

**ÉVALUATION DE L'EFFICACITÉ DES LÂCHERS DE MOUCHES STÉRILES POUR LE CONTRÔLE DE
LA MOUCHE DU CHOU**

PHYD-1-13-1642

DURÉE DU PROJET : AVRIL 2014 / MARS 2017

RAPPORT FINAL

Réalisé par :
Anne-Marie Fortier, Phytodata Inc.
François Fournier, Collège Montmorency
Stéphanie Sanchez, Phytodata Inc.

Janvier 2017

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.

ÉVALUATION DE L'EFFICACITÉ DES LÂCHERS DE MOUCHES STÉRILES POUR LE CONTRÔLE DE LA MOUCHE DU CHOU

PHYD-1-13-1642

RÉSUMÉ DU PROJET

La mouche du chou, *Delia radicum*, est le ravageur principal des cultures de crucifères dans l'hémisphère nord. La technique des lâchers de mâles stériles pour le contrôle de la mouche du chou pourrait s'avérer une alternative fiable et écologique au contrôle chimique actuel. Depuis 2005, cette technique a été mise au point au Québec pour le contrôle de la mouche de l'oignon, *Delia antiqua*, ce qui a permis d'abandonner l'incorporation préventive de chlorpyrifos au semis sur la plupart des surfaces traitées avec les mouches stériles. L'objectif principal de ce projet était d'évaluer l'efficacité de lâchers de mouches stériles pour le contrôle de la mouche du chou dans deux groupes de cultures, soit un légume-racine, le radis chinois et un légume-fleur, le brocoli. Des lâchers hebdomadaires ont été effectués dans sept sites de radis chinois et six sites de brocoli entre 2014 et 2016 et les captures d'adultes, les ratios mouches stériles/mouches naturelles (S/N), la stérilité des œufs et l'incidence des dommages ont été comparés avec ceux des sections témoins. L'efficacité des lâchers de mouches du chou stériles a été confirmée dans deux sites de radis chinois; dans les autres sites, la pression n'était pas suffisante pour obtenir des résultats concluants. En raison des faibles ratios S/N (migration des mouches stériles hors des zones traitées) en 2015 et des conditions chaudes et sèches ayant entraîné une forte mortalité des populations naturelles en 2016, les sites réalisés dans le brocoli n'ont pas permis de confirmer l'efficacité de cette technique pour le contrôle de la mouche du chou. Toutefois, la récolte des crucifères feuilles (brocoli, chou-fleur, chou, chou chinois) n'est pas compromise par des dommages mineurs aux racines donc le potentiel de succès de cette méthode de lutte est encore plus grand pour ces cultures. Le projet a également permis de comparer l'efficacité de trois types de pièges (collants jaunes, collants bleus et coniques) pour le suivi des populations de *D. radicum* et les pièges collants jaunes se sont avérés les plus efficaces.

OBJECTIFS ET APERÇU DE LA MÉTHODOLOGIE

Dans le but d'avoir le meilleur outil possible pour établir le ratio de mouches stériles vs mouches naturelles (S/N) dans les champs traités, l'efficacité de trois types de pièges a été comparée pour la capture des mâles de *D. radicum*. En 2014, six séries de trois pièges (collants jaunes, collants bleus et coniques) ont été installés en bordure de trois champs de brocoli, pour un total de 18 pièges par champ. Les captures de mouche du chou et de mouches des semis ont été comparées entre les types de pièges. Chaque série de pièges a été considérée comme un bloc et les différents types de pièges étaient disposés de façon aléatoire (dispositif en blocs aléatoires complets).

L'objectif principal de ce projet était d'évaluer l'efficacité de lâchers de mouches stériles pour le contrôle biologique de la mouche du chou dans le radis chinois et le brocoli. Des lâchers hebdomadaires ont été effectués dans sept sites de radis chinois et six sites de brocoli entre 2014 et 2016. L'annexe 1 décrit les caractéristiques relatives à chacun des sites. En 2014 et 2015, les champs comprenaient deux sections d'un hectare chacune (avec et sans lâchers de mouches stériles), séparées par une zone tampon d'au moins un hectare. Pour une raison de logistique par rapport au traitement à la transplantation, les sites dans le brocoli étaient parallèles à la longueur des champs (Annexe 2). En 2016, des champs entiers ont

été traités avec les mouches stériles et comparés avec des champs en régie conventionnelle de la même ferme, semés à quelques jours d'intervalle.

Afin d'évaluer l'efficacité des lâchers de mouches stériles, le dépistage des populations et des dommages de mouche du chou a été fait dans chacune des sections (2014-2015) de champ (mouches stériles et conventionnelle) et dans chacun des champs (2016) par :

- 1) Le relevé deux fois par semaine de trois pièges collants jaunes espacés d'environ 100 mètres en bordure pour évaluer le ratio mouches stériles vs mouches naturelles.
- 2) Le dépistage des œufs deux fois par semaine en inspectant le collet de 10 plants consécutifs dans dix sites fixes, choisis au hasard dans chaque champ ou section de champ. Les sites ont été délimités au début de l'essai afin de toujours évaluer la nouvelle ponte. Les œufs ont été récoltés, identifiés au binoculaire et incubés en boîtes de pétri pour vérifier le taux d'éclosion. Les œufs non éclos ou n'ayant pas changé de couleur après 4-5 jours étaient considérés stériles.
- 3) L'évaluation des dommages une fois par semaine sur 10 plants consécutifs dans cinq (2015) ou dix (2016) sites choisis au hasard dans chaque champ ou section de champ. Dans le radis chinois, les larves ont été prélevées une fois par semaine en 2015 et une fois dans la saison 2016 pour identification. Dans le brocoli, les larves n'ont pu être récoltées de façon systématique.
- 4) Le pourcentage de pertes reliées aux dommages de mouches (2016) par l'évaluation, à la fin du cycle de production, de 10 plants consécutifs dans 20 sites répartis aléatoirement dans chaque champ ou section de champ de radis chinois.

Les résultats ont été analysés à l'aide du logiciel XLStat. La moyenne du nombre de *D. radicum* par piège, le ratio moyen mouches stériles/mouches naturelles (S/N), le nombre total d'œufs observés au champ (toutes espèces confondues), le pourcentage de stérilité des œufs de *D. radicum* ainsi que l'incidence des dommages ont été comparés entre les deux traitements (avec et sans lâchers) à l'aide d'un test de *t* (Student) à un seuil de signification de 5% ($\alpha=0,05$). Pour la comparaison des différents types de pièges, les données ont été soumises à une analyse de variances (ANOVA) et au test de comparaisons multiples de Tukey ($\alpha=0,05$).

RÉSULTATS NOTABLES OBTENUS

Comparaison des pièges (2014)

De façon générale, les pièges collants jaunes ont été plus efficaces que les pièges bleus et les pièges coniques pour capturer les mouches du chou, mâles et femelles confondus ($p=0,001$; Tableau 1). Toutefois, les captures de femelles étaient similaires dans les trois types de pièges ($p=0,379$), alors que plus de mâles ont été capturés dans les pièges collants jaunes, suivis par les pièges bleus ($p<0,0001$). Les pièges bleus en revanche ont capturé plus de mouches des semis (*Delia platura* + *Delia florilega*) que les autres types de pièges ($p<0,0001$), ce qui correspond aux résultats déjà observés dans d'autres cultures.

Tableau 1. Comparaison des captures de mouches *Delia* sur trois types de pièges dans la culture de brocoli en 2014. Dans une même colonne, les moyennes suivies de lettres différentes sont statistiquement différentes ($\alpha=0,05$, test de Tukey).

Piège	<i>Delia radicum</i>	Mâles <i>D. radicum</i>	Femelles <i>D. radicum</i>	Mouches des semis
Jaune collant	47,3 ± 10,5 a	38,7 ± 10,0 a	8,6 ± 1,9 a	44,5 ± 6,3 b
Bleu collant	18,8 ± 1,6 b	8,1 ± 1,0 b	10,7 ± 0,9 a	256,6 ± 34,2 a
Conique	15,1 ± 4,6 b	2,4 ± 1,0 c	12,7 ± 3,7 a	91,7 ± 27,4 b

Radis chinois 2014 :

Dans l'essai effectué dans du radis chinois en fin de saison 2014, les captures d'adultes naturels étaient équivalentes entre les deux sections de champ (Tableau 2). Le ratio moyen S/N était de 2,7 dans la section traitée et 0,0 dans la section témoin, ce qui nous assure que les mouches lâchées ne se sont pas déplacées au-delà de la zone tampon. L'intensité de la ponte des mouches du genre *Delia* a été semblable dans l'ensemble du champ, avec une moyenne de 16,5 œufs par site (10 plants) dans la parcelle traitée avec les mouches stériles et 17,8 œufs dans la parcelle témoin. Sur les 298 œufs récoltés, la majorité (98%) a été pondue par *D. radicum*, seulement 7 œufs ont été pondus par la mouche des semis (Annexe 1). Près de 30% des œufs incubés de *D. radicum* se sont avérés stériles dans la section de champ avec lâchers de mouches stériles, un taux statistiquement supérieur à celui de 4,3% observé dans la section témoin (Tableau 2). Finalement, les dommages à la récolte étaient près du double dans la section conventionnelle par rapport à la section avec lâchers.

Tableau 2. Comparaison des captures de mouches naturelles, du ratio S/N, de l'intensité de la ponte de *Delia* spp, de la stérilité des œufs de *D. radicum* et des dommages à la récolte dans la section traitée et non traitée aux mouches stériles pour le site de radis chinois en 2014. Les moyennes suivies de lettres différentes sont statistiquement différentes.

Paramètre	Mouches stériles ^a	Témoin	Résultat de l'analyse statistique
Nb moyen d'adultes naturels ^b	1,1 ± 0,4	2,4 ± 1,0	t = -1,146; p = 0,269, n.s.
Ratio moyen S/N ^c	2,7 ± 1,1 a	0,0 ± 0,0 b	t = -2,484; p = 0,056 *
Nb moyen d'œufs <i>Delia</i> ^d	16,5 ± 8,3	17,8 ± 4,5	t = -0,137; p = 0,892, n.s.
% stérilité œufs <i>D. radicum</i>	29,1 ± 12,1 a	4,3 ± 1,9 b	t = 2,256, p = 0,038 *
% dommages à la récolte ^e	16,5 ± 3,6 b	31,0 ± 5,9 a	t = -2,076; p = 0,053 *

^a En raison de la valeur de la culture et de l'ampleur du problème sur cette ferme (jusqu'à 90% de dommages en dépit de plusieurs applications d'insecticides chimiques), la section avec lâchers de mouches stériles a aussi été traitée de façon conventionnelle (Annexe 3)

^b Nombre de *Delia radicum* naturelles (moyenne/piège/date)

^c Moyenne des ratios calculés à chaque date de relevé des pièges

^d Pour chacun des sites fixes de 10 plants, le nombre d'œufs correspond au cumulatif de toutes les dates d'évaluation. De ce nombre, certains ont été perdus ou ont été emportés par le vent et n'ont donc pu être identifiés

^e 20 plants consécutifs ont été évalués à la récolte dans 10 sites, pour un total de 200 plants par section

Brocolis 2015 :

De façon générale, les captures de mouches ont été élevées dans les trois sites, avec des captures moyennes variant de 2,7 à 18,3 mouches/piège, ce à quoi on peut s'attendre en début de saison (Tableau 3). Les captures étaient comparables dans les deux sections des sites 2 et 3, mais 3,3 fois plus importantes dans la section traitée aux mouches stériles dans le site 1. Bien que l'intensité de la ponte des mouches du genre *Delia* ait varié d'un site à l'autre, elle a été relativement élevée et comparable entre les deux sections de chacun des sites, même dans le site 1 (Tableau 3). Une proportion variable de ces œufs –respectivement 85%, 51% et 91% pour les sites 1 à 3– appartenait à *D. radicum* (Annexe 4). Les ratios de captures de mouches stériles vs mouches naturelles (S/N) ont été très faibles dans les trois sites (entre 0,15 et 0,3), des valeurs bien inférieures à celle obtenue dans le daïkon en 2014 et du ratio visé de 2,0 (Tableaux 2 et 3). Aucune différence n'a été observée dans le taux de stérilité des œufs récoltés entre les deux traitements et ce, pour les trois sites. Il a varié entre 12,5% et 21,3% (Tableau 3).

La forte pression du ravageur, les faibles ratios S/N observés, et le faible pourcentage de stérilité qui en a découlé ont mené à des différences significatives dans le pourcentage de dommages pour tous les sites, en défaveur des mouches stériles (Tableau 3). Cependant, les pourcentages de dommages représentent la proportion de plants attaqués par les larves de mouches mais ne reflètent pas les pertes réelles à la récolte puisque les pluies fréquentes en début de saison ont favorisé la bonne reprise des plants. Il est à noter que les dommages ont été évalués jusqu'à la mi-juin environ, soit deux à trois semaines avant le début des récoltes, puisqu'en général les plants ont le temps de cicatriser et les dommages deviennent alors très difficiles à détecter.

L'inefficacité des lâchers de mâles stériles pourrait avoir été causée par un patron temporel des lâchers décalé par rapport aux mouches naturelles et par la forme des sites traités. En effet, le patron des lâchers avait été prédéterminé en fonction des historiques de captures et du stade critique de la culture, mais aucune ponte n'a été observée après le début juin (Annexe 4), même si des adultes étaient toujours capturés en bordure des champs. La forme allongée des sites a probablement favorisé la migration des mouches stériles en-dehors des zones traitées (Annexe 2). En effet, à part pour le site 1 (champs M3), où la différence entre les deux sections est presque significative (Tableau 3), le ratio moyen S/N était le même entre les deux traitements (Annexe 5).

Tableau 3. Comparaison du nombre de mouches naturelles, du ratio S/N, de l'intensité de la ponte de *Delia* spp, de la stérilité des œufs de *D. radicum* et du pourcentage de plants attaqués dans la section traitée et non traitée aux mouches stériles pour les trois sites de brocoli en mai et juin 2015. Les moyennes suivies de lettres différentes sont statistiquement différentes.

Paramètre	Mouches stériles ^a	Témoin	Résultat de l'analyse statistique
Site 1 – champ M3			
Nb moyen d'adultes naturels ^b	18,3 ± 3,6 a	5,5 ± 1,3 b	t = -3,361; p = 0,003 *
Ratio moyen S/N ^c	0,15 ± 0,07	0,01 ± 0,01	t = -1,929; p = 0,066 n.s.
Nb moyen d'œufs <i>Delia</i> ^d	43,3 ± 8,3	39,3 ± 9,2	t = -0,324; p = 0,750, n.s.
% stérilité œufs <i>D. radicum</i>	23,3 ± 5,8	21,3 ± 9,3	t = -0,189; p = 0,853, n.s.
% plants avec larves ^e	42,0 ± 5,5 a	20,5 ± 3,8 b	t = -3,213; p = 0,003 *

Site 2 – champ C5			
Nb moyen d'adultes naturels ^b	4,9 ± 1,1	2,7 ± 0,7	t = -1,705; p = 0,099 n.s.
Ratio moyen S/N ^c	0,15 ± 0,12	0,06 ± 0,04	t = -0,685; p = 0,499 n.s.
Nb moyen d'œufs <i>Delia</i> ^d	16,2 ± 7,3	7,0 ± 2,0	t = -1,209; p = 0,242, n.s.
% stérilité œufs <i>D. radicum</i>	12,5 ± 6,1	14,7 ± 12,3	t = -0,158; p = 0,876, n.s.
% plants avec larves ^e	8,5 ± 2,2 a	2,0 ± 0,9 b	t = -2,717; p = 0,010 *
Site 3 – champ S7			
Nb moyen d'adultes naturels ^b	6,0 ± 1,5	11,1 ± 2,3	t = 1,833; p = 0,078 n.s.
Ratio moyen S/N ^c	0,3 ± 0,1	0,3 ± 0,1	t = -0,115; p = 0,909 n.s.
Nb moyen d'œufs <i>Delia</i> ^d	13,7 ± 3,6	18,3 ± 4,9	t = 0,759; p = 0,458, n.s.
% stérilité œufs <i>D. radicum</i>	13,0 ± 5,6	17,5 ± 5,1	t = 0,607; p = 0,553, n.s.
% plants avec larves ^e	7,5 ± 2,2 a	0,5 ± 0,5 b	t = -3,156; p = 0,003 *

^a La section avec lâchers de mouches stériles n'a reçu aucun traitement insecticide

^b Nombre de *Delia radicum* naturelles (moyenne/piège/date)

^c Moyenne des ratios calculés à chaque date de relevé des pièges

^d Pour chacun des sites fixes de 10 plants, le nombre d'œufs correspond au cumulatif de toutes les dates d'évaluation. De ce nombre, certains ont été perdus ou ont été emportés par le vent et n'ont donc pu être identifiés

^e Comparaison du pourcentage moyen de plants attaqués, toutes dates confondues (N=20 sites de 10 plants)

Radis chinois 2015 :

La pression du ravageur a été beaucoup plus faible dans les trois sites de radis chinois, qui ont été faits plus tardivement aux mois de juillet et août. Peu de mouches naturelles ont été capturées sur les pièges collants, en particulier dans la section témoin des sites 2 et 3 (Tableau 4). Les faibles populations naturelles ont permis d'obtenir des ratios moyens S/N beaucoup plus élevés et supérieurs à 2,0 dans la section avec lâchers que dans les sites de brocolis, avec des taux d'introduction comparables (Annexe 2, Tableau 4). Dans l'ensemble, le ratio était supérieur dans la section mouches stériles, même si la différence n'est pas significative pour les sites 2 et 3.

L'intensité de la ponte des mouches du genre *Delia* a été beaucoup plus faible dans les trois sites de radis chinois (Tableau 4). Tout comme pour les sites de brocoli, une proportion variable des œufs récoltés (43%, 16% et 81%) appartenait à *D. platura* et/ou *D. florilega* (Annexe 1). Toutefois la presque totalité des larves prélevées dans les plants avec dommages appartenait à *D. radicum*. Le nombre d'œufs mis sur pétris n'était pas suffisant (56, 21 et 3 respectivement pour les sites 1 à 3) pour nous permettre d'évaluer et comparer la stérilité entre les deux sections de chacun des champs.

Dans les trois sites, aucune différence n'a été observée entre les deux sections pour le pourcentage moyen de dommages observés, qui ont été faibles avec des valeurs variant de 1,0 à 7,3 %. Il semble que la faible pression des populations naturelles n'ait pas permis de mesurer l'efficacité des mouches stériles dans cette culture en fin de saison.

Tableau 4. Comparaison du nombre de mouches naturelles, du ratio S/N, de l'intensité de la ponte de *Delia* spp et des dommages dans la section traitée et non traitée aux mouches stériles pour les trois sites de radis chinois de juin à septembre 2015. Les moyennes suivies de lettres différentes sont statistiquement différentes.

Paramètre	Mouches stériles ^a	Témoin	Résultat de l'analyse statistique
Site 1 – champ 1			
Nb moyen d'adultes naturels ^b	3,9 ± 0,9	3,8 ± 1,1	t = -0,013; p = 0,990, n.s.
Ratio moyen S/N ^c	2,0 ± 0,7 a	0,2 ± 0,1 b	t = -2,838; p = 0,008 *
Nb moyen d'œufs <i>Delia</i> ^d	9,6 ± 4,3	5,3 ± 1,2	t = -0,973; p = 0,343, n.s.
% dommages ^e	7,3 ± 3,6	3,3 ± 1,3	t = -1,054; p = 0,301, n.s.
Site 2 – champ H5			
Nb moyen d'adultes naturels ^b	4,9 ± 2,0 a	0,4 ± 0,2 b	t = -2,200; p = 0,038 *
Ratio moyen S/N ^c	5,0 ± 1,5	1,6 ± 0,8	t = -1,684; p = 0,112, n.s.
Nb moyen d'œufs <i>Delia</i> ^d	3,2 ± 1,3 a	0,4 ± 0,2 b	t = -2,155; p = 0,045 *
% dommages ^e	2,7 ± 2,1	1,3 ± 0,9	t = -0,592; p = 0,559, n.s.
Site 3 – champ 80			
Nb moyen d'adultes naturels ^b	1,6 ± 0,8	0,11 ± 0,05	t = -1,720; p = 0,096, n.s.
Ratio moyen S/N ^c	3,6 ± 1,7	0,5 ± 0,3	t = -1,067; p = 0,305 n.s.
Nb moyen d'œufs <i>Delia</i> ^d	1,9 ± 1,1	0,5 ± 0,3	t = -1,236; p = 0,232, n.s.
% dommages ^e	2,0 ± 0,9	1,0 ± 0,7	t = -0,872 p = 0,389, n.s.

^a En raison de la valeur de la culture et de l'ampleur du problème sur cette ferme (jusqu'à 90% de dommages en dépit de plusieurs applications d'insecticides chimiques), la section avec lâchers de mouches stériles a aussi été traitée de façon conventionnelle (Annexe 3)

^b Nombre de *Delia radicum* naturelles (moyenne/piège/date)

^c Moyenne des ratios calculés à chaque date de relevé des pièges

^d Pour chacun des sites fixes de 10 plants, le nombre d'œufs correspond au cumulatif de toutes les dates d'évaluation. De ce nombre, certains ont été perdus ou ont été emportés par le vent et n'ont donc pu être identifiés

^e Comparaison du pourcentage de dommages moyen, toute date confondue (N=20 sites de 10 plants)

Brocolis 2016 :

En 2016, les lâchers ont débuté plus tôt qu'en 2015, et ont été plus concentrés dans le mois de mai afin d'être mieux synchronisés avec l'activité des populations naturelles (dernier lâcher le 30 mai et aucun œuf de mouche du chou observé entre le 7 juin et le 4 juillet) (Annexe 4). Dans les trois paires de champs comparés, le nombre d'adultes naturels capturés était comparable aux niveaux observés en début de saison 2015. Le nombre de mouches capturées était également comparable entre le champ traité aux mouches et le champ témoin sauf pour le site 3, où plus de mouches naturelles ont été capturées dans le champ avec lâchers (Tableau 5). Le patron temporel des lâchers de mouches stériles plus hâtif a résulté en des ratios moyens S/N plus élevés cette année (entre 1,3 et 2,6 pour les champs avec lâchers). Le changement de dispositif expérimental n'a cependant pas empêché la migration des mouches stériles vers les sites témoins, où les ratios S/N ont été comparables (Tableau 5).

L'intensité de la ponte des mouches du genre *Delia* a été relativement élevée en 2016, et comparable à celle observée en début de saison 2015. De façon générale, elle était semblable entre les champs comparés excepté pour le premier site où elle a été six fois plus

élevée que dans le champ témoin (Tableau 5). Encore cette année, une proportion variable (8 à 60%) des œufs appartenait à *D. platura* et/ou *D. florilega* (Annexes 1 et 4).

Dans les sites 1 et 2, où un nombre suffisant d'œufs de *D. radicum* a été récolté, aucune différence dans leur pourcentage de stérilité n'a été observée entre les traitements. Des ratios S/N similaires entre les traitements pourraient expliquer cela en partie. Cependant, le pourcentage relativement élevé d'œufs stériles (entre 19,4 et 49,0 %) dans chacun des champs pourrait aussi être expliqué en partie par les conditions chaudes et sèches rencontrées au printemps. En sol minéral, il est fréquent lors de printemps secs qu'aucun dommage ne soit observé malgré une forte intensité de ponte, et c'est d'ailleurs ce qui a été observé dans l'ensemble des champs dépistés par le PRISME en 2016. Les sites effectués dans le brocoli n'ont donc pu permettre de confirmer l'efficacité des lâchers de mouches stériles pour le contrôle de la mouche du chou, vu l'absence presque complète de dommages de larves pour la saison 2016 (Tableau 5).

Tableau 5. Comparaison du nombre de mouches naturelles, du ratio S/N, de l'intensité de la ponte de *Delia* spp, de la stérilité des œufs de *D. radicum* et du pourcentage de plants attaqués dans les champs de brocoli traités et non traités aux mouches stériles en mai et juin 2016. Les moyennes suivies de lettres différentes sont statistiquement différentes.

Paramètre	Mouches stériles	Témoin	Résultat de l'analyse statistique
Site 1 – champs Noel4a – S3			
Nb moyen d'adultes naturels ^a	9,1 ± 1,8	13,4 ± 4,0	t = 1,031; p = 0,313, n.s.
Ratio moyen S/N ^b	2,6 ± 1,3	0,02 ± 0,01	t = -1,726; p = 0,097 n.s.
Nb moyen d'œufs <i>Delia</i> ^c	8,4 ± 2,3 b	50,4 ± 14,3 a	t = 2,891; p = 0,010 *
% stérilité œufs <i>D. radicum</i>	49,0 ± 14,3	39,4 ± 4,8	t = -0,707; p = 0,491, n.s.
% plants avec larves (9 juin)	1,0 ± 1,0	2,0 ± 2,0	t = 0,447; p = 0,660, n.s.
Site 2 – champs Noel4b – CD12			
Nb moyen d'adultes naturels ^a	6,1 ± 2,3	3,8 ± 1,2	t = -0,733; p = 0,473, n.s.
Ratio moyen S/N ^b	1,3 ± 0,4	0,7 ± 0,4	t = -0,804; p = 0,434, n.s.
Nb moyen d'œufs <i>Delia</i> ^c	40,2 ± 8,4	44,2 ± 6,0	t = 0,387; p = 0,703, n.s.
% stérilité œufs <i>D. radicum</i>	19,4 ± 4,2	30,5 ± 7,9	t = 1,195; p = 0,249, n.s.
% plants avec larves ^d	0,0	0,0	-
Site 3 – champs F9 – F11			
Nb moyen d'adultes naturels ^a	4,4 ± 1,0	0,8 ± 0,4	t = -3,343; p = 0,006 *
Ratio moyen S/N ^b	1,8 ± 0,8	1,7 ± 1,6	t = -0,066; p = 0,949 n.s.
Nb moyen d'œufs <i>Delia</i> ^c	6,9 ± 1,9	12,8 ± 3,0	t = 1,654; p = 0,115, n.s.
% stérilité œufs <i>D. radicum</i>	-	-	-
% plants avec larves ^d	0,0	0,0	-

^a Nombre de *Delia radicum* naturelles (moyenne/piège/date)

^b Moyenne des ratios calculés à chaque date de relevé des pièges

^c Pour chacun des sites fixes de 10 plants, le nombre d'œufs correspond au cumulatif de toutes les dates d'évaluation. De ce nombre, certains ont été perdus ou ont été emportés par le vent et n'ont donc pu être identifiés

^d Comparaison du pourcentage moyen de plants attaqués, toute date confondue (N=50 sites de 10 plants)

Radis chinois 2016 :

La pression du ravageur a été importante dans le premier site seulement. Peu de mouches naturelles ont été capturées sur les pièges collants, en particulier dans les trois champs témoins (Tableau 6). Le ratio moyen S/N observé dans chacun des champs avec lâchers était très satisfaisant (entre 1,9 et 4,1), et statistiquement supérieur à celui observé dans les champs témoins (Tableau 6).

L'intensité de la ponte des mouches *Delia* a été faible pour la plupart des champs (Tableau 6). Elle a pu être sous-estimée à cause des conditions chaudes et sèches qui ont rendu difficile le dépistage des œufs, qui sont pondus plus en profondeur dans ces conditions. Malheureusement, le nombre d'œufs mis sur pétris n'était pas suffisant pour nous permettre d'évaluer et comparer la stérilité des œufs de *D. radicum* entre les champs avec et sans lâchers (Annexe 1). Le premier site a quand même permis de confirmer l'efficacité des lâchers de mouches stériles pour le contrôle de la mouche du chou, puisque 39,0 % de dommages ont été observés le 27 juin dans le champ témoin, comparativement à 1,0 % dans le champ avec lâchers (Tableau 6). Le champ témoin a d'ailleurs été hersé quelques jours suivant l'évaluation, et les dommages atteignaient alors près de 80 %. Dans le champ C32b (traité aux mouches), le plus haut niveau de dommages a atteint $3,5 \pm 1,8\%$ à la récolte (12 juillet). Dans le site 2, les dommages à la récolte de 3,0 % étaient significativement plus élevés dans le champ traité aux mouches stériles par rapport à 0% dans le champ témoin, qui a été exposé à une pression nulle du ravageur. Finalement, aucune différence entre les deux traitements n'a été observée pour l'incidence des dommages (entre 2,5 et 3,0 %) sur le site 3 effectué en fin de saison 2016.

Tableau 6. Comparaison du nombre de mouches naturelles, du ratio S/N, de l'intensité de la ponte de *Delia* spp et des dommages dans les champs de radis chinois traités et non traités aux mouches stériles de mai à octobre 2016. Les moyennes suivies de lettres différentes sont statistiquement différentes.

Paramètre	Mouches stériles ^a	Témoin	Résultat de l'analyse statistique
Site 1 – champs C32b - 150			
Nb moyen d'adultes naturels ^b	1,9 ± 0,3 a	0,4 ± 0,2 b	t = -2,971; p = 0,006 *
Ratio moyen S/N ^c	2,8 ± 0,6 a	0,04 ± 0,04 b	t = -2,170; p = 0,041 *
Nb moyen d'œufs <i>Delia</i> ^d	1,4 ± 0,4 b	5,6 ± 1,0 a	t = 3,752; p = 0,001 *
% dommages ^e	1,0 ± 1,0 b	39,0 ± 4,3 a	t = 6,175; p < 0,0001 *
Site 2 – champs C32c – B36			
Nb moyen d'adultes naturels ^b	2,4 ± 0,5 a	0,13 ± 0,06 b	t = -2,716; p = 0,011 *
Ratio moyen S/N ^c	9,1 ± 4,4 a	0,0 ± 0,0 b	t = 2,055; p = 0,057 *
Nb moyen d'œufs <i>Delia</i> ^d	1,9 ± 1,1	0,2 ± 0,2	t = -1,548; p = 0,139, n.s.
% dommages ^e	3,0 ± 1,5 b	0,0 ± 0,0 a	t = 2,042; p = 0,055 *
Site 3 – champs B34 - 60			
Nb moyen d'adultes naturels ^b	4,1 ± 0,7 a	1,5 ± 0,5 b	t = -3,012; p = 0,007 *
Ratio moyen S/N ^c	5,3 ± 1,2 a	1,5 ± 0,4 b	t = -2,685; p = 0,016 *
Nb moyen d'œufs <i>Delia</i> ^d	0,7 ± 0,3	1,0 ± 0,7	t = 0,373; p = 0,713, n.s.
% dommages ^e	2,5 ± 1,6	3,0 ± 1,3	t = 0,244; p = 0,809, n.s.

^a En raison de la valeur de la culture et de l'ampleur du problème sur cette ferme (jusqu'à 90% de dommages en dépit de plusieurs applications), les champs avec lâchers ont aussi été traités de façon conventionnelle (Annexe 3)

^b Nombre de *Delia radicum* naturelles (moyenne/piège/date)

^c Moyenne des ratios calculés à chaque date de relevé des pièges

^d Pour chacun des sites fixes de 10 plants, le nombre d'œufs correspond au cumulatif de toutes les dates d'évaluation. De ce nombre, certains ont été perdus ou ont été emportés par le vent et n'ont donc pu être identifiés

^e Comparaison du pourcentage de dommages moyen à la récolte (N=20 sites de 10 plants)

TYPES D'APPLICATION POSSIBLES DANS L'INDUSTRIE

Les résultats obtenus dans deux sites de radis chinois (2014 et site 1 - 2016) ont permis de confirmer l'efficacité des lâchers de mouches stériles pour le contrôle de la mouche du chou. Dans les autres sites de radis chinois, la pression de ponte n'était pas suffisante pour obtenir des résultats concluants. Dans le brocoli, la très forte pression observée en 2015, couplée avec la migration des mouches stériles à l'extérieur de la zone visée, ont résulté en des faibles ratios S/N et des niveaux de dommages supérieurs dans les sections avec lâchers comparativement aux sections en régie conventionnelle. En 2016, des modifications ont été apportées au dispositif et dans le patron temporel des lâchers afin de maximiser le succès de la technique, ce qui a permis l'obtention de ratios S/N plus élevés dans les champs avec lâchers par rapport à la saison 2015. Toutefois les conditions chaudes et sèches du printemps ont probablement affecté la survie des œufs et des jeunes larves, ce qui expliquerait que le pourcentage de plants attaqués par des larves de mouches ait été pratiquement nul dans les six champs suivis, autant les témoins que ceux traités aux mouches stériles.

L'adoption des lâchers de mouches stériles dans les différentes productions de crucifères, qui représentent une superficie de près de 12 000 acres au Québec, pourrait permettre de réduire de façon importante l'utilisation des insecticides chimiques, dont celui du chlorpyrifos, le principal contaminant de l'eau de surface en zone de production maraîchère au Québec. L'utilisation de lâchers de mouches stériles pourrait également favoriser l'adoption d'un programme de lutte intégrée, puisqu'un dépistage régulier des champs traités est requis afin d'assurer un taux d'introduction adéquat et de pouvoir réagir en cas de perte de contrôle. Finalement, il n'est pas rare que le sol détrempé limite ou empêche carrément la circulation de l'arroseuse en début de saison pour l'application d'insecticides dirigés contre la mouche du chou, surtout en terre minérale. Cette méthode permettrait une intervention efficace en début de saison, quelles que soient les conditions météorologiques.

En raison des résultats encourageants obtenus et de la diminution des populations de mouche du chou sur sa ferme dans les deux dernières années, Delfland Inc. a confirmé son intention de poursuivre les lâchers de mouches du chou stériles pour la saison 2017. Plusieurs producteurs de crucifères membres de PRISME voudraient également avoir accès à cette méthode de contrôle, mais les conditions actuelles d'élevage pour cette espèce ne sont pas adéquates pour une production de masse et ne permettent pas de répondre à la demande croissante des producteurs. La productivité de l'élevage serait considérablement accrue en développant une diète artificielle adéquate pour la mouche du chou, présentement élevée sur rutabagas. Les conditions d'induction et de levée de la diapause devront également faire l'objet d'expérimentations supplémentaires (voir rapport MONT-1-13-1684).

PERSONNE-RESSOURCE (POUR INFORMATION)

Anne-Marie Fortier
Compagnie de recherche Phytodata Inc.
291 rue de la Coopérative
Sherrington J0L 2N0
450-454-3992 poste 34
514-809-4263
afortier@phytodata.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 par l’entremise de la Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture 2011-2021.

Nous tenons également à remercier les fermes participantes pour leur précieuse collaboration dans ce projet, soit les Jardins PurDéllys Inc à St-Isidore, Jardins Vinet à St-Rémi et Delfland Inc à Napierville.

ANNEXE(S)

Annexe 1 – Informations pertinentes sur les caractéristiques des différents sites

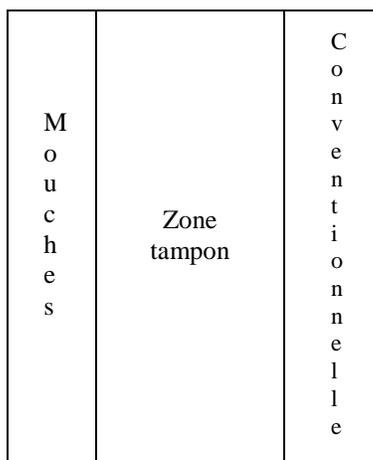
Année	2014	2015	2015	2015	2015	2015	2015
Culture	daïkon	brocoli	brocoli	brocoli	daïkon	daïkon	daïkon
Champ	70	M3	C5	S7	1	H5	80
Superficie (ha)	2,1	4,6	8,5	3,5	5,3	1,9	3,0
Superficie zones comparées	0,4 ha	1 ha (24 buttes x 270 m)	1 ha (15 buttes x 495 m)	1 ha (25 buttes x 245 m)	1 ha	0,6 ha	1 ha
Zone tampon	1,3 ha	2,6 ha (60 buttes)	6,5 ha (100 buttes)	1,5 ha (35 buttes)	3,3 ha	0,6 ha	1 ha
Date semis plantation	20 août	1 ^{er} mai	6 mai	10 mai	23 juin – 4juil	27 juillet	5 août
Nb mouches lâchées	ND	208 000	208 000	291 000	305 000	298 000	300 000
Période lâchers	20 août - 2 oct.	4 mai - 8 juin	4 mai - 8 juin	4 mai - 15 juin	15 juin - 10 août	20 juil - 7 sept	4 août – 29 sept
Nb œufs récoltés	298	568	176	243	98	25	16
Nb œufs <i>D. radicum</i>	291 (98%)	484 (85%)	89 (51%)	221 (91%)	56 (57%)	21 (84%)	3 (19%)
Nb larves <i>D. radicum</i>	50 (100%)	77 (63%)	13 (68%)	2 (40%)	22 (100%)	0	3 (100%)

Année	2016	2016	2016	2016	2016	2016
Culture	brocoli	brocoli	brocoli	brocoli	brocoli	brocoli
Champ	Noel 4a	S3	Noel 4b	CD12	F9	F11
Superficie (ha)	2,2	2,3	2,8	7,7	5,7	7,5
Date semis plantation	7-11 mai	5-7 mai	14-17 mai	14-17 mai	23-26 mai	18-19 mai
Nb mouches lâchées	488 000	0	488 000	0	924 000	0
Période lâchers	25 avril – 30 mai	-	25 avril – 30 mai	-	9 au 30 mai	-
Nb œufs récoltés	49	275	251	214	45	73
Nb œufs <i>D. radicum</i>	36 (73%)	196 (71%)	231 (92%)	86 (40%)	28 (62%)	61 (84%)

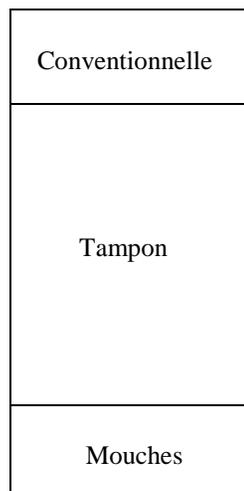
Année	2016	2016	2016	2016	2016	2016
Culture	daïkon	daïkon	daïkon	daïkon	daïkon	daïkon
Champ	C32b	150	C32c	B36	B34	60
Superficie (ha)	2,0	1,2	4,0	2,7	4,3	6,0
Date semis plantation	19 au 21 mai	21 mai	3 juin	7 juin	6 août	8 août
Nb mouches lâchées	790 000	0	1 379 500	0	1 421 000	0
Période lâchers	9 mai – 18 juillet	-	16 mai – 25 juillet	-	1 août – 3 octobre	-
Nb œufs récoltés	12	36	5	2	6	10
Nb œufs <i>D. radicum</i>	1	24	0	0	4	10

Annexe 2 – Schémas montrant le dispositif expérimental des sites de a) brocoli et b) de radis chinois en 2014-2015

a)



b)



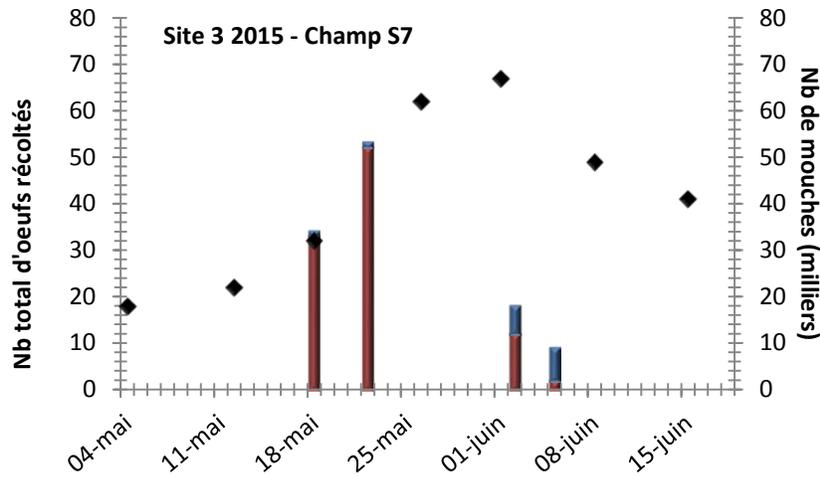
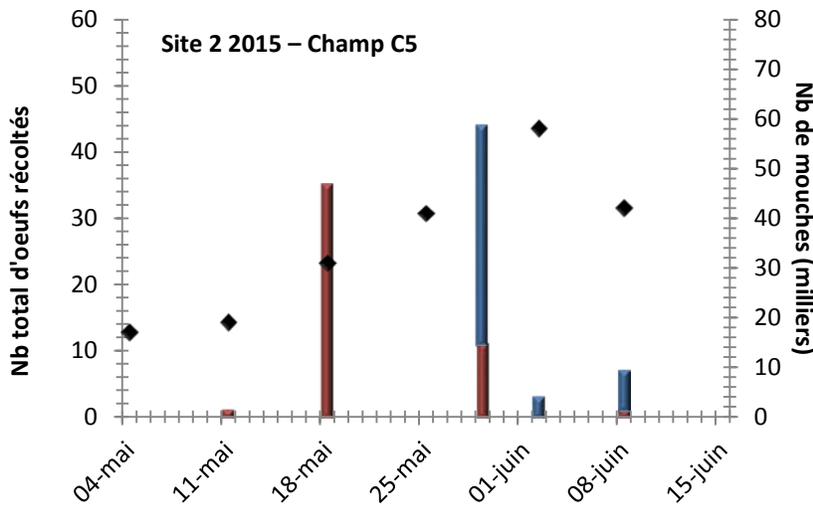
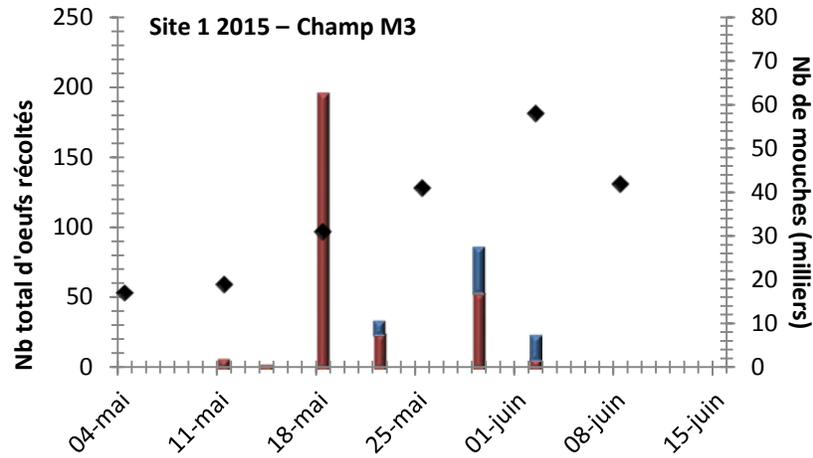
Annexe 3 – Liste des traitements phytosanitaires visant le contrôle de la mouche du chou dans les différents sites

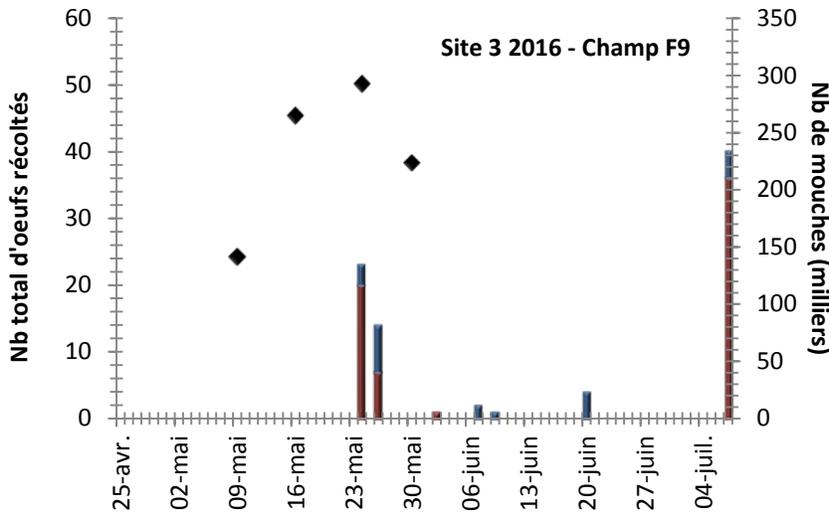
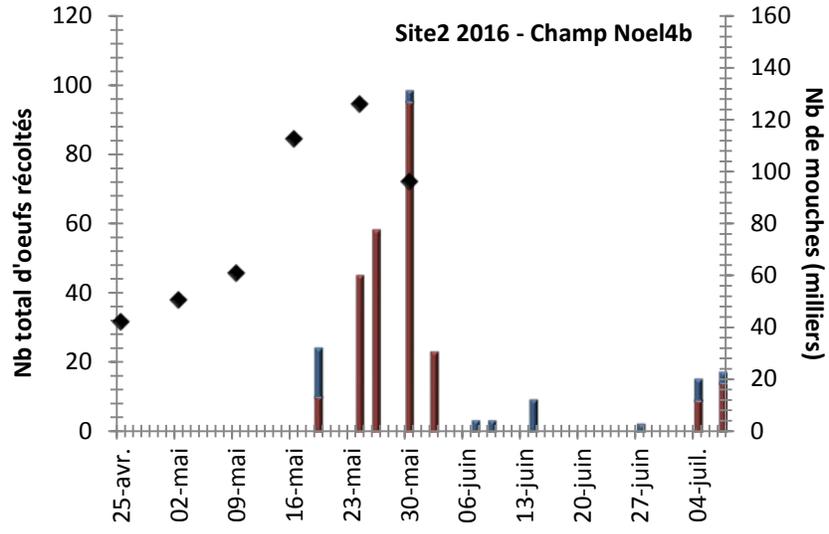
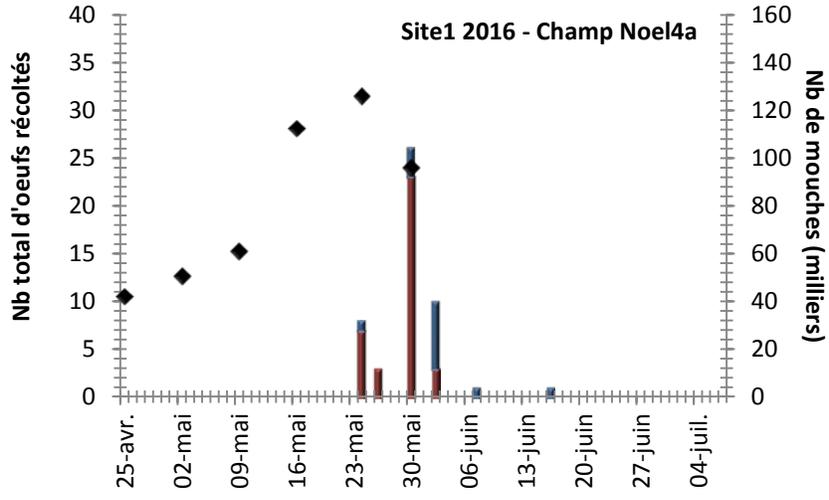
	Produit et matière active	Date application
Brocoli 2015 (section témoin seulement)		
Site 1 – champ M3	Minecto Duo (thiametoxame + cyantraniliprole)	1 ^{er} mai
Site 2 – champ C5	Minecto Duo (thiametoxame + cyantraniliprole)	6 mai
Site 3 – champ S7	Entrust 80 SC (spinosad)	14 juin
Brocoli 2016 (champs témoins seulement)		
Site 1 – champ S3	Entrust 80 SC (spinosad)	26 mai
Site 2 – champ CD12	Entrust 80 SC (spinosad)	26 mai
Site 3 – champ F11	Entrust 80 SC (spinosad)	26 mai
Radis chinois^a 2014		
champ 70	Diazinon 5G (diazinon) Citadel 480 EC (chlorpyrifos) Citadel 480 EC (chlorpyrifos) Matador 120 EC (lambda-cyhalothrine)	12 août 22 août 2 septembre 10 septembre
Radis chinois^a 2015		
Site 1 – champ 1	Diazinon 5G (diazinon) Citadel 480 EC (chlorpyrifos) – semis 1 Pyrinex 480 EC (chlorpyrifos) – semis 1-4 Citadel 480 EC (chlorpyrifos) – semis 1-5 Pyrinex 480 EC (chlorpyrifos) – semis 2 Success 480 SC (spinosad) – semis 1-2 Citadel 480 EC (chlorpyrifos) – semis 4-5 Success 480 SC (spinosad) – semis 1-5 Citadel 480 EC (chlorpyrifos) – semis 4-5	semis 26 juin 3 juillet 10 juillet 15 juillet 17 juillet 17 juillet 24 juillet 25 juillet
Site 2 – champ H5	Admire 240 (imidacloprid) Citadel 480 EC (chlorpyrifos) Success 480 SC (spinosad)	27 juillet 14 août 21 août
Site 3 – champ 80	Admire 240 (imidacloprid) Citadel 480 EC (chlorpyrifos)	5 août 14 août

	Citadel 480 EC (chlorpyrifos) Success 480 SC (spinosad) Citadel 480 EC (chlorpyrifos) Success 480 SC (spinosad) Success 480 SC (spinosad)	19 août 21 août 28 août 4 septembre 11 septembre
Radis chinois 2016		
Site 1 – champ C32b	Citadel 480 EC (chlorpyrifos) Admire 240 (imidacloprid) Success 480 SC (spinosad) Pyrinex 480 EC (chlorpyrifos) Success 480 SC (spinosad) Success 480 SC (spinosad)	24 mai 24 mai 31 mai 3 juin 10 juin 24 juin
Site 1 – champ 150	Matador 120 EC (lambda-cyhalothrine) Success 480 SC (spinosad)	3 juin 10 juin
Site 2 – champ C32c	Success 480 SC (spinosad) Citadel 480 EC (chlorpyrifos) Success 480 SC (spinosad)	10 juin 14 juin 24 juin
Site 2 – champ B36	Citadel 480 EC (chlorpyrifos) Citadel 480 EC (chlorpyrifos) Citadel 480 EC (chlorpyrifos)	14 juin 24 juin 29 juin
Site 3 – champ B34	Admire 240 (imidacloprid) Success 480 SC (spinosad)	1 septembre 5 septembre
Site 3 – champ 60	Citadel 480 EC (chlorpyrifos) Citadel 480 EC (chlorpyrifos) Success 480 SC (spinosad)	24 août 2 septembre 5 septembre

^a Dans les sites de radis chinois, l'ensemble des champs ont été traités, incluant la section avec lâchers de mouches stériles

Annexe 4 – Patron temporel de la ponte de *Delia radicum* (barres rouges) et des mouches des semis (barres bleues) dans la section avec lâchers de mouches stériles dans les sites de brocoli en 2015 et 2016. Les points noirs représentent le patron temporel des lâchers de mouches stériles.





Annexe 5 – Importance relative des captures de *Delia radicum* stériles et naturelles dans la section avec lâchers de mouches stériles pour les trois sites de brocoli et les trois sites de radis chinois en 2015 et 2016

