Titre du projet :

Évaluation de l'impact de la hauteur d'installation et de la couleur des pièges à phéromone sur les captures de cécidomyie du chou-fleur (C*ontarinia nasturtii* Kieffer)

Par
Isabel Lefebvre, B. Sc. app., Chargée de projets – RAP Crucifères
Pierre Lafontaine, agr., Ph. D.
Sébastien Martinez, agr., M.Sc., progessionnel de recherche
Carrefour industriel et expérimental de Lanaudière

Date : 13 mai 2016

Faits saillants

La cécidomyie du chou-fleur (*Contarinia nasturtii* Keiffer), constitue un nouveau ravageur d'importance dans les cultures de crucifères au Québec, principalement dans les crucifères feuilles. Depuis 2003, cet insecte prend de l'expansion sur le territoire provincial et cause de plus en plus de pertes de production. Malgré l'application d'insecticides homologués, la cécidomyie du chou-fleur demeure difficile à contrôler dans les zones infestées. Pour assurer le suivi des populations de la cécidomyie du chou-fleur, des phéromones spécifiques à l'espèce sont utilisées afin de détecter la présence de cet incontestable ravageur dans les champs de crucifères. Toutefois, la stratégie de lutte contre la cécidomyie demeure encore discutable. En effet, différentes informations circulent, entraînant des remises en question au sujet des stratégies à employer. C'est entre autres le cas pour le choix de la couleur et de la hauteur d'installation à utiliser pour le piège à phéromone, spécifique à l'insecte. Le présent projet visait donc à mettre au banc d'essai quatre hauteurs d'installation des pièges ainsi que 8 couleurs/types de pièges différents. Les résultats obtenus dans ont permis de démontrer que la hauteur optimale d'installation du piège au-dessus du sol pour capturer la cécidomyie du chou-fleur est de 10 centimètres. En effet, les résultats des neuf semaines de piégeage pour les deux sites ont permis de démontrer que cette hauteur permettait de capturer un plus grand nombre d'individus hebdomadairement. En ce qui a trait aux couleurs de pièges, les résultats n'ont pas permis de déterminer une couleur optimale. En fait, il semble que la hauteur ait davantage d'influence sur le niveau de captures de la cécidomyie du chou-fleur que la couleur du piège étant donné l'attractivité de la phéromone.

Table des matières

Faits saillants 2
Liste des figures 4
Liste de tableaux 4
Introduction 5
Objectifs du projet 6
Hauteurs de pièges à phéromone 6
Couleurs de pièges à phéromone 6
Méthodologie 7
Essai des hauteurs de pièges 7
Essai des couleurs de pièges 7
Parcelles et relevé de pièges 8
Site 1 (St-Lin-Laurentides) 10
Site 2 (St-Alexis) 10
Analyses statistiques 10
Résultats et discussion 11
Hauteur optimale d'installation des pièges à phéromone 11
..... 11
Site #1 (St-Lin-Laurentides) 11
Site #2 (St-Alexis) 13
Couleur optimale des pièges à phéromone 15
Site #1 (St-Lin-Laurentides) 15
Site #2 (St-Alexis) 17
Delta vs Jackson 20
Conclusion 21
Références 23

Liste des figures

Figure 1. De gauche à droite: Jackson, Delta, rouge, jaune, bleu, vert, blanc et orange. 8
Figure 2. Disposition des pièges dans les blocs au site #1 (à gauche), à St-Lin-Laurentides et au site #2 (à droite), à St-Alexis pour les essais de hauteurs d'installation et de couleurs des pièges à phéromone pour le dépistage de la cécidomyie du chou-fleur. 9
Figure 3. À gauche, plaquette collante utilisée dans les pièges Delta et en coroplast. À droite, plaquette engluée utilisée pour les pièges Jackson. 9
Figure 4. Piège installé à 10 cm au-dessus du sol..... 11
Figure 5. Moyennes hebdomadaires des captures de cécidomyie du chou-fleur (Contarinia nasturtii Kieffer) dans les pièges installés à différentes hauteurs au-dessus du sol, à St-Lin-Laurentides (site#1). Relevé des pièges du 2 juillet au 27 août 2016. 12
Figure 6. Fréquence hebdomadaire à laquelle les pièges installés à différentes hauteurs au-dessus du sol dans un bloc d'essai ont permis de capturer le plus grand nombre de cécidomyie du chou-fleur (Contarinia nasturtii Kieffer), dans les sites. 13
Figure 7. Moyennes hebdomadaires des captures de cécidomyie du chou-fleur (Contarinia nasturtii Kieffer) dans les pièges installés à différentes hauteurs au-dessus du sol, à St-Alexis (site#2). Relevé des pièges du 7 juillet au 1er septembre 2016. 14
Figure 8. Moyennes hebdomadaires des captures de cécidomyie du chou-fleur (Contarinia nasturtii Kieffer) dans les pièges de couleur, à St-Lin-Laurentides (site#1). Relevé des pièges du 2 juillet au 28 août 2016..... 16
Figure 9. Moyennes hebdomadaires des captures d'autres insectes (ssp.) dans les pièges de couleur, à St-Lin-Laurentides (site#1). Relevé des pièges du 2 juillet au 28 août 2016.17
Figure 10. Moyennes hebdomadaires des captures de cécidomyie du chou-fleur (Contarinia nasturtii Kieffer) dans les pièges de couleur, à St-Alexis (site #2). Relevé des pièges du 7 juillet au 1er septembre 2016..... 19
Figure 11. Moyennes hebdomadaires des captures d'autres insectes (ssp.) dans les pièges de couleur, à St-Alexis (site#2). Relevé des pièges du 7 juillet au 1er septembre 2016. 20
Figure 12. À gauche, piège Jackson (plus court et plus étroit) et sa plaquette engluée; à droite, piège Delta et sa plaquette collante. 21

Liste de tableaux

Tableau 1. Description des 4 hauteurs mises à l'essai pour déterminer la hauteur optimale d'installation des pièges à phéromone pour la cécidomyie du chou-fleur. 7
Tableau 2. Description des 8 couleurs de pièges à phéromone pour la cécidomyie du chou-fleur utilisées pour l'essai de couleurs. 8
Tableau 3. Moyennes hebdomadaires* des captures de cécidomyie du chou-fleur (Contarinia nasturtii Kieffer) dans les pièges de couleur, à St-Lin-Laurentides (site#1). Relevé des pièges du 2 juillet au 28 août 2016..... 15
Tableau 4. Moyennes hebdomadaires* des captures de cécidomyie du chou-fleur (Contarinia nasturtii Kieffer) dans les pièges de couleur, à St-Alexis (site #2). Relevé des pièges du 7 juillet au 1er septembre 2016. 18

Introduction

La cécidomyie du chou-fleur (*Contarinia nasturtii* Kieffer) (*Diptera : Cecidomyiidae*) est originaire d'Eurasie, constitue un nouveau ravageur des cultures de crucifères en Amérique du Nord, principalement dans les crucifères feuilles (Abram et al., 2012). Depuis 2003, ce ravageur s'est répandu sur l'ensemble du territoire québécois[1], causant d'importantes pertes de rendement. Malgré l'application d'insecticides homologués, la cécidomyie du chou-fleur (CCF) demeure difficile à contrôler dans les zones infestées (Lafontaine et al., 2012). Pour assurer le suivi des populations, des phéromones spécifiques à l'espèce sont utilisées afin de détecter la présence de cet incontestable ravageur (Hillbur et al., 2005). Le réseau de veille de la CCF, dans le cadre des activités du Réseau d'avertissements phytosanitaires (RAP) des cultures de crucifères, est coordonné par le Carrefour industriel et expérimental de Lanaudière. Ce réseau de veille permet d'assurer un suivi dans l'ensemble des régions du Québec. Cependant, les techniques de dépistage et les moyens de lutte pour contrôler la CCF demeurent encore discutables. En effet, différentes informations circulent, entraînant des discussions et des remises en question au sujet des stratégies. C'est d'ailleurs le cas pour les couleurs de pièges utilisés ainsi que pour la hauteur d'installation de ces pièges. Les essais de ce projet visent donc à générer des données nous permettant de vérifier ces informations.

Jusqu'à présent, la stratégie adoptée au Québec consiste à installer des pièges Delta en carton ciré blanc, au moment de la plantation de la culture, à une hauteur suivant la canopée (Lafontaine et Martinez, 2011). En cours de saison, la hauteur des pièges est ainsi réajustée pour suivre la croissance des plants. En mars 2014, Vianney Estorgues, technicien agronome à la Chambre d'agriculture de la Finistère en Bretagne (France), s'est déplacé au Québec pour discuter des essais réalisés en Bretagne. Il a indiqué que dans sa région, la hauteur optimale pour installer les pièges au champ était de 20 cm au-dessus du sol, sans tenir compte de la hauteur de la canopée[2]. Le choix de cette hauteur était aussi basé sur un article scientifique décrivant la phéromone de la CCF (Hillbur et al., 2005). Les travaux de Hillbur et al. ont démontré qu'une forte variabilité était observée quant au nombre de captures en fonction de la hauteur d'installation du piège entre 20 et 55 cm, 81.9% des mâles ayant été capturés dans les pièges installés à 20 cm du sol. Comme l'intensité des captures a une influence sur le seuil d'intervention qui devra éventuellement être déterminé, la hauteur de pièges constitue un paramètre important à déterminer dans la mesure où elle aurait un impact réel sur le niveau de captures.

Par ailleurs, M. Estorgues suggérait que l'utilisation de pièges verts pour le contrôle de la CCF permettait de réduire le bruit de fond sur les plaquettes collantes utilisées dans les pièges à phéromone et ainsi d'accroître la spécificité du piège. Afin de valider ces résultats et d'évaluer l'efficacité de la couleur du piège à favoriser les captures de cécidomyie et à réduire les nombre d'autres insectes nuisant au dénombrement de la CCF sur la plaquette collante, le Carrefour Industriel et Expérimental de Lanaudière (CIEL) a fait l'essai de différentes couleurs de pièges à

[1] Information provenant du suivi provincial de la cécidomyie du chou-fleur, dans le cadre des activités du Réseau d'avertissements phytosanitaires (RAP) Crucifères, coordonné par le Carrefour industriel et expérimental de Lanaudière.
[2] Cette information provient de la présentation de Vianney Estorgues, lors de son passage au Québec, en 2014.

phéromone. En théorie, la couleur du piège ne devrait pas influence le niveau de captures de CCF étant donné l'attractivité de la phéromone pour capturer les CCF mâles.

Actuellement, au Québec, le piège préconisé est le Delta « Tetra », conçu par la compagnie suisse *Andermatt biocontrol*. Toutefois, au cours des dernières années, des études préliminaires menées en Ontario auraient confirmé l'efficacité du piège Jackson (Hallet et Sears, 2013). Étant donné que cette étude a été réalisée sans répétition et sur une courte période de temps, le choix du piège demeure encore discutable. Les recommandations de l'Ontario (2008) pour l'usage du piège Jackson engendrent donc des questionnements au Québec, qui méritent d'être discutés. Pour cette raison, ces deux types de pièges figureront également au banc d'essai, parmi les couleurs de pièges.

Objectifs du projet

Le projet est divisé en deux essais distincts ayant pour but d'optimiser le dépistage de la CCF dans les pièges à phéromone. Le premier essai concerne la détermination d'une hauteur optimale d'installation des pièges à phéromone. Le deuxième concerne l'essai de couleurs de pièges à phéromone pour réduire le bruit de fond sur les plaquettes collantes utilisés dans les pièges et ainsi augmenter la spécificité du piège.

Hauteurs de pièges à phéromone

Cet essai a pour but de mesurer la variabilité de piégeage en fonction de la hauteur des pièges afin de déterminer une hauteur optimale. L'objectif est de comparer différentes hauteurs fixes à une hauteur variable, suivant la canopée (méthode utilisée au Québec actuellement) pour évaluer si cela a une influence significative sur le nombre de captures de CCF. Les résultats de l'essai contribueront à l'élaboration d'une technique de piégeage contre la CCF qui pourra être standardisée à l'échelle du Québec.

Couleurs de pièges à phéromone

L'objectif principal de cet essai est d'expérimenter différentes couleurs de pièges à phéromone dans le but d'évaluer si la couleur a un effet répulsif sur les autres insectes du piège. En fait, en réduisant le bruit de fond sur les plaquettes collantes, le dénombrement et l'identification des CCF seraient facilités. Également, l'essai permettra de déterminer si la couleur du piège un effet sur le nombre de captures de la CCF, malgré l'attractivité de la phéromone. En sous-objectif, le projet permettra de comparer l'efficacité du piège « Delta », suggéré au Québec et du « Jackson », utilisé en Ontario.

Méthodologie

Les essais de hauteurs d'installation et de couleurs de pièges pour capturer la CCF ont été réalisés sur les mêmes sites, soit deux champs de crucifères-feuilles de la région de Lanaudière. Pour chaque site, les pièges à phéromone ont été relevés à raison d'une fois par semaine. Le piégeage s'est échelonné sur toute la période de production des crucifères au champ, entre 9 et 10 semaines. Les phéromones spécifiques à la CCF ont été remplacées après cinq semaines pour assurer un bon contrôle de l'attractif.

Essai des hauteurs de pièges

Quatre hauteurs d'installation des pièges à phéromone ont été mises à l'essai (tableau 1). Les parcelles ont été implantées en bloc aléatoire complet. Chaque site comptait six répétitions, pour un total de 24 pièges par site.

Tableau 1. Description des quatre hauteurs mises à l'essai pour déterminer la hauteur optimale d'installation des pièges à phéromone pour la cécidomyie du chou-fleur.

Traitement	Hauteur du fond du piège au-dessus du sol
1	10 cm (H10)
2	20 cm (H20)
3	30 cm (H30)
4 (témoin)	Hauteur variable (HV) en fonction de la hauteur du plant (au-dessus de la canopée)

Les pièges à hauteur fixe étaient attachés à une vis fixée sur un piquet de bois (1' x 1'), planté sur le rang verticalement. Quant aux pièges à hauteur variable (HV), ceux-ci étaient suspendus à un piquet de bambou enfoncé diagonalement sur le rang.

Les variables collectées sont les suivantes :

- ✓ Le nombre de cécidomyies du chou-fleur capturées par semaine sur chaque plaquette collante;
- ✓ La fréquence à laquelle il y a plus de captures dans un traitement plutôt que dans un autre;
- ✓ L'état du piège et de la plaquette en général (accumulation de terre sur la plaquette, piège brisé par le passage de la machinerie agricole, etc);
- ✓ La hauteur d'installation des pièges suivant la canopée, variable selon la croissance des plants (pour le témoin à hauteur variable).

Essai des couleurs de pièges

L'essai comportait huit couleurs de pièges à phéromone (tableau 2; figure 1). Chaque piège était attaché à un piquet de bambou enfoncé diagonalement sur le rang et placé à une hauteur variable en fonction de la hauteur des plants (idem au témoin dans l'essai de la hauteur d'installation du piège). Les parcelles d'essai ont été implantées en bloc aléatoire complet. Chaque site comptait quatre répétitions pour un total de 32 pièges par site.

Tableau 2. Description des huit couleurs de pièges à phéromone pour la cécidomyie du chou-fleur utilisées pour l'essai de couleurs.

Traitement	Couleur du piège
1	Delta (blanc)
2	Jackson (blanc)
3	Coroplast blanc
4	Coroplast bleu
5	Coroplast vert
6	Coroplast jaune
7	Coroplast orange
8	Coroplast rouge

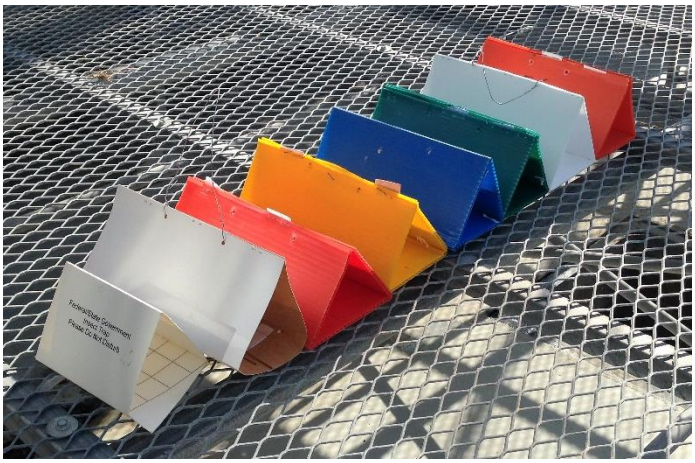

Figure 1. De gauche à droite: Jackson, Delta, rouge, jaune, bleu, vert, blanc et orange.

Les variables collectées sont les suivantes :

- ✓ Le nombre de cécidomyies du chou-fleur capturées par semaine sur chaque plaquette collante.
- ✓ La fréquence avec laquelle il y a plus de captures dans un traitement plutôt que dans un autre.
- ✓ L'état du piège et de la plaquette en général (accumulation de terre sur la plaquette, piège brisé par le passage de la machinerie agricole, etc).
- ✓ La hauteur d'installation des pièges suivant la canopée, variable selon la croissance des plants (pour le témoin à hauteur variable).

Parcelles et relevé de pièges

Chaque site comptait six blocs. Les parcelles de hauteurs de pièges étaient adjacentes aux pièges de couleur pour les blocs 1 à 4, pour un total de 12 pièges par parcelle (figure 2). Toutefois, comme le nombre de répétitions est plus élevé pour l'essai de hauteurs (6) que celui des couleurs (4) de pièges, les blocs 5 et 6 servaient uniquement aux essais de hauteurs. La disposition aléatoire des pièges était différente pour chaque site. Un espace de un mètre était laissé entre chaque piège d'une même parcelle. Les plaquettes collantes quadrillées ont été utilisées pour tous les pièges exceptés pour le « Jackson » (figure 3). Le format du piège étant légèrement différent, la plaquette engluée du fabricant a été utilisée pour ces pièges.

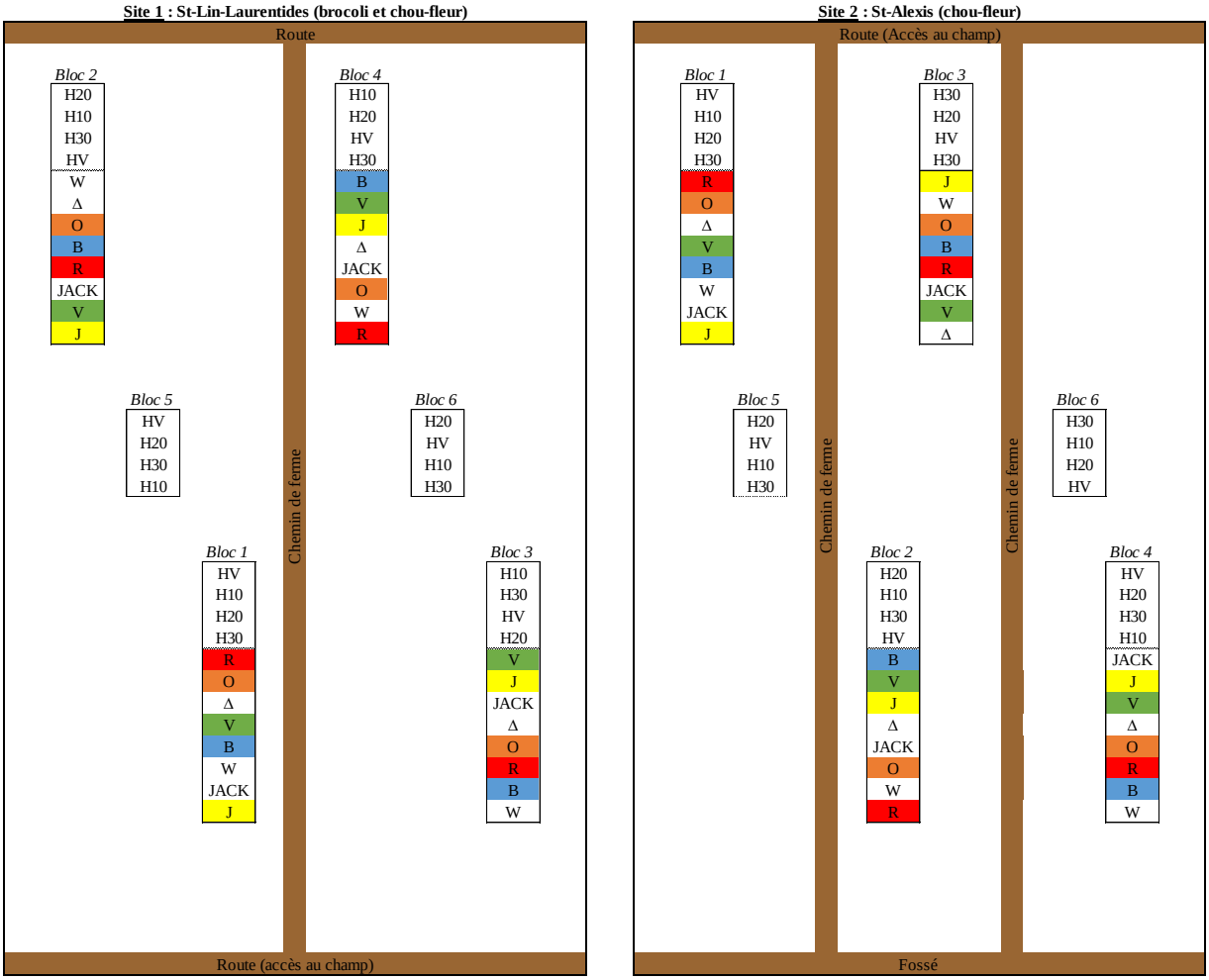

Figure 2. Disposition des pièges dans les blocs au site #1 (à gauche), à St-Lin-Laurentides et au site #2 (à droite), à St-Alexis pour les essais de hauteurs d'installation et de couleurs des pièges à phéromone pour le dépistage de la cécidomyie du chou-fleur.

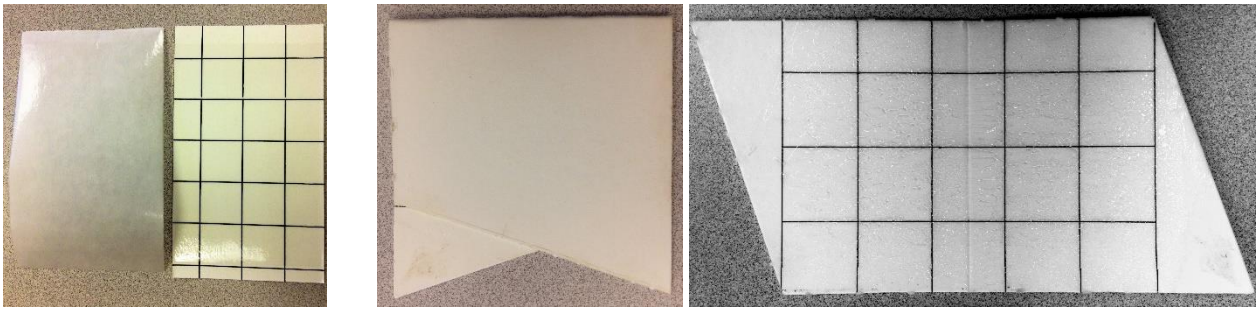

Figure 3. À gauche, plaquette collante utilisée dans les pièges Delta et en coroplast. À droite, plaquette engluée utilisée pour les pièges Jackson.

Les plaquettes ont été relevées à raison d'une fois par semaine. Les CCF étaient ensuite identifiées et comptées au laboratoire, à l'aide d'un binoculaire. Dans le cas des couleurs de pièges, les autres insectes ont également été comptés. Les autres ravageurs des crucifères capturés sur les plaquettes collantes ont également été identifiés.

Site 1 (St-Lin-Laurentides)

L'installation des pièges à phéromone sur le premier site, caractérisé par un historique d'infestation de CCF importante, et cultivé en brocoli et en chou-fleur à l'été 2015, a débuté le 10 juin. Toutefois, les conditions fraîches du sol argileux ont retardé la transplantation, faisant en sorte que seule la moitié des parcelles ont pu être installées à cette date. Le 25 juin, toutes les parcelles de l'essai étaient en place pour commencer l'essai avec suffisamment de répétitions.

Site 2 (St-Alexis)

L'installation des pièges sur le deuxième site, cultivé en chou-fleur en 2015 et n'ayant pas d'historique d'infestation de CCF, a été effectué le 30 juin.

Analyses statistiques

Une analyse de variance a ensuite été réalisée à partir des données recueillies pendant les semaines de piégeage. L'analyse statistique a été faite à partir de contrastes simples, établis à priori pour les deux essais. Afin de tenir compte de la variabilité des captures d'une semaine à l'autre, l'analyse a été faite par temps pour chacun des essais, à chacun des sites.

Résultats et discussion

Hauteur optimale d'installation des pièges à phéromone

Lors de l'essai, on craignait que les plaquettes collantes des pièges H10 soient endommagées par une possible accumulation de terre, réduisant les chances de capturer l'insecte. En fait, le passage de la machinerie et la forte pluie risquaient d'abîmer la plaquette collante des pièges situés près du sol. Toutefois, tous les pièges ont été relevés en bon état pendant l'essai. D'ailleurs, avec le développement des plants, les pièges H10 semblaient protégés des intempéries, par le feuillage des brocolis et des choux-fleurs. De plus, la hauteur de ces pièges correspondait à la hauteur la plus près du point de croissance des brocolis et des choux-fleurs (figure 4), là où les femelles ont tendance à pondre leurs œufs (Hullbur et al., 2005).

Figure 4. Piège installé à 10 cm au-dessus du sol.

Site #1 (St-Lin-Laurentides)

Dès le début de l'essai au site #1 (St-Lin-Laurentides), la hauteur minimale d'installation du piège HV était de 15 cm puisque le poids du piège au bout du piquet de bambou compliquait son installation à une hauteur inférieure. À partir du 9 juillet, la hauteur de HV correspondait au piège H20, puis au H30, le 23 juillet.

Pendant six semaines consécutives, les captures des pièges H10 étaient significativement plus élevées que les autres pièges (figure 5). Durant tout l'essai, le piège H10 a permis de capturer le plus grand nombre de cécidomyies du chou-fleur de manière significative, sept semaines sur neuf. En fait, les semaines du 2 juillet et du 20 août n'ont pas données de différence significative quant au nombre de captures entre les quatre hauteurs de pièges. Quant à la semaine du 28 août, les captures du piège HV étaient significativement plus faibles que dans les pièges H10, H20 et H30. Bien que le piège H10 se soit démarqué des autres hauteurs, les moyennes sont parfois gonflées par des captures plus élevées que la majorité des pièges, provenant notamment du bloc #5 (figure 2). Bien que ces captures tendent à faire augmenter la moyenne, il semble que les captures étaient plus élevées dans toutes les hauteurs de piège dans ce bloc d'essai.

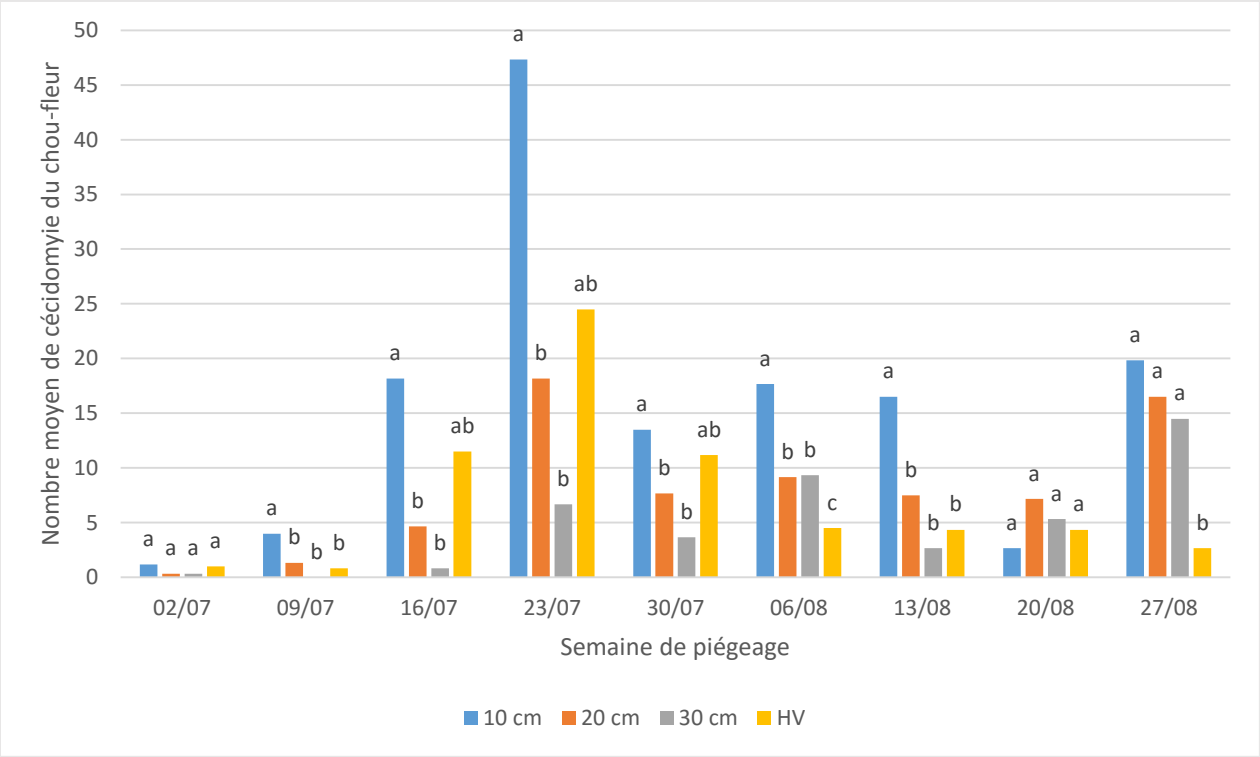

Figure 5. Moyennes hebdomadaires des captures de cécidomyie du chou-fleur (*Contarinia nasturtii* Kieffer) dans les pièges installés à différentes hauteurs au-dessus du sol, à St-Lin-Laurentides (site#1). Relevé des pièges du 2 juillet au 27 août 2016.

* *Les colonnes suivies d'une même lettre pour chaque semaine de piégeage ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% selon le test des contrastes qualitatifs à priori (α = 0,05).*

Aussi, le nombre de captures a été comparé entre les hauteurs de chaque bloc expérimental, pour chaque semaine de piégeage, afin de déterminer la fréquence à laquelle les pièges capturaient le plus grand nombre de CCF (figure 6). Ces données n'ont cependant pas été analysées de manière statistique. Dans cet ordre d'idées, les captures de CCF semblent avoir été plus importantes dans les pièges H10 que dans les autres hauteurs de piège, à 30 reprises (56,5%). Quant aux pièges H20, H30 et HV, le nombre de captures étaient plus élevés dans 11, 10 et 15% des cas, respectivement. Finalement, à quatre reprises, aucune CCF n'a été capturée dans les pièges à phéromone, dans tous les pièges d'un même bloc.

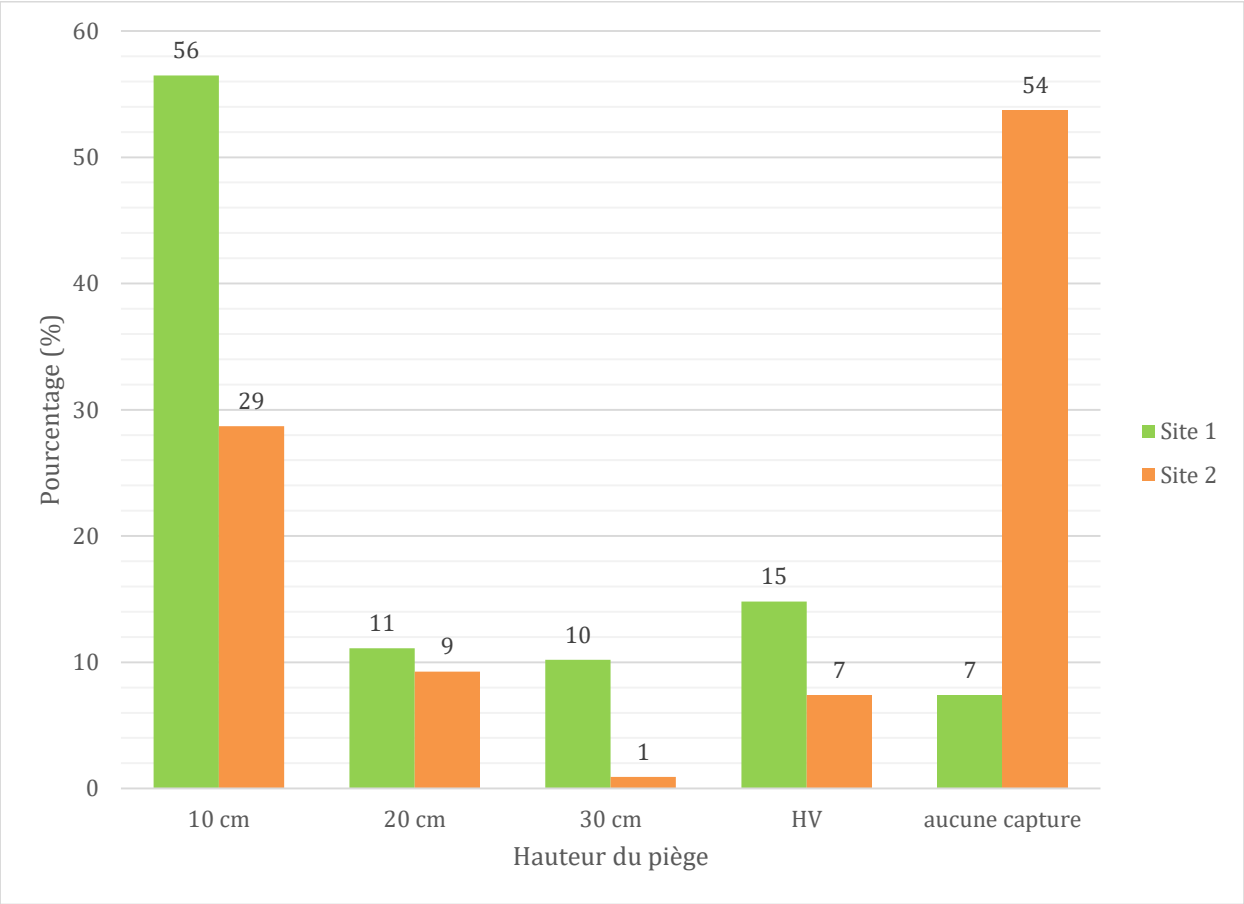

Figure 6. Fréquence hebdomadaire à laquelle les pièges installés à différentes hauteurs au-dessus du sol dans un bloc d'essai ont permis de capturer le plus grand nombre de cécidomyie du chou-fleur (*Contarinia nasturtii* Kieffer), dans les sites.

Lors de l'élaboration du projet, il était également question d'évaluer si la hauteur du piège pouvait avoir une influence sur la précocité des captures. Pour ce site, aucune hauteur n'a permis de capturer la CCF plus hâtivement qu'une autre. En effet, dès le début du projet, le piégeage s'est avéré positif dans toutes les hauteurs mises à l'essai.

Site #2 (St-Alexis)

Au début de l'essai au site #2, la hauteur minimale d'installation du piège HV était de 15 cm pour les mêmes raisons qu'au site #1. À partir du 14 juillet, la hauteur de HV correspondait au piège H20, puis au H30, le 28 juillet.

Les résultats de piégeage ont été moins concluants qu'au site #1, étant donné que les populations de CCF étaient peu abondantes pendant les huit premières semaines de piégeage (figure 7). Pour les semaines du 28 août et du 4 septembre, les pièges H10 ont capturé le plus grand nombre de CCF, de manière significative. Également, le 28 juillet, le nombre de captures était significativement plus élevé dans les pièges H10. Par contre, à cette date, aucune CCF n'a été capturée par les autres hauteurs de piège. Il n'y a qu'à la sixième semaine de piégeage (11 août), que les captures ont été

significativement plus élevées dans le piège HV. En fait, les pièges HV sont les seuls à avoir capturé des CCF au cours de cette semaine de piégeage, avec une moyenne inférieure à un individu par piège dans l'ensemble des blocs expérimentaux.

Pendant les neuf semaines de piégeage et dans les six blocs d'essai, le piégeage s'est révélé infructueux dans plus de 50% des cas (figure 6). En effet, aucune CCF n'a été capturée dans les pièges de hauteurs installés au champ. À l'égard de ce qui précède, les pièges H10 ont tout de même permis de capturer le plus grand nombre de cécidomyies du chou-fleur dans près de 29% des cas. Quant aux pièges H20, H30 et HV, leur fréquence du plus grand nombre de captures est inférieure à 10%.

Pour ce site, les premières captures ont eu lieu lors de la deuxième semaine de piégeage (14 juillet). À cette date, seuls les pièges H10 et HV ont permis de capturer la CCF. Jusqu'au 27 août, peu de cécidomyies du chou-fleur ont été capturées dans les pièges. Jusqu'à cette date, les pièges H10 ont permis de capturer le ravageur à chaque semaine, excepté le 11 août où la cécidomyie s'est retrouvée dans un seul piège HV (parmi les six blocs).

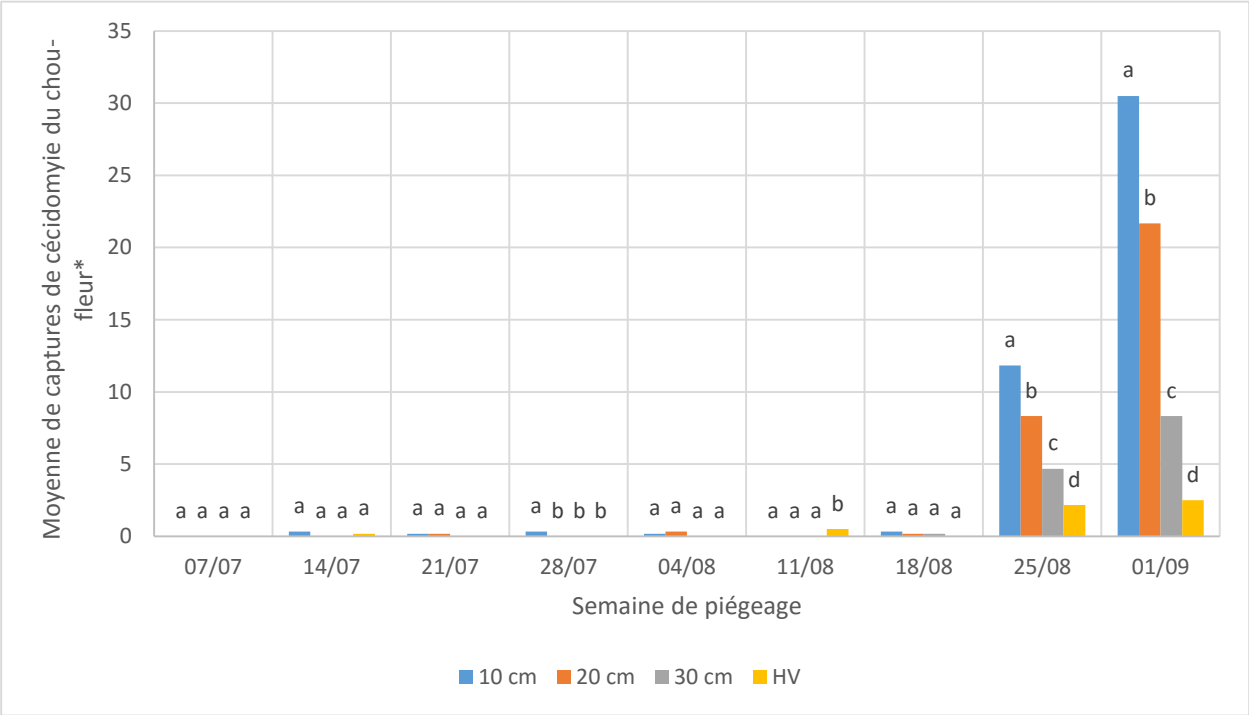

Figure 7. Moyennes hebdomadaires des captures de cécidomyie du chou-fleur (*Contarinia nasturtii* Kieffer) dans les pièges installés à différentes hauteurs au-dessus du sol, à St-Alexis (site#2). Relevé des pièges du 7 juillet au 1er septembre 2016.

* *Les colonnes suivies d'une même lettre pour chaque semaine de piégeage ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% selon le test des contrastes qualitatifs à priori (α = 0,05).*

Couleur optimale des pièges à phéromone

Les résultats obtenus en ce qui a trait au nombre de captures de cécidomyies du chou-fleur avec les pièges de couleurs sont plus abstraits que dans l'essai des hauteurs de pièges. En effet, d'une semaine à l'autre, la couleur de piège qui s'est avérée la plus efficace pour capturer le plus grand nombre de CCF était très variable.

Site #1 (St-Lin-Laurentides)

Captures de cécidomyie du chou-fleur

Dans la semaine du 23 juillet, le nombre de captures de CCF dans les pièges jaunes étaient significativement plus faibles que les pièges orange et rouges (tableau 3; figure 8). Toutefois, les résultats n'ont pas permis d'établir de différence significative entre les autres couleurs de pièges. Au cours de la semaine du 6 août, le piège vert a permis de capturer plus de cécidomyies du chou-fleur que le jaune, le orange et le rouge, de manière significative. Cependant, l'analyse statistique n'a pas permis de démontrer une différence avec les autres pièges. Le 20 août, les captures de l'insecte ont été significativement plus élevées dans le piège jaune que dans le piège Delta, mais toutes les autres couleurs n'était pas différentes sur le plan statistique. Au cours de l'essai, aucune différence significative n'a été observée entre les couleurs de pièges pour capturer des cécidomyies du chou-fleur, dans 78% des cas (7 semaines sur 9).

Par ailleurs, aucune tendance n'a été observée en ce qui a trait à la couleur de piège à préconiser pour capturer la CCF de manière optimale. En effet, d'une semaine à l'autre, le nombre de captures dans chaque couleur de piège était très variable.

Tableau 3. Moyennes hebdomadaires* des captures de cécidomyie du chou-fleur (*Contarinia nasturtii* Kieffer) dans les pièges de couleur, à St-Lin-Laurentides (site#1). Relevé des pièges du 2 juillet au 28 août 2016.

SEMAINE DE PIÉGEAGE	**COULEUR DE PIÈGE**							
	Delta	Jackson	Blanc	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
02/07	1.0a	1.8a	0.8a	0.0a	2.5a	2.0a	1.3a	5.0a
09/07	2.3a	5.3a	2.0a	10.0a	10.8a	3.8a	11.3a	5.3a
16/07	6.5a	11.0a	6.3a	8.0a	9.8a	11.0a	10.8a	8.3a
23/07	1.8	4.8	4.8	3.5	7.3	7.8	2.8	3.0
30/07	3.8ab	2.3ab	4.3ab	4.0ab	7.5ab	3.3a	3.5b	3.0b
06/08	1.5a	5.3a	8.0a	2.5a	1.0a	6.8a	4.8a	7.0a
13/08	2.0a	1.8ab	3.0ab	2.8ab	3.3ab	4.0b	2.3	3.0
20/08	4.3	8.8	3.5	5.8	6.5	17.3	7.0	12.5
27/08	4.3	2.8	4.0	4.8	6.3	4.0	4.0	1.8

** Les valeurs d'une ligne suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% selon le test des contrastes simples à priori (α = 0,05).*

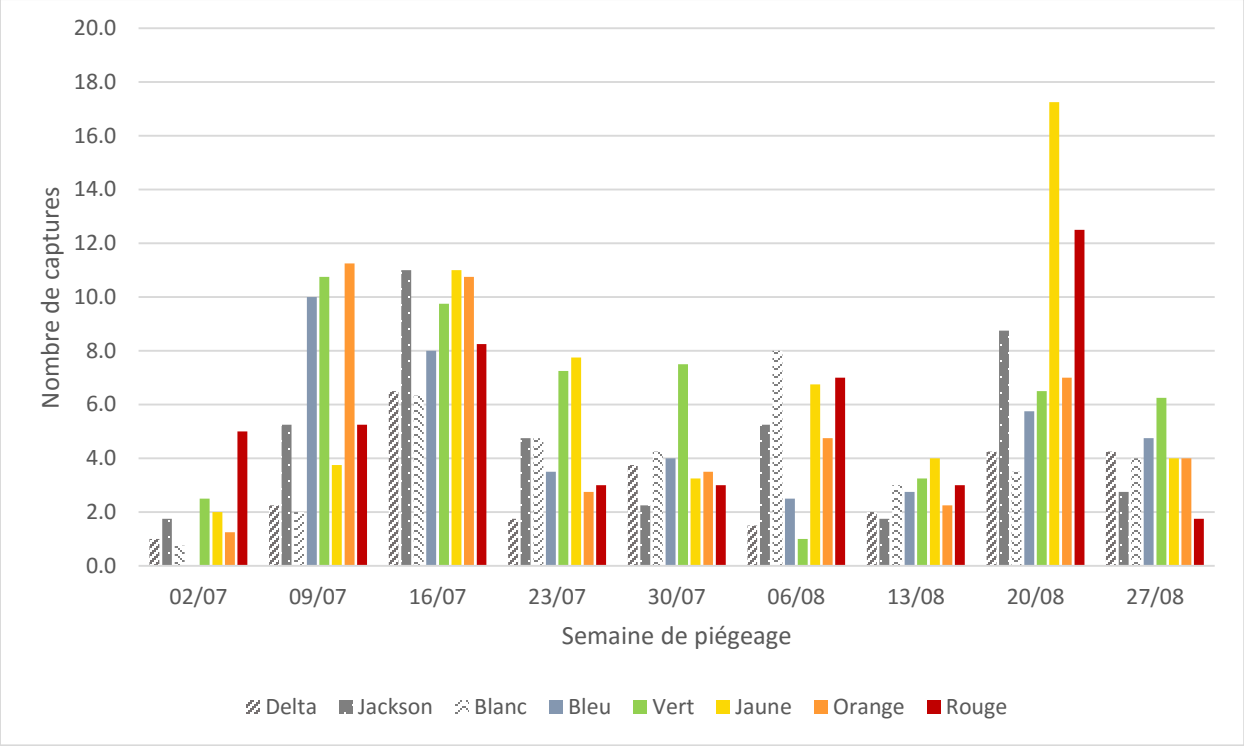

Figure 8. Moyennes hebdomadaires des captures de cécidomyie du chou-fleur (*Contarinia nasturtii* Kieffer) dans les pièges de couleur, à St-Lin-Laurentides (site#1). Relevé des pièges du 2 juillet au 28 août 2016.

Autres insectes

Au cours de l'essai, le nombre de captures des insectes autres que la CCF a été compilé dans le but de déterminer quelle couleur de piège permettait de réduire le bruit de fond sur la plaquette collante pour ainsi faciliter l'identification et le décompte des cécidomyies du chou-fleur. Les autres ravageurs des crucifères ont été identifiés selon leur genre tandis que les autres insectes ont été classés par ordre d'insectes. Quatre ordres d'insectes ont été observés sur les plaquettes collantes : les coléoptères, les diptères, les hyménoptères et les lépidoptères. Les diptères constituent l'ordre le plus abondamment et le plus fréquemment observés sur les plaquettes collantes de chacun des pièges.

Les résultats n'ont pas été soumis à un test statistique puisqu'une trop grande variabilité entre les données des pièges d'une même couleur n'auraient pas permis de faire ressortir les différences significatives entre les couleurs. Compte tenu des observations, les pièges Delta, rouges, orange et verts semblent avoir permis de capturer un moins grand nombre d'insectes indésirables (figure 9). Toutefois, un des quatre pièges Delta a fait exception le 13 août en capturant plus de 90 insectes, ce qui explique le pic sur le graphique. Quant aux autres couleurs, les pièges blancs, bleus, jaunes et le Jackson capturaient un plus grand nombre d'autres insectes (plus de 10 individus par piège). Parmi ceux-ci, ce sont les pièges jaunes qui semblaient capturer le moins d'autres insectes, en moyenne.

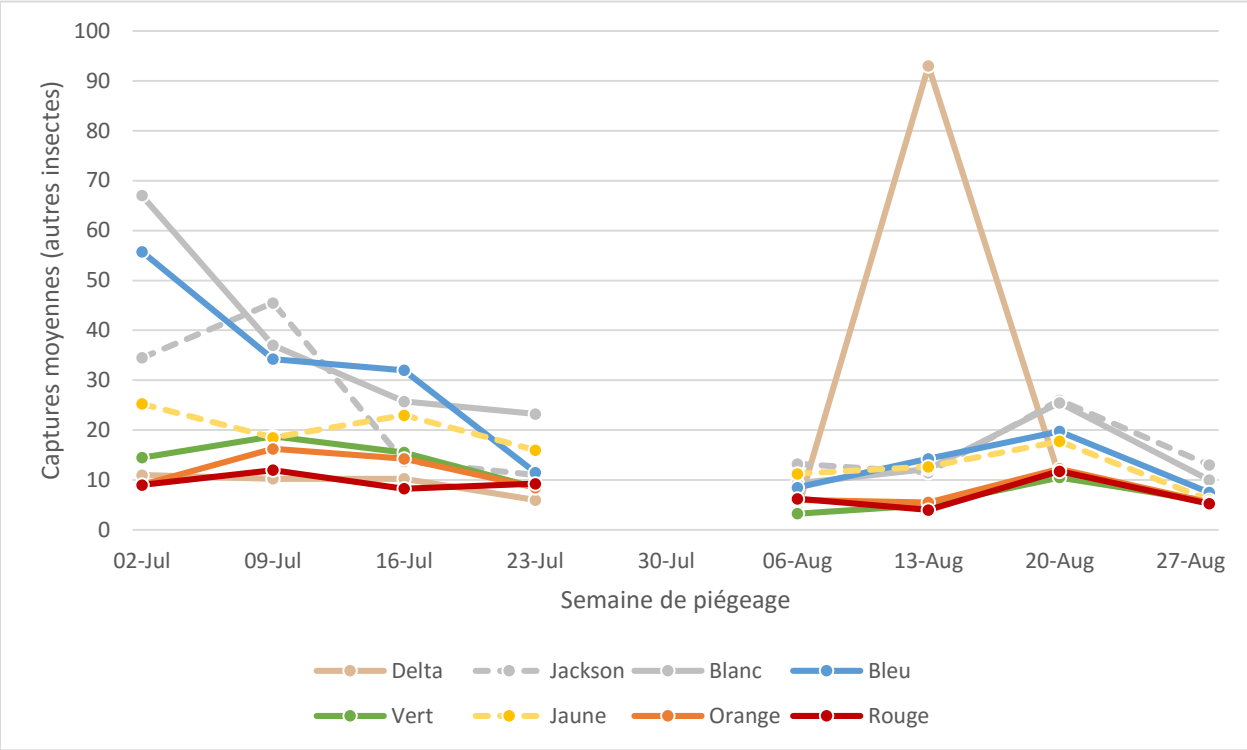

Figure 9. Moyennes hebdomadaires des captures d'autres insectes (ssp.) dans les pièges de couleur, à St-Lin-Laurentides (site#1). Relevé des pièges du 2 juillet au 28 août 2016.

Les pièges blancs et bleus se sont avérés efficaces pour capturer des diptères du genre *Delia* qui comprennent entre autres, la mouche du chou (*Delia radicum*), ravageur prioritaires des crucifères (MAPAQ, 2016). La fréquence de piégeage des *Delia* pour ces pièges étaient respectivement de 72 et 63%. À maintes reprises, les plaquettes des pièges blancs et bleus étaient tapissées de mouches, ce qui rendait l'identification de la CCF plus ardue. Également, plusieurs pièges bleus contenaient des hyménoptères de la sous-famille des abeilles. Quant aux pièges Jackson et Delta, ceux-ci permettaient de capturer des diptères et des coléoptères de tous genres, mais le nombre d'individus par piège était toujours plus élevé dans les Jackson, sauf une fois. Cette exception fait référence à une plaquette collante de Delta parmi les réplicats sur laquelle plus de 350 diptères ont été dénombrés (13 août).

Le dénombrement des autres insectes n'a pas été effectué pour la semaine de piégeage du 30 juillet, ce qui explique la coupure sur la figure 9. En décembre, des données manquantes avaient été remarquées lors de du traitement des données de cette semaine de piégeage. Les insectes s'étant mal conservés sur les plaquettes collantes sur lesquelles s'était formée de la moisissure avec le temps, l'erreur n'a donc pas pu être corrigée. Contrairement aux autres insectes, les CCF avaient été identifiées quelques jours après le relevé des pièges.

Site #2 (St-Alexis)

Captures de cécidomyie du chou-fleur

Au site #2, très peu de résultats concluants sont ressortis des analyses statistiques. En effet, au cours des cinq premières semaines, le taux de capture de CCF était trop faible (~0) pour obtenir des

différences significatives entre les couleurs de piège (tableau 4; figure 10). À partir du 11 août, le nombre de captures a commencé à augmenter. À cette date, le nombre de captures de CCF dans le piège Jackson était significativement plus élevé que dans les autres pièges. Le 19 août, bien que le piège Jackson ait eu une moyenne de 10 captures par piège, le nombre de captures n'est pas différent au point de vue statistique puisqu'une donnée extrême a fait gonfler la moyenne (36 captures dans un piège versus 1 capture dans les autres). Le 27 août, le piège blanc a permis de capturer un plus grand nombre d'individus, mais une trop grande variabilité entre les résultats fait en sorte qu'aucune différence significative n'est ressortie de l'analyse. Lors de la dernière semaine de piégeage, le nombre de captures dans les pièges Delta était significativement inférieur aux autres couleurs de pièges.

L'essai des couleurs de piège a toutefois permis de confirmer la présence de la CCF plus tôt en saison que l'essai des hauteurs, bien que les blocs d'essais étaient placés côtes-à-côtes dans le champ. En effet, le 6 juillet, des cécidomyies du chou-fleur ont été piégées par les pièges jaunes et verts. Jusqu'au 22 juillet, seul le piège jaune a permis de capturer des cécidomyies du chou-fleur à chaque semaine. Il n'y a qu'à la semaine du 28 juillet qu'aucune capture n'a eu lieu dans les pièges jaunes. Quant au piège Delta, les premières captures ont eu lieu à la quatrième semaine de piégeage (28 août), en conditions de faible infestation du ravageur ciblé.

Tableau 4. Moyennes hebdomadaires* des captures de cécidomyie du chou-fleur (*Contarinia nasturtii* Kieffer) dans les pièges de couleur, à St-Alexis (site #2). Relevé des pièges du 7 juillet au 1er septembre 2016.

SEMAINE DE PIÉGEAGE	**COULEUR DE PIÈGE**							
	Delta	Jackson	Blanc	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
07/07	0a	0a	0a	0a	0.25a	0.25a	0a	0a
14/07	0	0.25	0	0	0	0.25	0	0
22/07	0	0	0	0	0	0.25	0	0
28/07	0	0.5	0.25	0	0	0	0	0
04/08	0	0	0	0	0.25	0.25	0.25	0.25
11/08	0.25	1	0	0.25	0	0.25	0.25	0.25
19/08	1	10	3.5	2.75	3.5	4.75	4.5	5.25
27/08	1.5	3.25	6.75	4.75	1.5	2	1	1.75
04/09	0.5	4.5	4.5	1.5	2.75	3.75	2.5	3

** Les valeurs d'une ligne suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% selon le test des contrastes simples à priori (α = 0,05).*

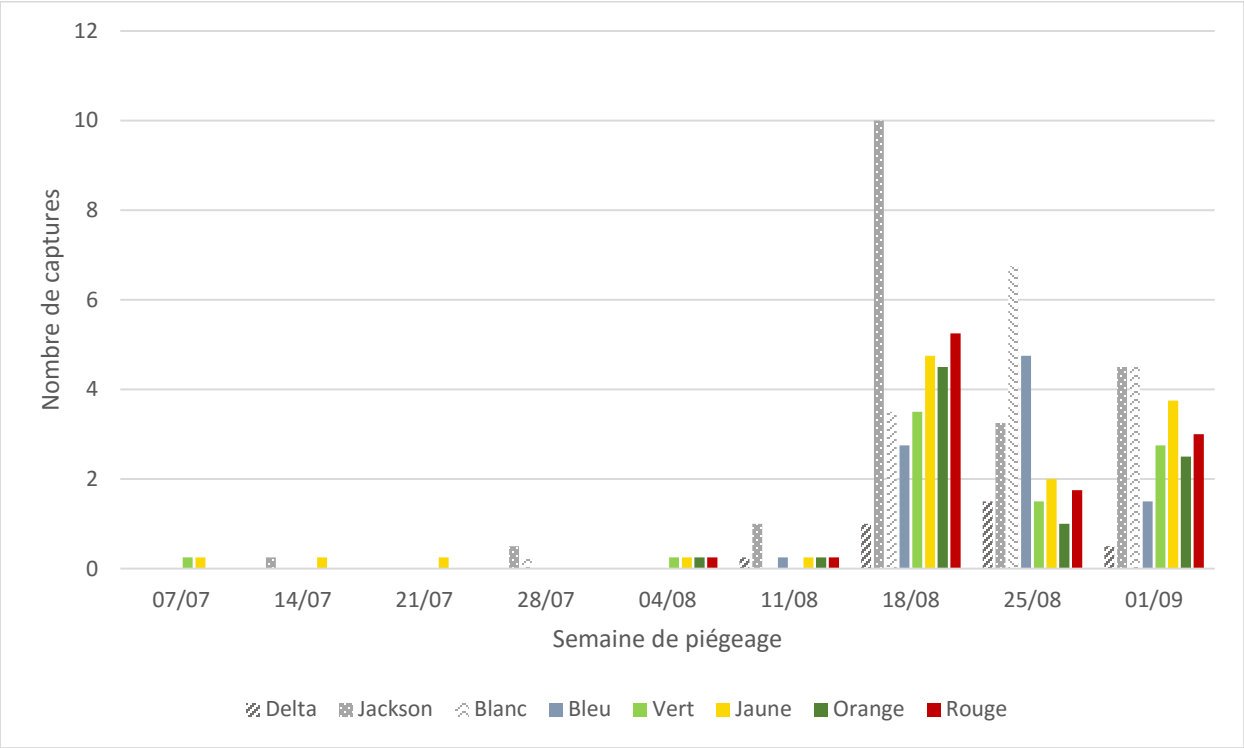

Figure 10. Moyennes hebdomadaires des captures de cécidomyie du chou-fleur (*Contarinia nasturtii* Kieffer) dans les pièges de couleur, à St-Alexis (site #2). Relevé des pièges du 7 juillet au 1er septembre 2016.

En termes de fréquence, le piège jaune a permis de capturer le plus de CCF dans 25% des cas. Bien que les pièges Delta et Jackson n'aient pas permis de capturer le plus grand nombre de cécidomyies du chou-fleur dans la majorité des cas, il n'en demeure pas moins que l'analyse statistique n'a démontrée aucune différence significative entre le nombre de captures pour chacun des pièges. Cela peut s'expliquer par la présence de la phéromone dans le piège qui attire les CCF mâles. La couleur n'a donc probablement aucune incidence sur les captures de CCF et les variations semblent davantage dues au hasard.

Autres insectes

Les autres insectes observés dans les pièges de couleur sont les mêmes qu'au site #1. En général, le piège Delta a permis de capturer moins d'insectes indésirables dans les pièges à CCF. Le piège Jackson, qui montrait une tendance intéressante pour capturer la CCF, a également capturé beaucoup d'autres insectes, davantage que le piège Delta. Dans les pièges bleus et blancs, le nombre d'autres insectes était généralement plus élevés que les pièges Jackson et Delta. Comme au site #1, les *Anthomyiidae* du genre *Delia* étaient très nombreuses sur les plaquettes collantes des pièges bleus et blancs. En général, le nombre d'autres insectes observés était plus faible dans les pièges Delta, verts, orange et rouges.

Pour la semaine du 18 août, les résultats de piégeage des autres insectes n'ont pas pu être compilés pour les mêmes raisons que ce qui est arrivé avec aux plaquettes du 30 juillet au site #1. En fait, l'absence de donnée est due au mauvais état des plaquettes collantes au moment d'identifier les autres insectes, en décembre.

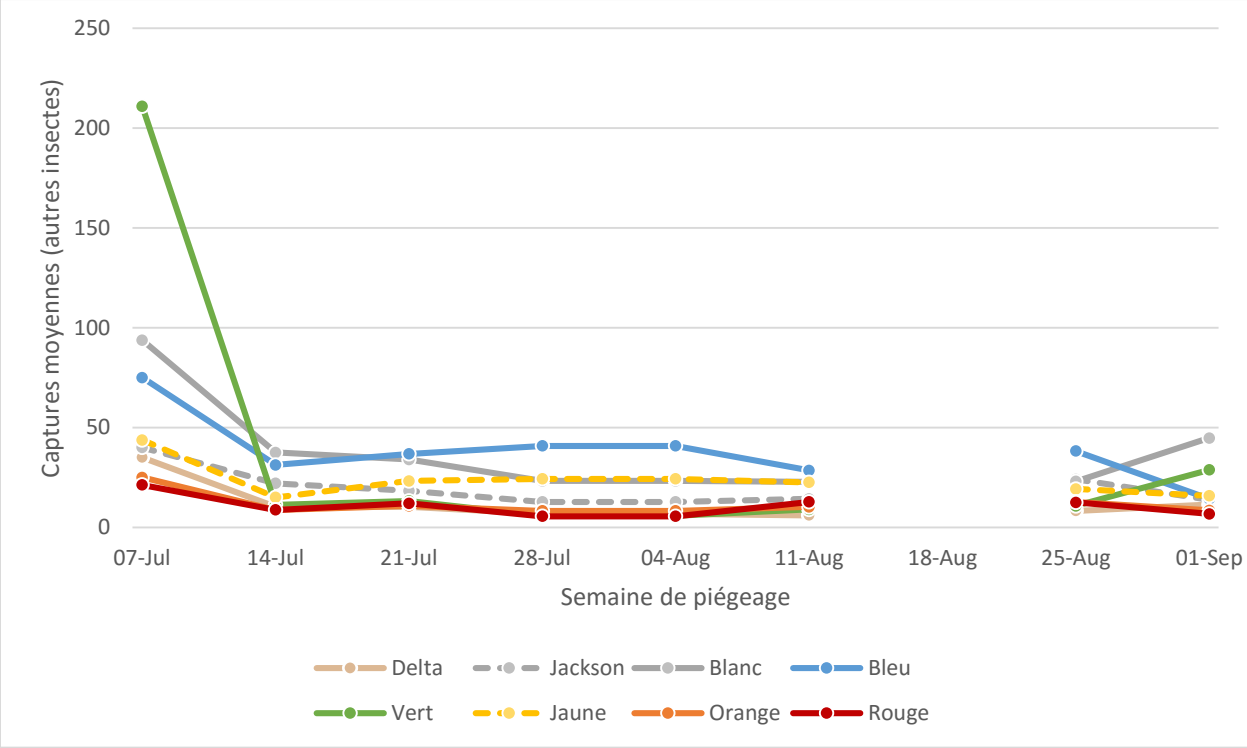

Figure 11. Moyennes hebdomadaires des captures d'autres insectes (ssp.) dans les pièges de couleur, à St-Alexis (site#2). Relevé des pièges du 7 juillet au 1er septembre 2016.

Delta vs Jackson

Dans l'essai, nous avons comparé le piège Jackson au Delta afin de déterminer si les outils de dépistage utilisés en Ontario (Jackson) étaient plus efficaces que les pièges préconisés au Québec (Delta). Dans les essais de Rebecca H. Hallett et de Mark K. Sears (2013), le piège Jackson s'était avéré optimal pour capturer la CCF. Dans cet essai, cinq types de pièges à phéromone avaient été comparés afin de déterminer lequel capturait le plus grand nombre de CCF. Le piège Jackson, de couleur blanche, était alors ressorti plus efficace en capturant de deux à trois fois plus d'individus de cette espèce que le piège Delta, brun. Toutefois, le Delta qui est utilisé au Québec, bien que sa forme soit légèrement différente du Jackson, est aussi de couleur blanche à l'extérieur (figure 12). En fait, le côté extérieur est ciré et de couleur blanche tandis que l'intérieur non-ciré est brun pâle. Cela peut expliquer pourquoi il n'a pas été possible de valider cette information au cours du présent essai. Par ailleurs, nous avons remarqué que la plaquette engluée utilisée dans le Jackson rendait l'identification des insectes plus compliquée que la plaquette collante du Delta, et ce pour plusieurs raisons. D'une part, la plaquette du Jackson est composée d'une colle plus épaisse, ce qui fait en sorte que les insectes sont noyés sous une couche de colle au moment de les identifier au microscope. D'autre part, lors du transport, la plaquette engluée est pliée en deux. En la dépliant pour procéder à l'identification, il arrive que des insectes se brisent et que des morceaux se retrouvent des deux côtés de la plaquette, cachant les insectes de plus petites tailles telles que la CCF. Les antennes de la CCF sont composées de 24 nodules. D'ailleurs, ce trait caractéristique de la CCF constitue un des meilleurs moyens pour l'identifier. À cet égard, il arrive parfois que la plaquette engluée du Jackson brise les antennes, faisant en sorte que les nodules sont dispersés de chaque côté de la plaquette, et ainsi engendrer des erreurs d'identification. De plus, les insectes se conservent moins bien dans la colle

du piège Jackson, ce qui fait en sorte qu'il est pratiquement impossible d'identifier les insectes à l'espèce, quelques jours après le relevé du piège. Finalement, l'usage de la plaquette du Jackson est moins pratique puisque la colle a tendance à se liquéfier et à couler en saison chaude, rendant sa manipulation moins agréable.

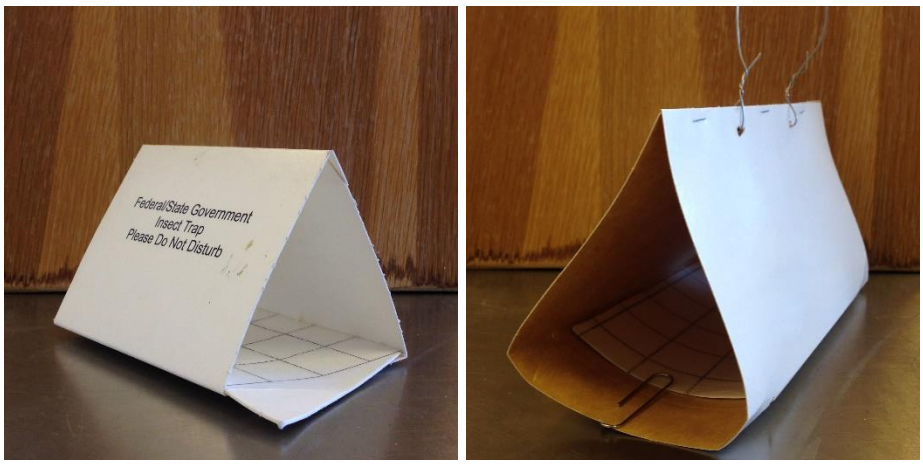

Figure 12. À gauche, piège Jackson (plus court et plus étroit) et sa plaquette engluée; à droite, piège Delta et sa plaquette collante.

Conclusion

En ce qui concerne l'essai sur les hauteurs de piège, la hauteur semble influencer le niveau de captures de la cécidomyie du chou-fleur dans les pièges à phéromone. Les résultats de piégeage ont été analysés pour chaque semaine de piégeage. Compte tenu de ces résultats, il semble que le piège installé à 10 cm au-dessus du sol permette de capturer un plus grand nombre de cécidomyies du chou-fleur, de manière significative dans la majorité des cas. En fait, quelques semaines de piégeage n'ont pas données de résultats significatifs, notamment au site #2 où les niveaux de captures étaient quasiment nuls au cours des premières semaines de l'essai. Étant donné que la femelle pond ses œufs près des tissus en développement (méristème apical), où les larves se nourrissent et se développent (Hillbur et al., 2005), il est probable que l'installation du piège à 10 cm au-dessus du sol constitue un endroit propice pour capturer la cécidomyie du chou-fleur. En effet, la hauteur de 10 cm correspondait à la hauteur du point de croissance des brocolis et des choux-fleurs au cours de l'essai, une fois que les plants étaient bien développés. Les résultats obtenus diffèrent donc de ceux des travaux de Hillbur et al. (2005) et de M. Estorgues (2006b) qui suggéraient une hauteur de 20 cm. À cet égard, il a été démontré dans l'essai de hauteur de pièges de ce dernier que la hauteur optimale pour capturer la CCF était de 10 centimètres au-dessus du sol. Toutefois, il semble qu'une accumulation de terre due aux éclaboussures lors des pluies et du passage de la machinerie agricole ait limité la lecture des plaquettes collantes, ce qui n'a pas été le cas dans le présent essai. En outre, depuis l'apparition de l'insecte sur le territoire québécois au début des années 2000, les pièges étaient généralement installés à une hauteur variant en fonction de la croissance des plants. Toutefois, cette méthode ne s'est pas révélée efficace pour capturer la cécidomyie du chou-fleur de

manière efficace. Il est probable que le piège suspendu à un fil de fer au bout du piquet de bambou représente un obstacle à l'entrée de l'insecte dans le piège.

Pour l'essai des pièges de couleur, les résultats ne permettent de déterminer quelle couleur est optimale pour capturer le plus de CCF en ayant le moins de bruit de fond possible sur la plaquette collante. Bien que les niveaux de captures semblent différents pour les différents pièges mis à l'essai, aucune différence significative n'a permis de démontrer l'efficacité du type ou de la couleur de pièges à préconiser pour capturer la CCF. L'essai n'a donc pas permis de valider les résultats obtenus à Guelph, en Ontario (Hallett et Sears, 2013).

Pour sa facilité d'usage, le piège de type Delta est plus intéressant à utiliser au champ que le piège Jackson, même si celui-ci ne tend pas à favoriser le plus grand nombre de captures. Étant donné l'ampleur des pertes de rendement lorsque la CCF s'attaque aux cultures de crucifères feuilles, la présence de CCF dans les pièges à phéromone peut être suffisante pour justifier la nécessité d'intervenir. En effet, les travaux réalisés par l'équipe du CIEL (Martinez et al., 2016), ont démontré que les populations de CCF n'ont pas besoin d'être importantes pour causer des dommages sévères aux cultures de crucifères. Des seuils de 1 à 2 captures par jour ne fonctionnent pas toujours bien et leur utilisation semble risquée. Dans cet ordre d'idées, l'objectif des pièges à phéromone est de confirmer la présence de l'insecte au champ, davantage que de capturer le plus grand nombre d'individus. Il n'en demeure pas moins qu'il serait encore plus intéressant de standardiser un type de piège au Québec qui permette de capturer suffisamment de CCF pour faciliter l'identification sur les plaquettes collantes. En effet, il peut arriver que certains insectes se retrouvent en mauvais état sur la plaquette, rendant parfois impossible l'identification de l'espèce.

Par ailleurs, il a été possible d'obtenir le sommaire des résultats obtenus par M. Estorgues en Bretagne (2006a). Tel que mentionné plus haut, ce spécialiste des crucifères en Bretagne suggérait, lors de son passage au Québec, que le piège Delta vert était utilisé dans sa région puisqu'il s'avérait plus spécifique à l'espèce que le Delta brun clair. Toutefois, compte tenu des résultats obtenus dans son essai mené en 2006, aucune différence statistique n'a été démontrée en ce qui a trait au niveau de captures et à la spécificité de capture de la CCF.

Compte tenu des résultats obtenus dans le présent projet, nous recommandons l'installation du piège à une hauteur de 10 cm au-dessus du sol afin d'assurer un niveau intéressant de captures de cécidomyie du chou-fleur. Bien que les résultats n'aient pas permis de déterminer l'efficacité des couleurs et des types de pièges à capturer la CCF, le piège Delta demeure le plus facile d'usage au champ.

Finalement, la cécidomyie du chou-fleur étant apparue au Québec en 2003 (ACIA, 2003), il reste encore beaucoup de travail à faire pour bien connaître le comportement de ce redoutable ravageur. Par exemple, les pièges à phéromone permettent d'attirer les mâles. Toutefois, le ratio mâle/femelle dans une population demeure inconnu à ce jour (Abram et al., 2012). Le développement de la recherche sur cet insecte permettra au cours des prochaines années d'améliorer les stratégies de lutte et d'assurer un meilleur contrôle du ravageur dans les cultures afin de réduire les pertes de rendement.

Références

Abram, P.K., Haye, T., Mason, P.G., Cappucciano, N., Boivin, G., Kuhlmann, U., 2012. Identity, distribution, and seasonal phenology of parasitoids of the swede midge, *Contarinia nasturtii* (Kieffer) (*Diptera: Cecidomyiidae*) in Europe. Biological Control 62, 197-205.

Estorgues, V., 2006a. Influence de la couleur des pièges à phéromone de cécidomyie du chou-fleur sur le niveau, et la spécificité de capture – essai 2006. Chambre d'Agriculture Finistère, Bretagne, France. 2 pages (données non publiées).

Estorgues, V., 2006b. Étude de la hauteur des pièges à phéromone de cécidomyie du chou-fleur sur le niveau de capture – essai 2006. Chambre d'Agriculture Finistère, Bretagne, France. 2 pages (données non publiées).

Hallett, H.R., Sears, M.K., 2013. Pheromone-based action thresholds for control of the swede idge, *Contarinia nasturtii* (*Diptera: Cecidomyiidae*), and residual insecticide efficacy in cole crops. *J. Econ. Entomol*. 106(1): 267-276.

Hillbur, Y., Celander, M., Baur, R., Rauscher, S., Haftmann, J., Franke, S., Francke, W., 2005. Identification of the sex pheromone of the swede midge, *Contarinia nasturtii*. *J. Chem. Ecol*. Vol. 31, No 8 : 1807-1828.

Lafontaine, P. et S. Martinez, 2015. Guide de formation sur la cécidomyie du chou-fleur (*Contarinia nasturtii* Kieffer) – un nouvel insecte ravageur des crucifères au Québec. Carrefour industriel et expérimental de Lanaudière (CIEL), L'Assomption, Québec. 27 pages.

Martinez, S., Lafontaine, P., Tremblay J., 2016. Détermination de seuils d'intervention ainsi que de la fréquence de dépistage optimale afin d'améliorer la lutte à la cécidomyie du chou-fleur (*Contarinia nasturtii* Kieffer) au Québec dans la culture du brocoli. Carrefour industriel et expérimental de Lanaudière (CIEL), L'Assomption, Québec. 29 pages.

Ontario, 2016. La cécidomyie du chou-fleur, ennemi des cultures de crucifères. Ministère de l'agriculture, de l'alimentation et des affaires rurales (OMAFRA), Ontario, Canada. [En ligne] URL : http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/facts/08-008.htm

Sauer C., Fähndrich S., 2010. La cécidomyie du chou (*Contarinia nasturtii*) (Kieffer). Station de recherche Agroscope Changins-Wädenswil ACW, Changins, Wädenswil, Suisse. [En ligne] URL : http://www.agroscope.admin.ch/publikationen/einzelpublikation/index.html?aid=22538&lang=fr&pid=23132