuil. Ils ont aussi été présentés à une trentaine de producteurs de l'association des producteurs biologiques du Rhône et de la Loire qui ont visité les parcelles du projet à la Plateforme d'innovation en agriculture biologique le 30 août 2017. Le projet a aussi été présenté aux étudiants en technologie de la production horticole et de l'environnement de l'ITA lors d'une visite à l'IRDA le 22 septembre 2016. Les conseillers agricoles présents lors des journées bilans des crucifères organisées par le Réseau d'Avertissement Phytosanitaire Crucifères (RAP) le 23 novembre 2016 à Trois-Rivières et le 8 novembre 2017 à Nicolet ont pu assister à une brève présentation du projet. Des fiches synthèses seront réalisées et diffusées sur le site web de l'IRDA et sur Agri-Réseau afin de faire connaître les résultats du projet aux conseillers et aux producteurs.

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

À la lumière de nos résultats, la mise en place de BF constituées du mélange FiBL 2012/2 dans le but de lutter contre les lépidoptères ravageurs du chou demande à être adaptée et optimisée davantage. Dans les conditions particulières de cet essai, l'abondance de certains ravageurs et parasitoïdes a été favorisée par la présence de la BF. Plusieurs espèces de parasitoïdes et de prédateurs des chenilles des crucifères ont été observées dans la BF. Des stades immatures de certaines de ces espèces ont été observés, ce qui laisse croire qu'elles se sont établies dans la BF. Par contre, aucun effet significatif sur le taux de parasitisme des œufs, des larves et des nymphes des ravageurs, ni sur les dommages aux cultures à la récolte et sur le rendement n'a été observé. Plusieurs hypothèses pourraient expliquer les résultats obtenus. Les BF de 5m x 6m étaient peut-être trop petites par rapport aux parcelles de chou pour avoir un effet significatif sur les ravageurs. Une BF proportionnellement plus grande pourrait possiblement permettre d'optimiser son effet sur les ravageurs des crucifères et sur le recrutement des parasitoïdes à l'intérieur des parcelles de choux avoisinantes. De plus, le site de l'IRDA était possiblement trop riche en ressources florales pour permettre d'observer l'effet des BF sur les ravageurs et leurs ennemis naturels. Il serait intéressant de répéter l'expérience sur un site plus pauvre en biodiversité florale (ex : monoculture de crucifères) afin de réduire l'effet de la flore sauvage.

## **POINT DE CONTACT POUR L'INFORMATION**

Josée Boisclair, agr., M.P.M.  
Institut de recherche et de développement en agroenvironnement  
Plateforme d'innovation en agriculture biologique  
335, rang des Vingt-Cinq Est, Saint-Bruno-de-Montarville, J3V 0G7 (Québec)  
Téléphone : 450-653-7368, poste 330  
Télécopieur : 450-653-1927  
Courriel : josee.boisclair@irda.qc.ca

## **REMERCIEMENTS AUX PARTENAIRES FINANCIERS**

Ce projet a été réalisé dans le cadre du volet 4 du programme Prime-Vert – Appui au développement et au transfert de connaissances en agroenvironnement avec une aide financière du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation.

Merci aux nombreux étudiants, stagiaires et ouvriers agricoles de l'IRDA pour leur contribution au projet, aux taxonomistes d'Agriculture et Agroalimentaire Canada : José L. Fernández-Triana, Andrew Bennett et Gary Gibson et à Mario Fréchette du Laboratoire de diagnostic en phytoprotection du MAPAQ pour leur expertise dans l'identification des spécimens de parasitoïdes ainsi qu'à Michèle Grenier de l'IRDA pour les analyses statistiques.

## ANNEXES

### LISTE DES FIGURES

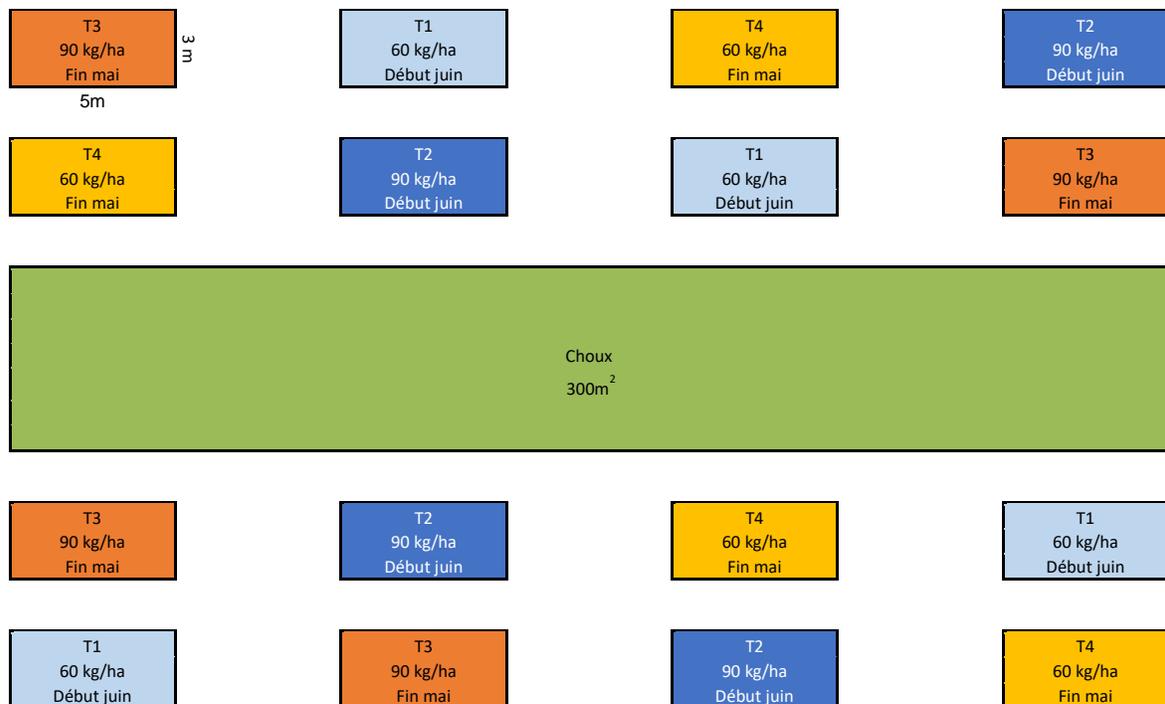
Figure 1 : Plan du dispositif expérimental de 2015, constitué de quatre traitements (deux taux et deux dates de semis) de bandes florales distribuées aléatoirement en bordure d'une parcelle de chou de 300 m <sup>2</sup> . Le plan n'est pas à l'échelle. ....	11
Figure 2. Plan d'un bloc du dispositif expérimental en 2016 et 2017, constitué d'une bande florale et de neuf parcelles de choux plantées à des distances croissantes. ....	12
Figure 3. Évolution du pourcentage de recouvrement moyen ( $\pm$ écart-type) de la bande florale dans deux types de sols pour deux dates et deux taux de semis en 2015. ....	12
Figure 4. Biomasse sèche (gramme) et pourcentage relatif des différentes espèces florales semées à deux dates et à deux taux de semis, en sol léger et en sol lourd en 2015, évaluée à partir d'un quadrat de 20 x 25 cm lorsque 50% des fleurs d'ammi sont ouvertes. ....	14
Figure 5. Abondance moyenne des larves et des nymphes de la fausse-teigne des crucifères (FTC) ( $\pm$ erreur-type) dépistées par groupes de trois parcelles de choux disposées à des distances croissantes de la bande florale en 2016 et 2017. ....	19
Figure 6. Abondance moyenne des larves et des nymphes de la piéride du chou (PC) ( $\pm$ erreur-type) dépistées par groupes de trois parcelles de choux disposées à des distances croissantes de la bande florale en 2016-2017. ....	20
Figure 7. Abondance moyenne des nymphes de <i>Diadegma insulare</i> (DIA) et de <i>Microgastrinae</i> (MGAS) ( $\pm$ erreur-type) dépistées par groupes de trois parcelles de choux disposées à des distances croissantes de la bande florale en 2016-2017. ....	21
Figure 8. Pourcentage de parasitisme, d'hyperparasitisme et de non-parasitisme des spécimens de fausse-teigne des crucifères (FTC) récoltés dans les parcelles de choux disposées à des distances croissantes de la bande florale en 2016 et en 2017. ....	22
Figure 9. Pourcentage de parasitisme, d'hyperparasitisme et de non-parasitisme des spécimens de piéride du chou (PC) récoltés dans les parcelles de choux disposées à des distances croissantes de la bande florale en 2016 et en 2017. ....	23
Figure 10. Pourcentage moyen ( $\pm$ erreur-type) de l'incidence du parasitisme des masses d'œufs sentinelles installées dans les parcelles de choux disposées à des distances croissantes de la bande florale en 2016 et 2017. ....	26
Figure 11. Poids moyen en gramme des choux commercialisable ( $\pm$ erreur-type) provenant de parcelles disposées à des distances croissantes de la bande florale en 2016 et 2017. ....	27
Figure 12. Pourcentage moyen des choux récoltés présentant des défoliations ( $\pm$ erreur-type) provenant des parcelles disposées à des distances croissantes d'une bande florale en 2016 et 2017. ....	28

## LISTE DES TABLEAUX

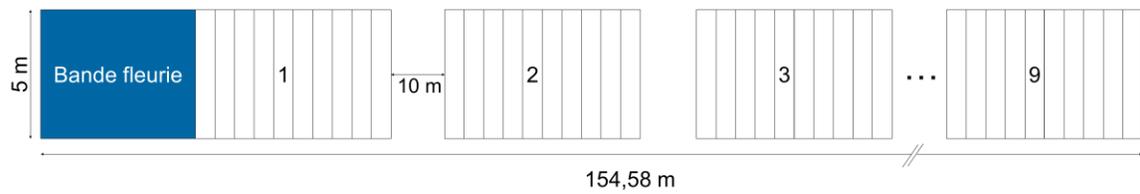
Tableau 1 : Noms communs, noms latins et proportion de poids et de semences des quatre espèces florales dans le mélange « FiBL 2012/1 » semé à un taux de 60 kg/ha. ....	11
Tableau 2. Dates d'apparition du stade de floraison* de chaque espèce florale pour deux types de sols et deux dates de semis en 2015. ....	13
Tableau 3. Probabilités observées des tests des effets fixes de type 3, pour les analyses de variance de la biomasse sèche par espèce et par type de sol selon les dates et taux de semis en 2015, évalués à partir d'un quadrat de 20 x 25 cm lorsque 50% des fleurs d'ammi sont ouvertes. ....	15
Tableau 4. Probabilités observées des tests des effets fixes de type 3, pour les analyses de variance du nombre de plants par espèce et par type de sol selon les dates et taux de semis en 2015, évalué à partir d'un quadrat de 20 x 25 cm lorsque 50% des fleurs d'ammi sont ouvertes.....	15
Tableau 5. Abondance des principaux hyménoptères parasitoïdes capturés par aspiration dans les bandes florales, entre le 17 juillet et le 2 septembre 2015, dans deux types de sols, pour deux dates et deux taux de semis. ....	16
Tableau 6. Abondance des principaux insectes prédateurs capturés par aspiration dans les bandes florales, entre le 17 juillet et le 2 septembre 2015, dans deux types de sols, pour deux dates et deux taux de semis. ....	17
Tableau 7. Abondance des principaux hyménoptères parasitoïdes et insectes prédateurs capturés dans les bandes florales avec des pièges collants jaunes, entre le 13 juillet et le 10 septembre 2015, dans deux types de sols, pour deux dates et deux taux de semis. ....	18
Tableau 8. Abondance des espèces ayant émergées des larves et des nymphes de fausse-teignes des crucifères (FTC) récoltées dans les parcelles de choux disposées à des distances croissantes de la bande florale lors de l'été 2016 et 2017.....	24
Tableau 9. Abondance des espèces ayant émergées des larves et des nymphes de piérides du chou (PC) récoltées dans les parcelles de choux disposées à des distances croissantes de la bande florale lors de l'été 2016 et 2017. ....	25
Tableau 10 : Opérations culturales effectuées pour l'établissement des bandes florales en 2016-2017.....	29
Tableau 11 : Seuil de rentabilité de l'utilisation de bandes florales dans la culture de chou vert biologique.....	29

**Tableau 1** : Noms communs, noms latins et proportion de poids et de semences des quatre espèces florales dans le mélange « FiBL 2012/1 » semé à un taux de 60 kg/ha.

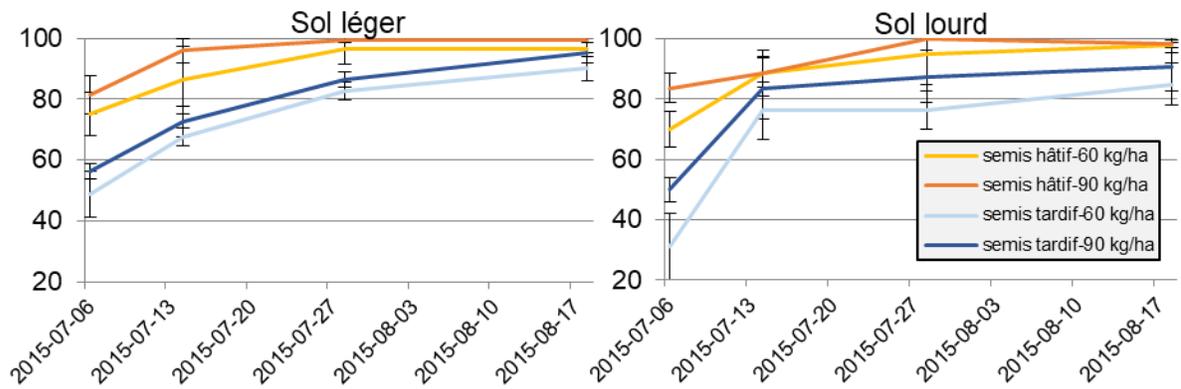
Noms communs	Noms latins	Taux de semis	
		kg/ha	x 1000 semences/ha
Ammi élevée	<i>Ammi majus</i>	0,8	1120
Centaurée	<i>Centaurea cyanus</i>	2,8	570
Sarrasin	<i>Fagopyrum esculentum</i>	11,1	310
Vesce commune	<i>Vicia sativa</i>	45,2	870



**Figure 1** : Plan du dispositif expérimental de 2015, constitué de quatre traitements (deux taux et deux dates de semis) de bandes florales distribuées aléatoirement en bordure d'une parcelle de chou de 300 m<sup>2</sup>. Le plan n'est pas à l'échelle.



**Figure 2.** Plan d'un bloc du dispositif expérimental en 2016 et 2017, constitué d'une bande florale et de neuf parcelles de choux plantées à des distances croissantes.

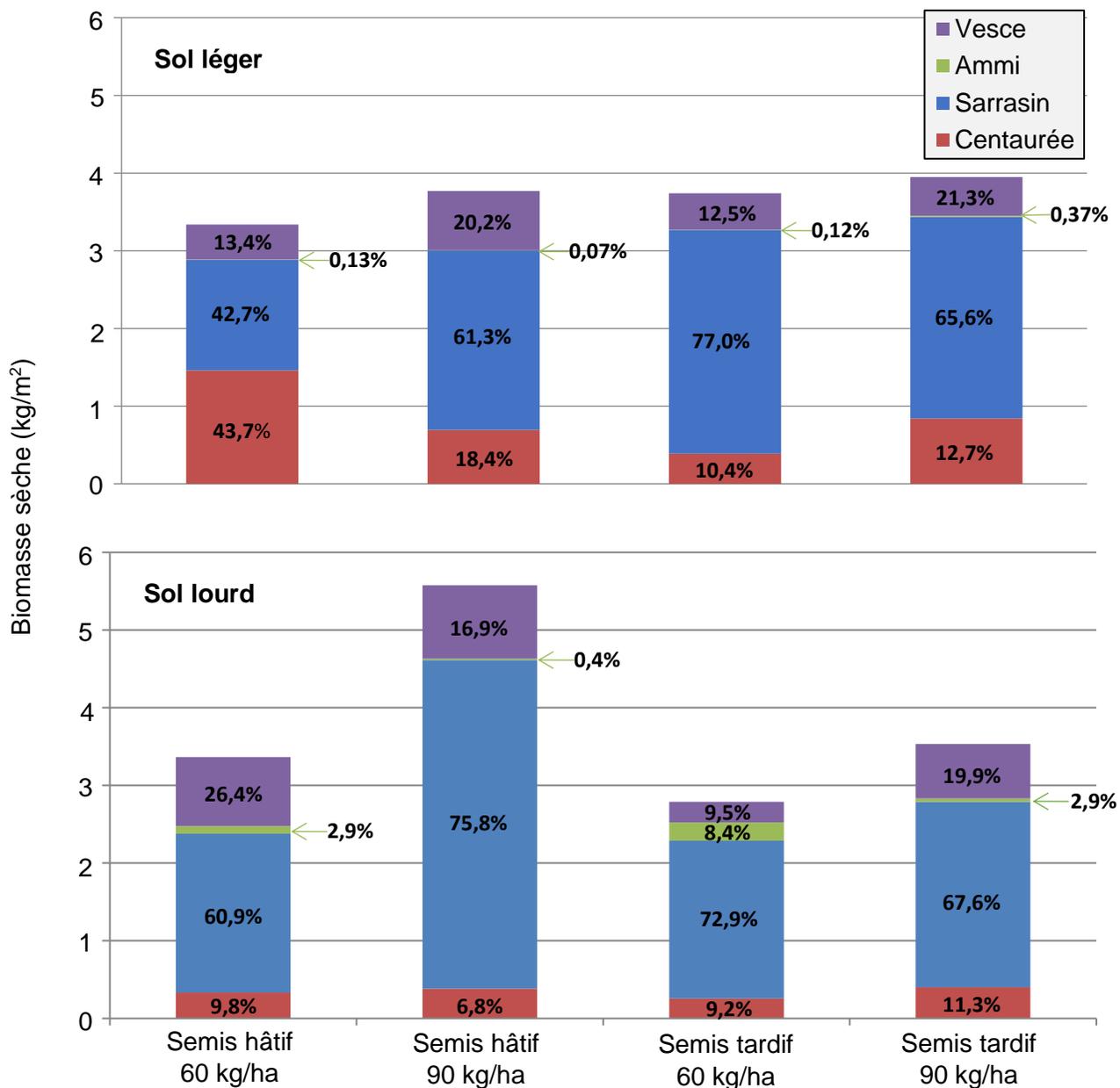


**Figure 3.** Évolution du pourcentage de recouvrement moyen ( $\pm$  écart-type) de la bande florale dans deux types de sols pour deux dates et deux taux de semis en 2015.

**Tableau 2.** Dates d'apparition du stade de floraison\* de chaque espèce florale pour deux types de sols et deux dates de semis en 2015.

Type de sol	Semis	Espèces florales			
		Ammi	Centaurée	Sarrasin	Vesce
Léger	Fin mai	06 août	22 juillet	10 juillet	10 juillet
	Début juin	10 août	31 juillet	20 juillet	20 juillet
Lourd	Fin mai	07 août	NA	13 juillet	13 juillet
	Début juin	10 août	31 juillet	20 juillet	20 juillet

\*50% des boutons floraux sont ouverts sur les plants.



**Figure 4.** Biomasse sèche (gramme) et pourcentage relatif des différentes espèces florales semées à deux dates et à deux taux de semis, en sol léger et en sol lourd en 2015, évaluée à partir d'un quadrat de 20 x 25 cm lorsque 50% des fleurs d'ammi sont ouvertes.

**Tableau 3.** Probabilités observées des tests des effets fixes de type 3, pour les analyses de variance de la biomasse sèche par espèce et par type de sol selon les dates et taux de semis en 2015, évalués à partir d'un quadrat de 20 x 25 cm lorsque 50% des fleurs d'ammis sont ouvertes.

Effet	Pr > F							
	Sol léger				Sol lourd			
	Ammis	Centaurée	Sarrasin	Vesce	Ammis	Centaurée	Sarrasin	Vesce
Date de semis	0,4009	0,8377	0,1019	0,3799	0,5138	ND	0,3364	0,4469
Taux de semis	0,5259	0,4721	0,6350	0,1480	0,2772	0,7156	0,4619	0,9013
Taux de semis X date de semis	0,4009	0,8199	0,8979	0,9425	0,6411	ND	0,6323	0,8642

**Tableau 4.** Probabilités observées des tests des effets fixes de type 3, pour les analyses de variance du nombre de plants par espèce et par type de sol selon les dates et taux de semis en 2015, évalué à partir d'un quadrat de 20 x 25 cm lorsque 50% des fleurs d'ammis sont ouvertes.

Effet	Pr > F							
	Sol léger				Sol lourd			
	Ammis	Centaurée	Sarrasin	Vesce	Ammis	Centaurée	Sarrasin	Vesce
Date de semis	0,4529	0,2221	0,0405	0,2296	0,4571	ND	0,9690	0,6743
Taux de semis	0,2695	0,4670	0,5307	0,1380	0,2788	0,9692	0,5134	0,5794
Taux de semis X date de semis	0,0815	0,8337	0,5307	0,4008	0,5002	ND	0,3801	0,9241

**Tableau 5.** Abondance des principaux hyménoptères parasitoïdes capturés par aspiration dans les bandes florales, entre le 17 juillet et le 2 septembre 2015, dans deux types de sols, pour deux dates et deux taux de semis.

Famille Genre - espèce	Sol léger				Sol lourd			
	Semis hâtif 60kg/ha	Semis hâtif 90kg/ha	Semis tardif 60kg/ha	Semis tardif 90kg/ha	Semis hâtif 60kg/ha	Semis hâtif 90kg/ha	Semis tardif 60kg/ha	Semis tardif 90kg/ha
<b>Braconidae</b>								
* <i>Cotesia</i> sp. 1	3	5	1	-	1	4	3	2
* <i>Cotesia</i> sp. 2	-	-	-	-	1	1	-	-
* <i>Cotesia</i> sp. 3	-	-	-	1	-	-	-	-
** <i>Microplitis plutellae</i>	-	1	-	1	-	1	-	-
* <i>Microplitis</i> sp.	-	1	-	-	-	-	-	-
* <i>Apanteles</i> sp. 1	-	2	2	-	-	-	-	2
* <i>Apanteles</i> sp. 2	-	-	-	1	1	-	-	-
* <i>Apanteles</i> sp. 3	-	1	-	-	-	-	-	-
* <i>Pholetesor</i> sp.	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Hypermicrogaster</i> sp.	2	1	-	1	-	-	-	-
*Autres spécimens	52	68	40	42	39	23	30	23
<b>Ichneumonidae</b>								
** <i>Diadegma insulare</i>	16	9	16	11	6	5	3	7
** <i>Diadromus subtilicornis</i>	-	1	1	-	-	-	-	1
*Autres spécimens	4	7	8	3	-	4	2	-
<b>Mymaridae</b>	156	146	73	84	47	37	26	43
* <b>Pteromalidae</b>	60	80	60	58	71	72	26	53
* <b>Eulophidae</b>	65	51	49	33	64	50	36	34
<b>Encyrtidae</b>	3	7	5	17	45	49	28	12
<b>Aphelinidae</b>	3	1	2	3	2	1	-	1
* <b>Platygastridae</b>	165	133	77	133	182	193	90	74

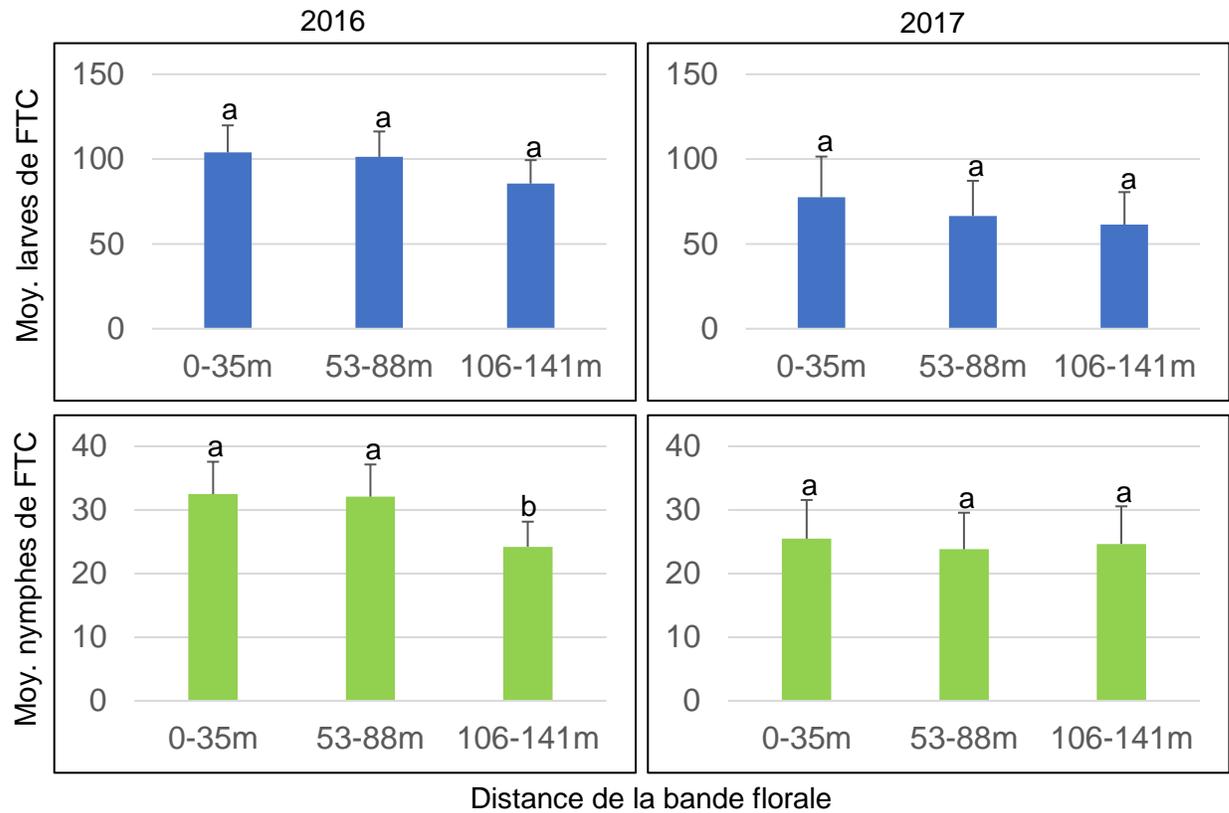
\*= Possiblement parasitoïde de *P. rapae* et/ou *P. xylostella*. \*\*= Parasitoïde de *P. rapae* et/ou *P. xylostella*.

**Tableau 6.** Abondance des principaux insectes prédateurs capturés par aspiration dans les bandes florales, entre le 17 juillet et le 2 septembre 2015, dans deux types de sols, pour deux dates et deux taux de semis.

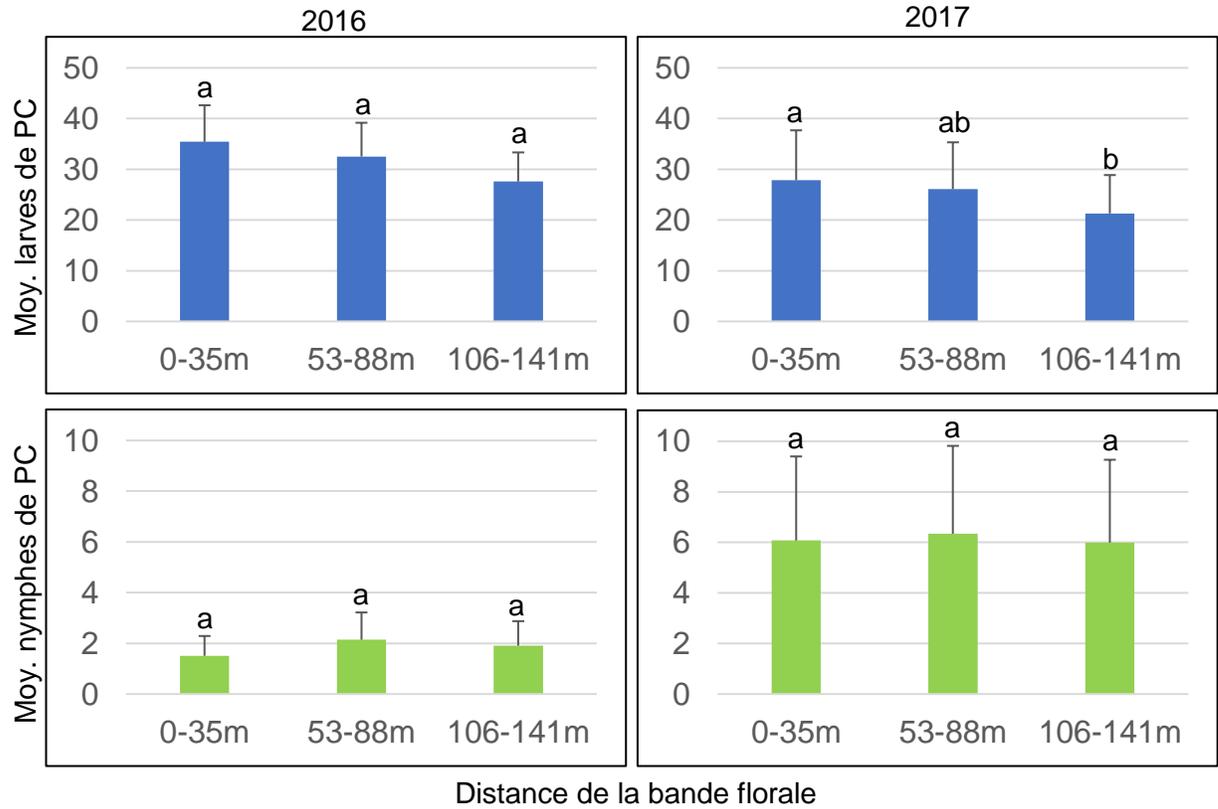
Familie Genre - espèce	Stade	Sol léger				Sol lourd			
		Semis hâtif 60kg/ha	Semis hâtif 90kg/ha	Semis tardif 60kg/ha	Semis tardif 90kg/ha	Semis hâtif 60kg/ha	Semis hâtif 90kg/ha	Semis tardif 60kg/ha	Semis tardif 90kg/ha
<b>Coccinellidae</b>									
<i>Harmonia axyridis</i>	Adulte	5	3	14	6	1	5	11	7
	Larve	3	2	3	4	2	2	-	4
<i>Coleomegilla maculata</i>	Adulte	7	6	12	5	4	5	2	6
	Larve	-	7	3	8	1	6	4	2
<i>Coccinella septempunctata</i>	Adulte	2	1	1	-	3	2	2	-
	Larve	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Propylea quatuordecimpunctata</i>	Adulte	2	3	4	2	2	-	1	1
	Larve	-	3	-	-	1	-	-	-
<i>Hippodamia</i> sp.	Adulte	1	2	2	4	1	2	-	-
	Larve	3	1	-	1	-	-	-	-
<b>Chrysopidae</b>									
	Adulte	7	9	11	17	1	3	5	3
	Larve	5	5	1	2	2	4	3	2
<b>Anthocoridae</b>									
<i>Orius</i> spp.	Adulte	207	234	207	227	208	205	178	207
	Larve	62	44	62	58	43	56	47	25
<b>Nabidae</b>									
	Adulte	11	6	5	5	12	4	11	6
	Larve	4	2	2	4	3	2	1	1
<b>Syrphidae</b>									
	Adulte	13	15	5	11	4	10	7	9

**Tableau 7.** Abondance des principaux hyménoptères parasitoïdes et insectes prédateurs capturés dans les bandes florales avec des pièges collants jaunes, entre le 13 juillet et le 10 septembre 2015, dans deux types de sols, pour deux dates et deux taux de semis.

Familie Genre - espèce	Sol léger				Sol lourd			
	Semis hâtif 60kg/ha	Semis hâtif 90kg/ha	Semis tardif 60kg/ha	Semis tardif 90kg/ha	Semis hâtif 60kg/ha	Semis hâtif 90kg/ha	Semis tardif 60kg/ha	Semis tardif 90kg/ha
<b>Ichneumonidae</b>								
<i>Diadegma insulare</i>	23	19	20	17	3	5	5	3
<i>Diadromus subtilicornis</i>	-	-	-	1	1	-	1	-
<b>Braconidae</b>								
<b>Microgastrinae</b>	9	5	11	11	5	8	7	7
<b>Coccinellidae (adulte)</b>								
<i>Harmonia axyridis</i>	83	67	65	59	55	51	54	62
<i>Coleomegilla maculata</i>	6	5	1	2	2	1	4	2
<i>Coccinella septempunctata</i>	21	13	23	22	15	11	28	17
<i>Propylea quatuordecimpunctata</i>	16	13	13	18	8	11	12	16
<i>Hippodamia sp.</i>	17	4	3	9	2	1	4	6
<b>Chrysopidae</b>	76	54	40	60	46	52	27	51
<b>Anthocoridae</b>								
<i>Orius spp.</i>	121	110	105	118	136	147	166	173
<b>Syrphidae</b>	12	15	1	19	7	4	12	9



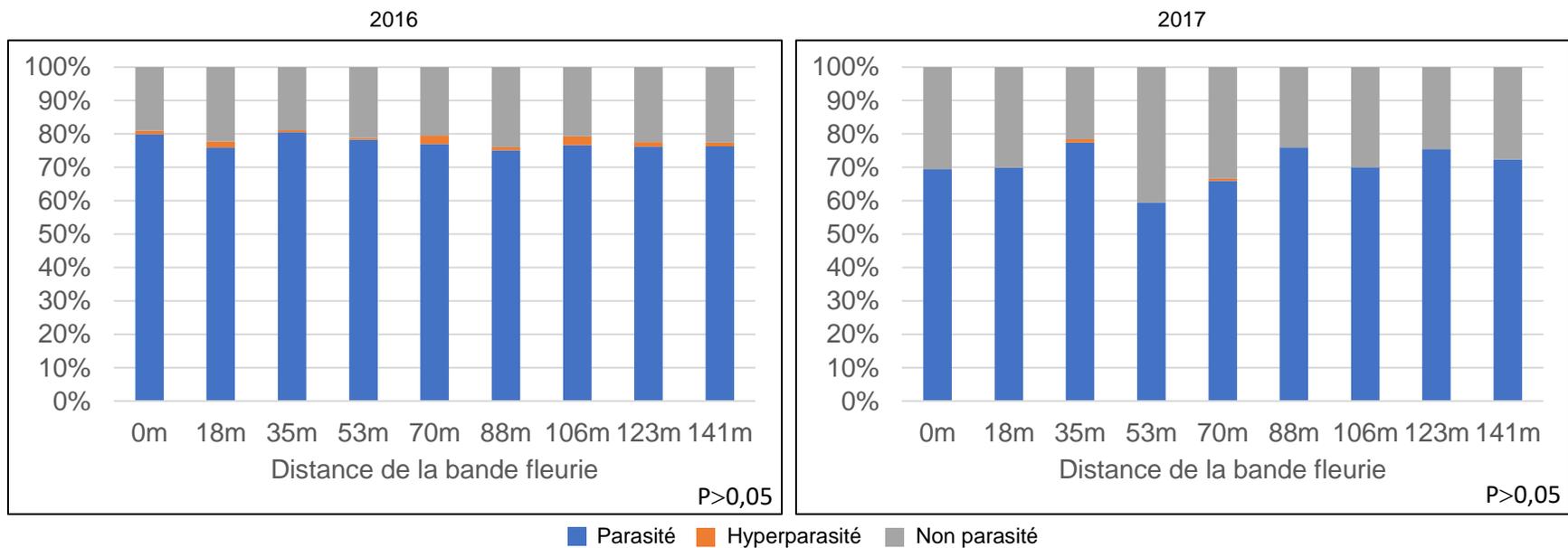
**Figure 5.** Abondance moyenne des larves et des nymphes de la fausse-teigne des crucifères (FTC) ( $\pm$  erreur-type) dépistées par groupes de trois parcelles de choux disposées à des distances croissantes de la bande florale en 2016 et 2017.



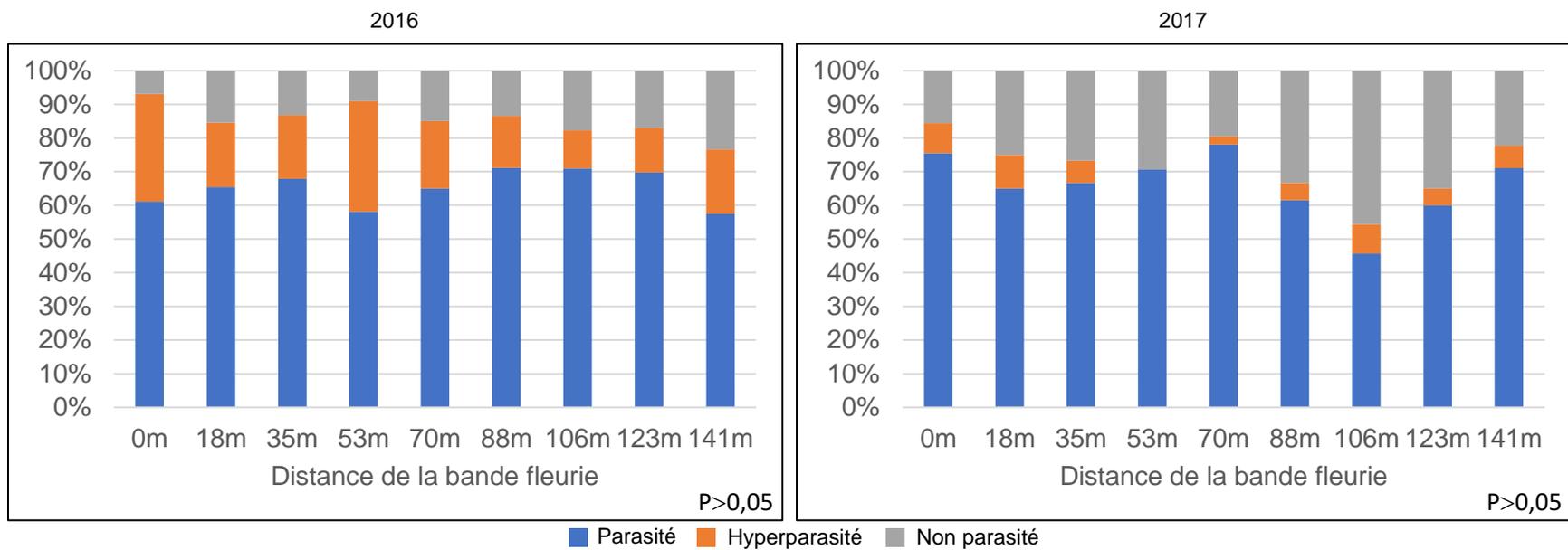
**Figure 6.** Abondance moyenne des larves et des nymphes de la piéride du chou (PC) ( $\pm$  erreur-type) dépistées par groupes de trois parcelles de chou disposées à des distances croissantes de la bande florale en 2016-2017.



**Figure 7.** Abondance moyenne des nymphes de *Diadegma insulare* (DIA) et de *Microgastrinae* (MGAS) ( $\pm$  erreur-type) dépistées par groupes de trois parcelles de choux disposées à des distances croissantes de la bande florale en 2016-2017.



**Figure 8.** Pourcentage de parasitisme, d'hyperparasitisme et de non-parasitisme des spécimens de fausse-teigne des crucifères (FTC) récoltés dans les parcelles de choux disposées à des distances croissantes de la bande florale en 2016 et en 2017.



**Figure 9.** Pourcentage de parasitisme, d'hyperparasitisme et de non-parasitisme des spécimens de piéride du chou (PC) récoltés dans les parcelles de choux disposées à des distances croissantes de la bande florale en 2016 et en 2017.

**Tableau 8.** Abondance des espèces ayant émergées des larves et des nymphes de fausse-teignes des crucifères (FTC) récoltées dans les parcelles de choux disposées à des distances croissantes de la bande florale lors de l'été 2016 et 2017.

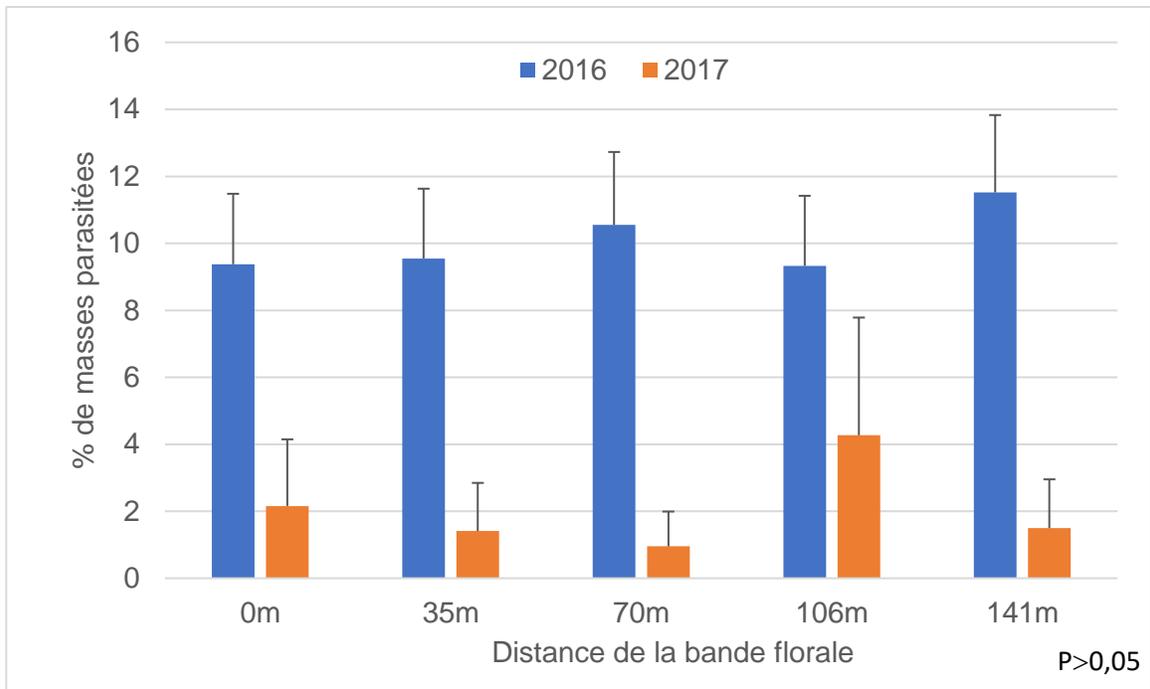
Familie Genre - espèce	Distance de la bande florale (mètres)									Total
	0	18	35	53	70	88	106	123	141	
<b>Braconidae</b>										
<i>Cotesia rubecula</i> <sup>L</sup>	1	3	0	2	3	2	4	3	2	<b>20</b>
<i>Diolcogaster claritibia</i> <sup>L*</sup>	5	3	0	4	0	5	0	1	0	<b>18</b>
<i>Microplitis plutellae</i> <sup>L</sup>	3	6	4	3	6	4	1	3	3	<b>33</b>
<b>Chalcididae</b>										
<i>Conura torvina</i> <sup>NH</sup>	1	0	0	0	1	0	2	1	1	<b>6</b>
<b>Eulophidae</b>										
<i>Baryscapus galactopus</i> <sup>LH</sup>	2	1	1	1	3	1	1	1	1	<b>12</b>
<i>Oomyzus sokolowskii</i> <sup>L</sup>	2	2	2	0	3	0	1	4	3	<b>17</b>
<b>Ichneumonidae</b>										
<i>Diadegma insulare</i> <sup>L</sup>	194	193	176	181	193	217	173	155	183	<b>1665</b>
<i>Diadromus subtilicornis</i> <sup>N</sup>	6	9	18	15	30	22	17	21	18	<b>156</b>
<i>Gelis</i> sp. <sup>NH</sup>	0	1	1	0	3	1	3	1	0	<b>10</b>
<i>Itoplectis conquisitor</i> <sup>NH</sup>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	<b>1</b>
<b>Pteromalidae</b>										
<i>Pteromalus phycidis</i> <sup>NH</sup>	1	0	0	1	0	0	0	0	0	<b>2</b>
<b>Parasitoïdes non identifiés</b>	11	8	7	0	9	4	14	7	12	<b>72</b>
<b>Non parasités</b>	68	79	52	75	87	81	68	60	73	<b>643</b>
<b>Total</b>	<b>294</b>	<b>305</b>	<b>261</b>	<b>282</b>	<b>338</b>	<b>338</b>	<b>284</b>	<b>257</b>	<b>296</b>	<b>2655</b>

<sup>L</sup> : parasitoïde de la larve. <sup>N</sup> : parasitoïde de la nymphe. <sup>H</sup> : hyperparasitoïde ou hyperparasitoïde facultatif. \*: première mention au Québec

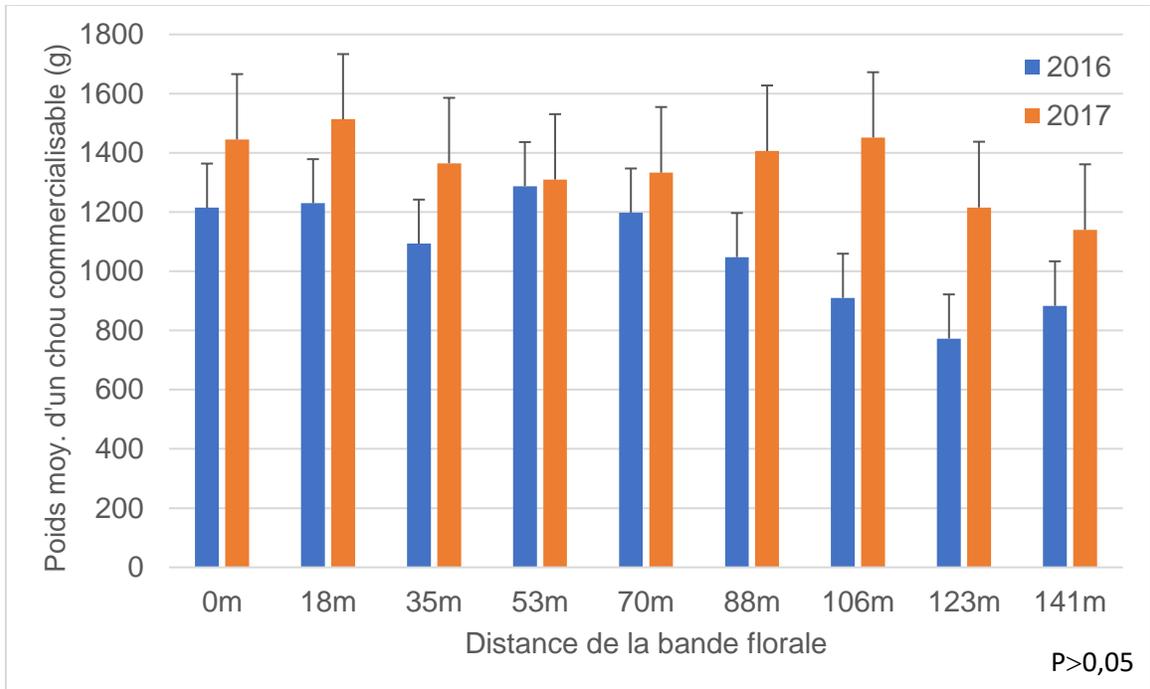
**Tableau 9.** Abondance des espèces ayant émergées des larves et des nymphes de piérides du chou (PC) récoltées dans les parcelles de chou disposées à des distances croissantes de la bande florale lors de l'été 2016 et 2017.

Famille Genre - espèce	Distance de la bande florale (mètres)									Total
	0	18	35	53	70	88	106	123	141	
<b>Braconidae</b>										
<i>Cotesia rubecula</i> <sup>L</sup>	56	36	35	34	41	38	44	40	36	<b>360</b>
<b>Eulophidae</b>										
<i>Baryscapus galactopus</i> <sup>LH</sup>	27	14	13	17	13	9	11	9	12	<b>125</b>
<b>Pteromalidae</b>										
<i>Pteromalus puparum</i> <sup>N</sup>	4	4	10	10	9	10	11	5	5	<b>68</b>
<b>Tachinidae</b>										
<i>Compsilura concinnata</i> <sup>LN</sup>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	<b>1</b>
<i>Phryxe vulgaris</i> <sup>LN</sup>	2	5	3	1	4	2	1	5	5	<b>28</b>
<i>Tachinidae spp.</i>	7	8	8	11	9	3	7	5	8	<b>66</b>
<b>Parasitoïdes non identifiés</b>	9	7	10	5	8	9	2	6	5	<b>61</b>
<b>Non parasités</b>	12	18	19	17	17	20	32	23	21	<b>179</b>
<b>Total</b>	<b>117</b>	<b>92</b>	<b>98</b>	<b>96</b>	<b>101</b>	<b>91</b>	<b>108</b>	<b>93</b>	<b>92</b>	<b>888</b>

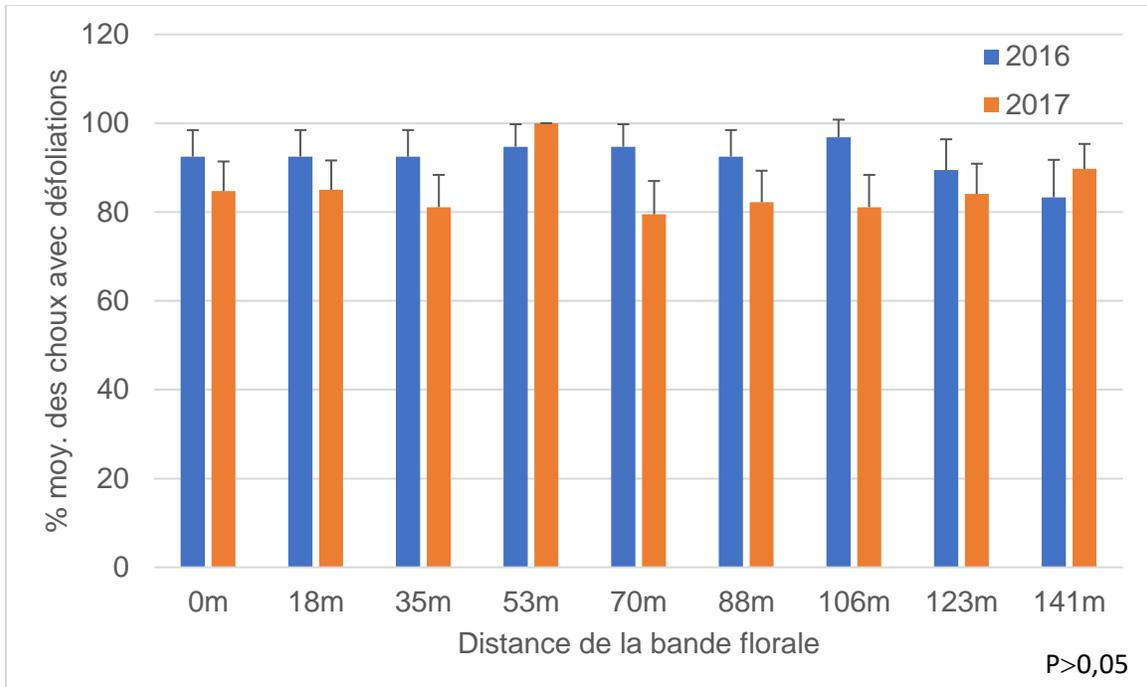
<sup>L</sup> : parasitoïde de la larve. <sup>N</sup> : parasitoïde de la nymphe. <sup>H</sup> : hyperparasitoïde ou hyperparasitoïde facultatif. \*: première mention au Québec



**Figure 10.** Pourcentage moyen ( $\pm$  erreur-type) de l'incidence du parasitisme des masses d'œufs sentinelles installées dans les parcelles de choux disposées à des distances croissantes de la bande florale en 2016 et 2017.



**Figure 11.** Poids moyen en gramme des choux commercialisable ( $\pm$  erreur-type) provenant de parcelles disposées à des distances croissantes de la bande florale en 2016 et 2017.



**Figure 12.** Pourcentage moyen des choux récoltés présentant des défoliations ( $\pm$  erreur-type) provenant des parcelles disposées à des distances croissantes d'une bande florale en 2016 et 2017.

**Tableau 10.** Opérations culturales effectuées pour l'établissement des bandes florales en 2016-2017.

<b>Occultation</b>	Des bâches de polyéthylène traitées pour résister aux UV ont été installées à l'automne pour diminuer la pression des mauvaises herbes la saison suivante.
<b>Scarification de l'Ammi élevée</b>	Les semences d'Ammi ont été entreposées au réfrigérateur à 4°C pour une période 10 jours afin de briser leur dormance.
<b>Travail du sol</b>	Au début du mois de juin, après les risques de gel, les bâches étaient retirées et le sol était travaillé en surface avec un râteau pour créer un lit de semence favorisant la germination.
<b>Semis</b>	Les semences des quatre espèces étaient semées manuellement à la volée à 90 kg/ha.
<b>Compaction</b>	Le sol était ensuite compacté avec un rouleau afin de favoriser le contact semence-sol.
<b>Irrigation</b>	Au besoin, les bandes florales étaient irriguées avec des arrosoirs lors de la période de germination.
<b>Contrôle des mauvaises herbes</b>	Un désherbage manuel a été effectué dans les bandes florales. Les espèces florales semblaient assez compétitives pour envisager d'utiliser le mélange de plantes à fleurs sans désherbage post-semis.

**Tableau 11.** Seuil de rentabilité de l'utilisation de bandes florales dans la culture de chou vert biologique.

<b>Approvisionnement</b>	
Semences	4 365 \$/ha
<b>Opérations culturales</b>	
Semis	22 \$/ha
<b>Coût d'opportunité</b>	
	9 012 \$/ha
<b>Total des coûts</b>	<b>13 399 \$/ha</b>
Prix de vente du chou vert biologique <sup>2</sup>	0,36 \$/kg
<b>Seuil de rentabilité</b>	<b>36 915 kg/ha</b>

<sup>2</sup> Charest, L. communication personnelle, janvier 2018.