

## **Rapport final**

No projet : **IA214174**

Titre : **Évaluation de l'efficacité de deux méthodes d'application du bio-insecticide Met52 comme outil de lutte biologique contre la mouche du chou (*Delia radicum*) dans la culture du brocoli.**

Responsable scientifique : Pierre Lafontaine, agr. Ph. D

Établissement : Carrefour industriel et expérimental de Lanaudière

Date de remise : 12 mai 2016

### Section 3 – Fiche de transfert (max 2 pages)

Évaluation de l'efficacité de deux méthodes d'application du bio-insecticide Met52 comme outil de lutte biologique contre la mouche du chou (*Delia radicum*) dans la culture du brocoli.

Vincent Myrand, agr. M. Sc., Sébastien Martinez, agr. M. Sc., Jacinthe Tremblay, biol. M. Sc. et Pierre Lafontaine, agr. Ph. D.

No de projet : (réservé à l'administration)

Durée : 05/2014 – 03/2016

#### FAITS SAILLANTS

La mouche du chou, *Delia radicum*, est un diptère ravageur important des cultures de crucifères. Ce sont les larves qui causent les dommages en s'alimentant sur les racines des plantes hôtes. Des études en laboratoire ont établi que le champignon *Metarhizium anisopliae* (maintenant dénommé *M. brunneum*), notamment l'isolat F52, est pathogène envers les larves de la mouche du chou. Deux bio-insecticides disponibles commercialement au Canada sont élaborés avec cet isolat. Le projet devait permettre de développer une stratégie de lutte innovatrice en incorporant le bio-insecticide granulaire Met52 dans le terreau de croissance des plants de brocolis afin de lutter contre les larves de la mouche du chou une fois les plants au champ. Nous souhaitions également tester l'efficacité du Met52 EC lorsqu'il est appliqué en bassinage des transplants juste avant la plantation au champ. Les expérimentations en serre expérimentale et en champ ont démontré que la formulation granulaire du Met52 appliquée dans le terreau de croissance au moment du semis n'est pas en mesure d'offrir une protection adéquate aux plants contre les larves de la mouche du chou. Par contre, en conditions contrôlées, la dose de 5 L de Met52 EC par 1000 L d'eau, appliquée en bassinage sur les transplants, semble en mesure d'offrir une certaine protection contre les dommages causés par les larves de la mouche du chou. Cette protection ne s'est toutefois pas manifestée en conditions de production réelles au champ. Il pourrait donc être intéressant de tester à nouveau le Met52 EC en utilisant une dose plus élevée, comme celle maintenant homologuée dans les légumes-fruits cultivés en serres. Enfin, malgré la récente homologation obtenue en ce sens, le traitement en bassinage avec le produit Entrust SC s'est avéré inefficace à contrôler les dommages causés par les larves de la mouche du chou lors des expérimentations au champ.

#### OBJECTIF(S) ET MÉTHODOLOGIE

L'objectif général du projet consistait à déterminer la stratégie d'application optimale du bio-insecticide Met52 pour contrôler les larves et les dommages de la mouche du chou dans la production du brocoli. Nous avons dans un premier temps réalisé des expériences en conditions contrôlées afin de tester trois doses différentes de chacune des formulations de Met52, comparées à deux traitements témoins (avec et sans œufs de la mouche du chou). Pour les traitements avec le Met52 granulaire, le produit a été incorporé directement dans le substrat de culture au moment du semis. Pour les traitements avec le Met52 EC, les différentes concentrations testées ont été appliquées à la base des plants avant la transplantation. Les données d'efficacité ont été recueillies après 28 jours de croissance. Durant l'été 2015, deux sites d'essai ont été mis en place à notre ferme expérimentale. Cinq traitements étaient mis à l'essai avec quatre répétitions: témoin non traitée, filet anti-insecte, Entrust SC appliqué en bassinage des transplants, Met52 granulaire appliqué au moment du semis en serre, Met52 EC appliqué en bassinage des transplants. L'efficacité des traitements a été évaluée 28 jours après la plantation et à la récolte.

#### RÉSULTATS SIGNIFICATIFS POUR L'INDUSTRIE

Lors des expérimentations en serres, la majeure partie de la perte de vigueur des plants a été attribuée à l'action des larves de la mouche du chou sur les racines. Les applications de Met52 EC ont été en mesure de conférer une certaine protection aux plants. Le poids frais (9,25 g) et la vigueur (indice de 3,65) des plants traités avec la plus forte dose de Met52 EC (5 L/1000 L d'eau) étaient plus élevés que pour les plants ne recevant pas de traitement tout en étant exposés aux larves de la mouche du chou (poids de 6,57 g, vigueur de 2,78). Cependant, cette protection n'a pas permis aux plants de conserver toute leur

vigueur (maximum = 5). Aussi, la dose de 5 L de Met52 EC par 1000 L d'eau ne paraît pas avoir été en mesure de produire des plants plus vigoureux que la dose de 0,5 L de Met52 EC par 1000 L d'eau (indice de vigueur de 3,73), pourtant dix fois plus faible. Lors de l'évaluation, des larves mortes et présentant des symptômes d'infection par *M. brunneum* ont été retrouvées, ce qui témoigne d'un certain potentiel de la stratégie. Enfin, les applications de Met52 granulaire au moment du semis n'ont pas été en mesure d'offrir une protection adéquate aux plants contre les larves de la mouche du chou. En effet, la vigueur des plants et leur poids frais après 28 jours de croissance obtenus avec les trois doses testées n'étaient pas différents de ce qui était observé pour les plants non traités, mais inoculés avec des œufs de mouche du chou.

En conditions de production réelles en plein champ, le Met52 EC, de même que la formulation granulaire, se sont montrés inefficaces à contrôler les dommages causés par les larves de la mouche du chou. Après 28 jours de croissance, la sévérité des dommages de mouche du chou était similaire à celle observée chez les brocolis non traités. Aussi, les formulations de Met52 n'ont pas été en mesure d'influencer suffisamment la croissance des plants pour que des différences se manifestent à la récolte, tel que mesuré par les différents paramètres évalués (poids (kg) de la biomasse foliaire, poids (kg) de la récolte commercialisable, poids moyen (g) des brocolis, brocoli commercialisable (%), temps moyen requis avant maturation (jours)). Concernant la formulation granulaire du Met52, on peut suspecter que le temps écoulé entre le moment de l'application du produit dans le terreau et l'inoculation avec les œufs de mouche du chou s'est avéré trop long. Par contre, ce délai et l'irrigation s'avèrent des conditions inhérentes à la production des transplants de brocoli en serre. En ce sens, l'utilisation du Met52 granulaire n'est peut-être pas adaptée à la réalité de la production.

Aussi, il faut mentionner le fait que l'application en bassinage d'Entrust SC s'est avérée inefficace malgré la récente homologation obtenue en ce sens. On peut émettre l'hypothèse que les conditions printanières fraîches de 2015 ainsi que le début d'été pluvieux ont probablement permis une meilleure récupération des plants dont le système racinaire était endommagé par les larves de la mouche du chou, ce qui peut avoir eu une influence non négligeable sur l'évaluation de la performance des produits. Aussi, les précipitations survenues dans les semaines suivant la transplantation ont peut-être causé un lessivage des produits hors de la zone racinaire, ce qui pourrait avoir diminué leur efficacité.

### **APPLICATIONS POSSIBLES POUR L'INDUSTRIE ET/OU SUIVI À DONNER**

Les résultats découlant du projet ne sont pas assez convaincants pour supporter de futures demandes d'extensions d'homologation pour les formulations de Met52. Les produits ne semblent pas avoir une efficacité suffisante pour justifier leur insertion dans un programme de lutte contre les larves de la mouche du chou. Par contre, une nouvelle recommandation figure sur l'étiquette du Met52 EC afin de réduire le nombre de thrips dans les cultures de légumes-fruits (tomates, poivrons, aubergines, concombre, laitue) cultivés en serres. Cette homologation permet l'utilisation du Met52 EC en bassinage du terreau de la culture avec une concentration de 108 ml de Met52 EC pour 10 L d'eau. Cette dose équivaut à plus du double de la dose de 5 L de Met52 EC par 1000 L d'eau que nous avons utilisé dans le cadre du présent projet. Considérant les résultats encourageants que nous avons obtenus avec ce produit dans le cadre de nos essais en serres expérimentales, il serait pertinent de tester à nouveau le Met 52EC en utilisant cette nouvelle concentration.

### **POINT DE CONTACT POUR INFORMATION**

Nom du responsable du projet : Pierre Lafontaine, agr. Ph.D.

Téléphone : 450-589-7313 poste 223

Télécopieur : 450-589-2245

Courriel : [p.lafontaine@ciel-cvp.ca](mailto:p.lafontaine@ciel-cvp.ca)

### **REMERCIEMENTS AUX PARTENAIRES FINANCIERS**

Ces travaux ont été réalisés grâce à une aide financière du Programme de soutien à l'innovation en agroalimentaire, un programme issu de l'accord du cadre Cultivons l'avenir conclu entre le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation et Agriculture et Agroalimentaire Canada.

## **Section 8 - Rapport scientifique et/ou technique** (format libre réalisé selon les normes propres au domaine d'étude)

### **Résumé du projet**

La mouche du chou, *Delia radicum*, est un diptère ravageur important des cultures de crucifères. Ce sont les larves qui causent les dommages en s'alimentant sur les racines des plantes hôtes. C'est la première génération de l'insecte, active de la mi-mai à la mi-juin, qui cause habituellement les dégâts les plus importants aux crucifères cultivés pour leurs feuilles ou leurs fleurs comme le brocoli. Les dommages causés par la mouche du chou vont de la perte de vigueur à la mortalité de la plante. Ils compliquent par conséquent la production de plusieurs légumes crucifères, particulièrement ceux cultivés sous régie biologique. En effet, ces producteurs ont recours seulement à des méthodes préventives ou à des couvertures flottantes pour faire face à cet insecte. En régie conventionnelle, au moment d'écrire la demande de projet, seuls les insecticides à base de chlorpyrifos étaient homologués et utilisés pour lutter contre la mouche du chou. Cette matière active est fréquemment retrouvée dans les cours d'eau en milieu agricole et il fait partie d'une famille chimique remise en question en agriculture. Des efforts de recherche doivent donc être déployés afin de mieux outiller les producteurs maraîchers contre cet insecte ravageur. Des études en laboratoire ont établi que le champignon *Metarhizium anisopliae* (maintenant dénommé *M. brunneum*), notamment l'isolat F52, est pathogène envers les larves de la mouche du chou (Bruck *et al.* 2005, Myrand *et al.* 2015). De façon générale, les spores du champignon se lient à la surface des insectes, germent et pénètrent à l'intérieur de l'exosquelette pour y croître, ce qui occasionne la mort. Le projet devait permettre de développer une stratégie de lutte innovatrice en incorporant le bio-insecticide granulaire Met52 dans le terreau de croissance des plants de brocolis afin de lutter contre les larves de la mouche du chou une fois les plants au champ. Nous souhaitons également tester l'efficacité du Met52 EC lorsqu'il est appliqué en bassinage des transplants juste avant la plantation au champ. Ces deux formulations sont élaborées à base du *M. brunneum* (isolat F52) et disponibles commercialement au Canada.

### **Objectifs**

L'objectif général du projet consistait à déterminer la stratégie d'application optimale du bio-insecticide Met52 pour contrôler les larves et les dommages de la mouche du chou dans la production du brocoli. Les objectifs spécifiques étaient de documenter l'effet des deux méthodes d'application sur l'incidence et la gravité des dommages causés par la mouche du chou, le nombre de pupes et de larves présentes dans la rhizosphère des plants, la qualité de la récolte et le rendement.

### **Méthodologie**

#### ***Expérimentations en serre expérimentale***

Dans un premier temps, nous avons entrepris une production de mouche du chou à partir d'un élevage en conditions de laboratoire afin de nous procurer les œufs nécessaires à la réalisation des essais en serre et en laboratoire. Les insectes sont hébergés dans des cages spécialement conçues à cet effet et soumis à une température de 22 °C, une humidité relative de 50 à 60 % et une luminosité de 16 heures par jour. Les cages contiennent une source d'eau et de nourriture (sucre et lait en poudre, levure nutritionnelle, farine de soya) ainsi qu'un dispositif de ponte permettant de recueillir les œufs pondus par les femelles. Les larves s'alimentent sur des rutabagas entiers. Lorsque les larves amorcent leur métamorphose, les pupes sont récupérées et réinsérées dans les cages d'élevage lors du début de l'émergence des adultes.

Ensuite, nous avons procédé à une série de tests préliminaires à l'automne 2014 en prévision de la réalisation des essais. Ces tests ont permis d'établir certains paramètres, tels que le nombre d'œufs nécessaire à l'inoculation des plantes, le temps d'incubation et la méthode et le temps requis pour les évaluations, ce qui a servi à élaborer le protocole final. Des problèmes d'approvisionnement auprès de la compagnie titulaire des homologations des formulations de Met52 ont fait en sorte que les essais ont débuté seulement le 23 février 2015. Compte tenu que les formulations de Met-52 n'ont pas été disponibles au même moment, nous avons décidé de tester séparément le Met52 EC et la formulation granulaire. Cependant, cette façon de procéder nous a empêchés de comparer directement les deux formulations entre elles.

Les semis de brocolis (cultivar Diplomat) ont été effectués dans des plateaux de 200 cellules. Au stade 3 feuilles, soit sept semaines après le semis, les plants ont été transplantés dans des pots de 4 pouces de diamètre contenant un grillage à la base pour empêcher la sortie des larves de la mouche du chou, tout en permettant l'écoulement de l'eau.

Pour les essais portant sur le Met52 EC, nous avons donc créé cinq groupes de 10 plants de brocoli recevant les traitements suivants :

- T1 : transplants témoin ne recevant aucun traitement - sans œufs de mouche du chou
- T2 : transplants témoin ne recevant aucun traitement - avec œufs de mouche du chou
- T3 : transplants traités avec le Met52 EC au taux de 0,5 L par 1000 L d'eau
- T4 : transplants traités avec le Met52 EC au taux de 2,5 L par 1000 L d'eau
- T5 : transplants traités avec le Met52 EC au taux de 5,0 L par 1000 L d'eau

Pour les essais portant sur le Met52 granulaire, nous avons donc créé cinq groupes de 10 plants de brocoli recevant les traitements suivants :

- T1 : transplants témoin ne recevant aucun traitement - sans œufs de mouche du chou
- T2 : transplants témoin ne recevant aucun traitement - avec œufs de mouche du chou
- T3 : transplants traités avec le Met52 granulaire au taux de 500 g par m<sup>3</sup> de terreau
- T4 : transplants traités avec le Met52 granulaire au taux de 1 000 g par m<sup>3</sup> de terreau
- T5 : transplants traités avec le Met52 granulaire au taux de 1 500 g par m<sup>3</sup> de terreau

Pour les traitements avec le Met52 granulaire, le produit a été incorporé directement dans le substrat de culture au moment du semis en respectant les recommandations du fabricant. Chacune des cellules de production contenait approximativement de  $2,9 \times 10^6$  (T3) à  $2,9 \times 10^7$  UFC (T5). Pour les traitements avec le Met52 EC, les applications se sont effectuées à l'aide d'une pipette graduée et chaque plant a reçu 5 ml des différentes concentrations 24 heures avant la transplantation dans les pots de 4 pouces. Chacun des plants traités avec le Met52 EC a donc reçu entre  $5,0 \times 10^6$  (T3) et  $5,0 \times 10^7$  UFC (T5) de *Metarhizium brunneum* souche F52.

Trois jours après la transplantation, 5 œufs de la mouche du chou (pondus dans les dernières 24 heures), en provenance de notre élevage, ont été déposés à la base de chacun des plants, à l'exception des plants des groupes T1, et enterrés avec un peu de substrat humide. Chaque expérience comportait donc 5 traitements et a été répétée 4 fois dans le temps pour un total de 8 essais (4 essais par formulation). Les plants ont été disposés en bloc complet aléatoire dans une serre expérimentale munie d'un éclairage artificiel et maintenu entre 18 et 20 °C le jour et 14 et 16 °C la nuit. Après une période de croissance de 28 jours suivant l'application des œufs, nous avons procédé à la cueillette des données. Les paramètres qui ont été mesurés sont la vigueur des plants (échelle qualitative), le poids frais des plants (partie aérienne) et le nombre de larves et de pupes de la mouche du chou retrouvées dans la rhizosphère. L'échelle qualitative utilisée pour documenter la vigueur des plants était la suivante :

- 0) Plant mort
- 1) Plant presque mort avec un développement foliaire très faible
- 2) Plant avec un flétrissement et un retard de croissance marqué
- 3) Plant avec légers signes de flétrissement et retard de croissance moyen
- 4) Plant avec léger retard de croissance
- 5) Plant avec croissance normale

Les spécimens de mouche du chou (larves et pupes) retrouvés ont été entreposés dans de la vermiculite humide pour leur permettre de compléter leur cycle vital. Le pourcentage d'émergence des adultes à partir de ces spécimens a été documenté suite à une période d'incubation de 14 jours.

Les données obtenues ont été compilées et soumises à une analyse de variance suivie d'un test de séparation des moyennes de Waller-Duncan au seuil de 5 %.

### **Expérimentations au champ**

Durant l'été 2015, deux sites d'essai ont été mis en place à notre ferme expérimentale située à Lavaltrie sur un lot de terre (sable Saint-Thomas). Les essais se sont réalisés avec du brocoli (cv. Diplomat) cultivé en régie conventionnelle. Dans le but de faire coïncider la mise en terre des plants avec la pointe d'activité de la première génération de la mouche du chou, un premier site d'essai, dit hâtif, a été mis en place le 22 mai. Une seconde plantation plus tardive a été installée le 16 juin dans le but de tester les traitements dans le cadre d'une pression plus faible de la part de la mouche du chou.

Les essais ont été établis avec un dispositif en bloc complet aléatoire, chacun des traitements ayant été répété quatre fois. Au total, chaque essai contenait 20 parcelles constituées de quatre rangs de 5 m de longueur espacés de 1 m pour une superficie de 20 m<sup>2</sup>. L'espacement entre les plants était de 25 cm, ce qui conférait une densité de 40 000 plants/ha et 80 plants dans chacune des parcelles. Pour chacune des plantations, il y avait cinq traitements mis à l'essai :

- T1 : Témoin non traité
- T2 : Filet anti-insecte de type ProteckNet (60 gr/m<sup>2</sup>)
- T3 : Entrust SC appliqué en bassinage des transplants (dose de 25 ml pour 1000 plants)
- T4 : Met52 granulaire appliqué au moment du semis en serre (dose de 1 500 g par m<sup>3</sup> de terreau)
- T5 : Met52 EC appliqué en bassinage des transplants (dose de 5L/1000 L d'eau)

Puisque les essais en serre expérimentale n'étaient pas encore complétés au moment de faire les semis de brocoli, nous avons préconisé l'utilisation de la dose la plus élevée pour la formulation granulaire du Met52. Les traitements en bassinage ont été appliqués 24 heures avant la transplantation au champ, suivi d'un léger rinçage à l'eau claire permettant de faire pénétrer les produits dans le terreau des plantules tout en évitant le lessivage. Les filets anti-insecte ont été installés dans les parcelles concernées le jour même de la plantation.

À compter de la plantation, les parcelles ont fait l'objet d'un dépistage hebdomadaire à raison de deux plants par parcelle (40 plants au total) dans le but de documenter la pression exercée par la mouche du chou sur le site d'essai. Également, l'incidence et la sévérité des symptômes de phytotoxicité ont été documentées lors de ces dépistages. Des applications d'engrais ont été effectuées à deux reprises (à la plantation et au stade 5 à 8 feuilles) afin d'assurer une croissance optimale de la culture. Des interventions envers les chenilles défoliatrices ont été réalisées à deux reprises à l'aide d'une formulation commerciale de *Bacillus thuringiensis* afin de ne pas interférer avec la population d'adultes de la mouche du chou.

Une première évaluation a été effectuée sur 10 plants par parcelle 28 jours après la plantation. Nous avons documenté le poids de la biomasse foliaire produite pour l'ensemble des 10 plants, l'incidence et la sévérité des dommages de la mouche du chou sur les racines des plants (à l'aide d'une échelle d'appréciation des dommages) et le nombre de larves et de pupes retrouvées dans des échantillons de sols prélevés dans la zone racinaire. L'échelle d'appréciation des dommages qui a été utilisée est la suivante (Doddall *et al.* 1994):

- 0) Aucun dommage de larves de la mouche du chou.
- 1) Moins de 10 % de la superficie racinaire présentant des dommages.
- 2) De 11 à 25 % de la superficie racinaire présentant des dommages.
- 3) De 26 à 50 % de la superficie racinaire présentant des dommages.
- 4) De 51 à 75 % de la superficie racinaire présentant des dommages.
- 5) De 76 à 100 % de la superficie racinaire présentant des dommages.

À la récolte, nous avons prélevé les inflorescences sur 10 plants consécutifs par parcelle. Les brocolis ont été récoltés alors qu'ils étaient encore fermes et que leurs fleurons étaient compacts. Le diamètre visé des inflorescences était de 10 à 15 cm. Les paramètres qui ont été documentés sont : le poids (kg) de la biomasse foliaire totale par parcelle, le poids (kg) de la récolte commercialisable totale par parcelle, le poids moyen (g) des brocolis commercialisables et le pourcentage de brocoli commercialisable. Nous avons également évalué le nombre de jours moyen requis pour les différents traitements à produire des

inflorescences de calibre commercialisable.

Les données obtenues ont été compilées et soumises à une analyse de variance suivie d'un test de séparation des moyennes de Waller-Duncan au seuil de 5 %.

## Résultats et discussion

### *Expérimentations en serre expérimentale avec le Met52 EC*

#### Vigueur des plants

Les plants possédant le plus de vigueur étaient les témoins n'ayant pas été inoculés avec les œufs de la mouche du chou (T1). Ces plants ont obtenu un indice de vigueur de l'ordre de 4,95, ce qui s'est avéré statistiquement supérieur à tous les autres traitements ( $P = 0,0013$ ). Ce sont les plants recevant des œufs de la mouche du chou seulement (T2), qui ont obtenu l'indice de vigueur le plus faible (2,78). La présence de larves de la mouche du chou au niveau des racines semble donc avoir fortement affecté la croissance des plants. Pour les plants de brocolis recevant les différentes doses de Met52 EC, la vigueur moyenne a été de 3,73 pour le T3, de 3,35 pour le T4 et de 3,65 pour le T5. Seuls le T3 et le T5 ont obtenu un indice de vigueur statistiquement plus élevé que celui enregistré dans le T2. La vigueur des plants recevant ces traitements est toutefois significativement plus faible que celle du témoin sans œufs (T1).

Les plants possédant un indice de vigueur de 5 possédaient une croissance optimale. 95,00 % des plants non traités (T1) présentaient un indice de vigueur de 5. Ce pourcentage était significativement inférieur pour les plants exposés aux larves de mouche du chou, mais sans application de Met52 EC (T2), s'établissant à 7,50 % ( $P < 0,0001$ ). La majeure partie de la perte de vigueur peut donc être attribuée à l'action des larves de la mouche du chou sur les racines. Davantage de plants traités avec le T3 (32,50 %) et le T5 (45,00 %) se sont vus attribuer un indice de vigueur de 5, ce qui demeure tout de même inférieur au pourcentage observé chez les plants non traités. Également, les plants traités avec la dose de 2,5 L de Met52 EC par 1000 L d'eau (T4) ont produit un pourcentage de plants avec un indice de vigueur de 5 (25,00 %) similaire au T2, au T3 et au T5.

Les applications de Met52 EC à ces doses semblent donc avoir été en mesure de conférer une certaine protection aux plants contre les larves de la mouche du chou. Cependant, cette protection a été insuffisante pour que les plants conservent toute leur vigueur. Étrangement, la vigueur des plants traités avec le T4 s'est avérée similaire à celle du T2. Ainsi, il ne semble pas y avoir une réponse à la dose. En effet, la dose de 5 L de Met52 EC par 1000 L d'eau ne paraît pas avoir été en mesure de produire des plants plus vigoureux que la dose de 0,5 L de Met52 EC par 1000 L d'eau, pourtant dix fois plus faible (tableau 1 – disponible en Annexe).

#### Poids frais des plants

Les plants témoins n'ayant reçus aucun œuf de la mouche du chou (T1) avaient un poids moyen de 13,95 g, ce qui s'est avéré supérieur à tous les autres traitements étudiés ( $P = 0,0003$ ). Ce sont les plants soumis au T2 qui possédaient le poids moyen le plus faible, soit 6,57 g. Les larves de la mouche du chou semblent donc avoir suffisamment influencé la croissance des plants pour diminuer le poids de la biomasse foliaire produite. Le poids des plants traités avec les doses de 0,5 L (8,76 g) et 2,5 L (8,56 g) de Met52 EC par 1000 L d'eau s'est avéré statistiquement similaire au poids des plants du T2. Seuls les plants ayant reçu une dose de 5 L de Met52 EC par 1000 L d'eau ont obtenu un poids moyen (9,25 g) significativement différent du T2. Par contre, ce poids s'est avéré similaire à celui documenté pour les autres doses de Met52 EC (T3 et T4) (tableau 1). Cette donnée, combinée à la mesure de la vigueur des plants, indique que seule l'application de la plus forte dose de Met52 EC (T5) semble en mesure d'offrir une certaine protection aux plants contre les dommages causés par les larves de la mouche du chou.

#### Nombre de larves et de pupes retrouvées dans la rhizosphère

Aucune larve ni pupa n'a été retrouvée dans les plants ne recevant pas d'œufs de la mouche du chou (T1), ce qui confirme qu'il n'y a pas eu de contamination par le biais du mouvement des larves d'un plant à l'autre. Le nombre de spécimens (larves et pupes confondues) retrouvés sur les 10 plants a varié entre

22,75 (T2) et 18,25 (T5). Aucune différence significative ne s'est manifestée entre les différentes doses de Met52 EC et le T2 (tableau 1). Les applications de Met52 EC ne semblent donc pas avoir été en mesure de réduire le nombre de spécimens de *Delia radicum* retrouvés dans la rhizosphère. Certaines des larves et des pupes retrouvées présentaient des signes témoignant d'une infection par *M. brunneum*. On peut aussi supposer que les larves vivantes étaient incommodées par le champignon, ce qui aurait réduit leur capacité à faire des dommages aux racines.

Une moyenne de 45,50 % des spécimens ont été retrouvés dans le terreau des plants ne recevant pas de Met52 EC en bassinage (T2). Le pourcentage de récupération s'est avéré similaire pour tous les traitements ( $P = 0,6594$ ) (tableau 1). Le fait de ne pas retrouver l'ensemble des larves et des pupes (possibilité maximale de 5) peut paraître surprenant, mais il faut considérer certains paramètres. Premièrement, le pourcentage d'éclosion des œufs peut être inférieur à 100 %, ce qui diminue le nombre de larves potentielles dans la rhizosphère. Également, il peut y avoir un certain pourcentage de mortalité chez les jeunes larves, et leur état de décomposition peut les rendre introuvables dans le terreau. Nos pourcentages de récupération sont d'ailleurs comparables à ceux enregistrés dans une étude similaire antérieure à la nôtre (Razinger *et al.* 2014a).

#### Pourcentage d'émergence des adultes

Une moyenne de 33,93 % des spécimens retrouvés dans les plants soumis au T2 a été en mesure de compléter leur cycle vital. Ce pourcentage a été à son minimum dans les plants recevant la concentration la plus élevée de Met52 EC (T5), avec seulement 18,71 % des spécimens qui s'étaient transformés en mouche adulte. Par contre, le pourcentage d'émergence des spécimens de *D. radicum* n'a pas démontré de différences significatives entre les traitements ( $P = 0,1957$ ) (tableau 1), probablement à cause de la variabilité observée entre les répétitions des essais. Les suspensions de Met52 EC n'ont donc pas été en mesure d'altérer de façon significative la transformation des larves et des pupes en mouches adultes.

### **Expérimentations en serre expérimentale avec le Met52 granulaire**

#### Vigueur des plants

La vigueur des plants était maximale chez les plants non traités (4,93) et statistiquement supérieure à la vigueur documentée pour tous les autres traitements ( $P = 0,0095$ ). La vigueur moyenne des plants soumis au T2 a été de 3,33, ce qui démontre que la présence de larves de la mouche du chou au niveau des racines a affecté la croissance des plants. Par contre, la vigueur des plants ayant effectué leur croissance dans un terreau inoculé avec les différentes doses de Met52 granulaire a été similaire à celle des plants du T2. De plus, 92,50 % des plants non traités ont obtenu l'indice de vigueur maximal, ce qui s'est avéré statistiquement supérieur aux autres traitements ( $P = 0,0050$ ). La majeure partie de la perte de vigueur est donc attribuable aux dommages causés par la mouche du chou. De 22,50 % (T4) à 35,00 % (T3), des plants traités avec le Met52 granulaire possédaient un indice de vigueur de 5 au moment de l'évaluation, alors que ce pourcentage était comparable pour les plants du T2 (25,00 %) (tableau 2). Les applications de Met52 granulaire au moment du semis n'ont donc pas été en mesure d'offrir une protection adéquate aux plants contre les larves de la mouche du chou.

#### Poids frais des plants

Le poids moyen des plants était maximal pour les plants non traités (21,95 g) et s'est avéré significativement supérieur au poids documenté pour les plants exposés à tous les autres traitements ( $P = 0,0040$ ). L'activité des larves de la mouche du chou a eu un impact négatif sur la production de biomasse foliaire, car les plants soumis au T2 avaient un poids moyen de seulement 12,64 g au moment de l'évaluation. Les plants traités avec les différentes concentrations de Met52 granulaire avaient un poids qui était statistiquement comparable au T2, allant de 11,30 g (T5) à 12,71 g (T3) (tableau 2). La protection offerte par le Met52 granulaire n'a donc pas été suffisante pour permettre aux plants de produire une biomasse foliaire différente des plants ayant été inoculés avec les œufs de la mouche du chou seulement.

De façon générale, le poids frais des plants a été plus élevé dans l'expérience portant sur le Met52 granulaire comparativement à celle effectuée avec le Met52 EC. Ceci s'explique par le fait que les essais avec le Met52 granulaire ont été effectués 4 à 5 semaines plus tard que ceux avec le Met52 EC. Les plants



de l'expérience avec le Met52 granulaire ont visiblement profité d'une meilleure qualité d'ensoleillement, ce qui a eu un impact positif sur leur croissance et le développement de la biomasse.

#### Nombre de larves et de pupes retrouvées dans la rhizosphère

Nous pouvons affirmer qu'il n'y a pas eu de contamination ou de mouvement de larves entre les plants, car aucune larve ou pupa de la mouche du chou n'a été observée dans le terreau des plants non traités. Le nombre de spécimens de mouche du chou (larves et pupes) retrouvés dans les groupes de dix plants du T2 s'élevait à 18,00 en moyenne. Ce nombre s'est avéré statistiquement comparable à ceux documentés pour les plants traités avec le Met52 granulaire au moment du semis, allant de 16,00 (T3) à 18,00 (T4) spécimens pour dix plants. Le nombre de larves et de pupes de *Delia radicum* retrouvées dans le terreau n'a donc pas été influencé par la présence du Met52 granulaire. Cependant, une faible proportion des larves retrouvées étaient mortes et présentaient des signes témoignant d'une infection par *M. brunneum*. La proportion des spécimens de *Delia radicum* récupérés dans le terreau des plants s'est également avéré similaire pour tous les traitements ( $P = 0,8876$ ). Une moyenne de 36,00 % des larves et des pupes potentielles étaient retrouvées dans les plants du T2, alors que ce pourcentage était de l'ordre de 32,00 % (T3) à 36,00 % (T4) pour les plants traités avec les différentes doses de Met52 granulaire (tableau 2).

#### Pourcentage d'émergence des adultes

La métamorphose des pupes en mouche adulte était sujette à beaucoup de variabilité et les analyses statistiques n'ont pas été en mesure de détecter de différences significatives entre les traitements ( $P = 0,2494$ ). Une moyenne de 34,23 % des spécimens issus des plants n'étant pas traités avec le Met52 granulaire (T2) ont émergé après la période d'incubation de 14 jours. L'émergence des adultes provenant des pupes issues des plants traités avec le Met52 granulaire était généralement plus faible que dans le témoin sans Met-52 et variait entre 18,09 % (T3) et 27,02 % (T4) (tableau 2). Cependant aucune différence significative n'est apparue due à la variabilité des résultats. La métamorphose des spécimens de *Delia radicum* n'a donc pas été influencée par la présence du Met52 granulaire dans le terreau des plants de brocoli.

#### **Expérimentations au champ – plantation #1**

##### Dépistage des œufs de la mouche du chou

Le premier décompte d'œufs a été effectué le 27 mai 2015, cinq jours après la plantation. À ce moment, 12,5 % des plants observés avaient des œufs de la mouche du chou à leur collet, avec en moyenne 0,19 œuf par plant. Le pourcentage de plants porteurs a ensuite augmenté au fil des semaines, s'établissant à 34,38 % le 3 juin, 21,88 % le 10 juin et 62,50 % le 17 juin. Durant cette période, le nombre d'œufs par plant a oscillé entre 0,50 et 2,38. La ponte de la mouche du chou s'est également maintenue au-delà du 19 juin, date à laquelle s'est déroulée l'évaluation des dommages. Une pointe de 71,88 % de plants porteurs d'œufs a été observée le 23 juin, avec 2,38 œufs par plant en moyenne.

##### Évaluation 28 jours après la plantation

Le poids de la biomasse foliaire produite 28 jours après la plantation s'est avéré similaire pour tous les traitements ( $P = 0,1442$ ). Elle semblait maximale pour les plants traités avec Entrust SC (425,00 g) et à son minimum pour les plants issus des parcelles non traitées (312,63 g), mais les analyses statistiques ont démontré que ces poids étaient comparables (tableau 3). Sur la base de ces résultats, on peut conclure que les applications d'insecticides en bassinage des transplants n'ont pas influencé négativement la croissance des plants. Aucun symptôme de phytotoxicité n'a d'ailleurs été observé. Par contre, ces résultats démontrent du même coup que les dommages causés par les larves de la mouche du chou n'ont pas eu un impact significatif sur la croissance des plants de brocoli.

Ce sont les plants protégés par le filet anti-insecte (T2) qui ont obtenu l'indice de dommage moyen aux racines le plus faible, soit un indice de 0,03. Cet indice s'est avéré statistiquement inférieur à celui de tous les autres traitements ( $P = 0,0002$ ). L'indice de dommages dans les parcelles non traitées (T1) s'établissait à 1,63 (tableau 3). Les deux formulations de Met52, de même que l'Entrust SC, n'ont pas été en mesure de protéger adéquatement les racines des plants de brocoli puisque l'indice de dommage moyen obtenu pour ces traitements a été similaire à celui documenté pour les plants non traités.

C'est également dans les plants issus du T2 que la proportion de plants exempts de dommages de la mouche du chou a été la plus élevée (97,50 %). Les analyses statistiques ont démontré que ce pourcentage était significativement plus élevé que pour les autres traitements ( $P < 0,0001$ ). Les filets anti-insecte ont donc été efficaces à prévenir les dommages causés par les larves de la mouche du chou aux racines. Les traitements avec le Met52 EC (15,00 %), le Met52 granulaire (25,00 %) et l'Entrust SC (15,00 %) ont tous procuré un pourcentage de plants exempts de dommage similaire au témoin non traité (22,50 %) (tableau 3). Ceci indique encore que les trois produits insecticides testés se sont avérés inefficaces à contrôler adéquatement les dommages causés par les larves de la mouche du chou.

La proportion des racines présentant des dommages sur moins de 10 % de leur superficie s'est avéré la plus faible dans les parcelles sous filets anti-insectes (2,50 %). Ce pourcentage était significativement plus élevé pour tous les autres traitements ( $P < 0,0001$ ). Les traitements de Met52, autant la formulation liquide (30,00 %) que granulaire (25,00 %), ont engendré une proportion de plants présentant des dommages aux racines d'indice #1 similaire au témoin non traité (32,50 %). Il y avait davantage de racines présentant de tels dommages dans les parcelles traitées avec l'Entrust SC (45,00 %). Ceci pourrait indiquer une certaine efficacité de la part de ce traitement, en considérant qu'une plus forte proportion de dommages d'indice #1 pourrait se traduire par une plus faible proportion de racines présentant des dommages plus sévères. Or, ce n'est pas le cas comme on peut le constater au tableau 3.

Enfin, le nombre de spécimens de mouche du chou (larves et pupes confondues) observés dans la zone racinaire des plants ne diffère pas statistiquement d'un traitement à l'autre ( $P = 0,2044$ ) (tableau 3). La grande variabilité observée est probablement en cause, puisqu'une seule larve a été retrouvée dans les parcelles sous filets anti-insecte, alors que nous avons dénombré jusqu'à 22 larves pour une parcelle reliée au T4.

#### Évaluation à la récolte

Le nombre de jours moyens requis entre la plantation et la récolte a oscillé entre 67,35 jours (parcelles avec filet anti-insecte) et 69,65 jours (témoin non traité). Ces valeurs se sont toutefois avérées similaires pour tous les traitements ( $P = 0,6035$ ). Il en est de même pour les quatre autres variables analysées : le poids (kg) de la biomasse foliaire totale par parcelle ( $P = 0,5107$ ), le poids (kg) de la récolte commercialisable totale par parcelle ( $P = 0,3818$ ), le poids (g) des brocolis commercialisables ( $P = 0,3353$ ) et le pourcentage de brocolis commercialisables ( $P = 0,2338$ ) (tableau 4).

Les plants de brocolis cultivés sous filet anti-insecte ne semblent donc pas avoir profité d'un avantage en termes de rendement ou de maturité. Également, les traitements insecticides effectués en bassinage n'ont pas été en mesure d'influencer suffisamment la croissance des plants pour que des différences se manifestent à la récolte. Les dégâts causés par les larves de la mouche du chou sont généralement en mesure d'entraver la croissance des plants de brocoli. Les plants issus des parcelles non traitées auraient donc pu exiger davantage de jours avant que leur inflorescence atteigne la maturité. Par contre, les plants protégés par une barrière physique bloquant l'accès à la mouche du chou ne se sont pas démarqués de façon significative des autres traitements. Il semble donc que les dommages causés par les larves de *Delia radicum* n'ont pas influencé négativement la récolte, et ce malgré l'abondance d'œufs dénombrés en début de saison et l'intensité et la fréquence des dommages observés 28 jours après la plantation. On peut par contre émettre l'hypothèse que le début de saison particulièrement frais et humide observé en 2015 a probablement aidé les plants de brocoli à supporter les dommages causés par les larves aux racines, diminuant ainsi les impacts potentiels sur la récolte.

#### **Expérimentations au champ – plantation #2**

##### Dépistage des œufs de la mouche du chou

Pour la seconde plantation, le premier décompte d'œufs s'est effectué le 23 juin, une semaine après la mise en terre des plantules. De façon générale, la pression exercée par la mouche du chou fut plus faible que lors de la première plantation, mais c'est ce que l'on est en droit de s'attendre de la part de cet insecte. En effet, le 23 et le 30 juin, seulement 6,25 % des plants présentaient des œufs de la mouche du chou à la base de leur collet, avec de 0,09 à 0,16 œuf/plant. Le pourcentage de plants porteurs a ensuite grimpé à

40,63 % le 9 juillet et 28,13 % le 15 juillet. Le nombre d'œufs par plant n'a pas dépassé 0,75 pour ces deux dates cependant. L'évaluation des dommages aux racines s'est effectuée le 15 juillet, mais le dépistage de la semaine suivante a démontré que la ponte de la mouche du chou s'est intensifiée par après. En effet, le 22 juillet, c'est 65,63 % des plants qui étaient porteurs d'œufs de la mouche du chou, avec 2,81 œufs par plant en moyenne.

#### Évaluation 28 jours après la plantation

Les dommages aux racines causés par les larves de la mouche du chou se sont avérés très faibles lors de la première évaluation des dommages. En effet, 80,00 % des plants provenant des parcelles non traitées étaient exempts de dommage à ce moment. Les valeurs obtenues étaient donc négligeables et n'ont pas été considérées aux fins de l'analyse statistique. Par contre, considérant l'augmentation de la ponte de la mouche du chou survenue après cette évaluation, nous avons procédé à une seconde évaluation complémentaire des dommages aux racines à la récolte.

Pour ce qui est de la biomasse foliaire produite, celle-ci a atteint 643,96 g pour les plants issus des parcelles sous filet anti-insecte (T2), alors qu'elle était de 464,20 g pour les plants traités avec le Met52 EC (T5) et de 481,93 pour les plants non traités (T1). Par contre, les analyses statistiques n'ont démontré aucune différence significative entre les traitements ( $P = 0,2435$ ). Encore une fois, les applications des bio-insecticide en bassinage des transplants n'ont pas causé de symptômes de phytotoxicité et n'ont pas gêné la production de la biomasse foliaire.

#### Évaluation à la récolte

En moyenne, 64,40 jours ont été requis entre la plantation et la récolte pour les brocolis cultivés sous les filets anti-insecte (T2). Ce nombre de jours s'est toutefois avéré similaire pour les brocolis non traités (64,93 jours) et ceux traités avec le Entrust SC (64,05 jours). Les brocolis ayant reçu un traitement en bassinage avec le Met52 EC (T5) sont les seuls qui ont requis davantage de jours avant d'atteindre la maturation complète (67,80 jours) comparativement au T1, au T2 et au T3 ( $P = 0,0051$ ) (tableau 5). La raison de cette différence est plutôt intrigante considérant qu'aucun symptôme de phytotoxicité n'a été observé en cours de saison. De plus, cette différence peut difficilement être reliée aux dommages causés par les larves de la mouche du chou.

En effet, lors de la seconde évaluation des dommages aux racines, seuls les brocolis cultivés sous filet anti-insecte (indice de 0,18) ont présenté un indice de dommages statistiquement inférieur à ceux non traités (indice de 3,23) ( $P < 0,0001$ ). Les plants traités avec Entrust SC (indice de 3,03), de même que ceux traités avec les deux formulations de Met52, présentaient un niveau de dommages similaire au T1. De plus, 90,00 % des brocolis cultivés sous les filets anti-insecte étaient exempt de dommages des larves de *D. radicum*, alors que les racines prélevées dans les parcelles des autres traitements étaient toutes affectées. Les brocolis appartenant au T2 présentaient significativement moins de racines avec un indice de dommage #3 ( $P = 0,0027$ ) et #4 ( $P = 0,0258$ ). Par contre, les brocolis ayant été traités avec Entrust SC et les formulations de Met52 présentaient un pourcentage de racines endommagées similaire aux brocolis non traités, et ce pour toutes les catégories de dommages (tableau 6). Cette évaluation des dommages a été effectuée dans le but de compléter les données recueillies 28 jours après la plantation. Par contre, il faut considérer que le délai entre l'application des traitements et la récolte s'est probablement avéré trop long pour que les produits appliqués en bassinage conservent une efficacité adéquate. Ceci pourrait expliquer la présence de dommages relativement importants aux racines des plants.

Concernant les autres paramètres évalués, les analyses statistiques n'ont dénoté aucune différence significative entre les traitements en regard du poids (kg) de la biomasse foliaire totale produite par parcelle ( $P = 0,3138$ ), le poids (kg) de la récolte commercialisable par parcelle ( $P = 0,6189$ ), le poids (g) des brocolis commercialisable ( $P = 0,4805$ ) et le pourcentage des brocolis commercialisable ( $P = 0,8725$ ) (tableau 5).

## Conclusion

Le projet aura donc permis d'acquérir des informations intéressantes en regard du potentiel d'efficacité du bio-insecticide Met52 comme moyen de lutte contre la mouche du chou dans la culture du brocoli. Certes, les résultats obtenus lors des essais en parcelles au champ s'avèrent plutôt décevants. Par contre, les données recueillies lors des tests en serre expérimentale permettent d'envisager la poursuite des travaux.

Dans un premier temps, concernant la formulation granulaire du Met52, les applications au moment du semis n'ont manifestement pas été en mesure d'offrir une protection adéquate aux plants contre les larves de la mouche du chou. On peut suspecter que le temps écoulé entre le moment de l'application du produit dans le terreau et l'inoculation avec les œufs de mouche du chou s'est avéré trop long. Il est plausible que la formulation ait été soumise à du lessivage causé par l'irrigation de la culture. Par contre, ce délai et l'irrigation s'avèrent des conditions inhérentes à la production des transplants de brocoli en serre. En ce sens, l'utilisation du Met52 granulaire n'est peut-être pas adaptée à la réalité de la production. Cependant, il faut souligner que l'étiquette du produit mentionne que la protection offerte peut durer jusqu'à neuf mois selon les pratiques agricoles et les conditions ambiantes.

La performance du Met52 EC s'est avérée un peu plus encourageante. En effet, les données recueillies concernant la vigueur des plants et le poids de la biomasse foliaire indiquent que la dose de 5 L de Met52 EC par 1000 L semble en mesure d'offrir une certaine protection aux plants contre les dommages causés par les larves de la mouche du chou. Également, le fait d'avoir retrouvé des larves mortes et présentant des signes d'infection par *M. brunneum* témoigne d'un certain potentiel de la stratégie. Pour bien juger de l'efficacité du Met52EC, il faut considérer le fait que les plants étaient bien pourvus en eau tout au long de leur croissance étant donné qu'ils étaient cultivés en pot. Ceci implique que les racines pouvaient être en mesure de compenser pour les dommages causés par les larves de la mouche du chou. Ceci s'applique à tous les traitements testés, mais l'effet est peut-être plus susceptible d'avoir un impact significatif chez les plants ayant été inoculé avec les œufs de la mouche du chou, mais ne recevant pas de Met52 EC. D'un autre côté, le fait que le niveau d'humidité demeure adéquat pour la croissance de la culture devrait également favoriser la survie et l'activité du *M. brunneum*. À ce propos, l'étiquette du Met52 EC mentionne qu'il faut de 3 à 7 jours suivant l'infection de l'insecte avant que la mortalité se manifeste. Ceci implique donc que les larves sont en mesure de s'alimenter sur les racines pendant une certaine période suivant l'infection. En ce sens, il est peut-être irréaliste d'espérer que le Met52 EC protège suffisamment les plants pour que leur vigueur et le poids de leur biomasse s'avèrent similaire à celle des plants n'étant pas inoculé avec les œufs de *Delia radicum*. Également, depuis septembre 2015, une nouvelle recommandation figure sur l'étiquette du Met52 EC afin de réduire le nombre de thrips dans les cultures de légumes-fruits (tomates, poivrons, aubergines, concombre, laitue) cultivés en serres. Cette homologation permet l'utilisation du Met52 EC en bassinage du terreau de la culture avec une concentration de 108 ml de Met52 EC pour 10 L d'eau. Cette dose équivaut à plus du double de la dose de 5 L de Met52 EC par 1000 L d'eau que nous avons utilisé dans le cadre du présent projet. Considérant les résultats que nous avons obtenus, il serait donc intéressant de tester à nouveau le Met 52EC en utilisant cette nouvelle concentration.

Par contre, le Met52 EC, de même que la formulation granulaire, se sont montrés inefficaces à contrôler les dommages causés par les larves de la mouche du chou en conditions de production réelles en plein champ. Les expériences visant à tester l'efficacité des champignons entomopathogènes envers la mouche du chou en situation de production donnent généralement des résultats moins intéressants que les essais réalisés en conditions contrôlées (Chandler et Davidson, 2005, Razinger *et al.* 2014b, Vänninen I. *et al.* 1999a et 1999b). Notre étude ne fait malheureusement pas exception malgré que nos méthodes d'application du Met52 étaient novatrices. Les résultats découlant du projet ne sont pas assez convaincants pour supporter de futures demandes d'extensions d'homologation. Les produits ne semblent pas avoir une efficacité suffisante pour justifier leur insertion dans un programme de lutte contre les larves de la mouche du chou, d'autant plus que leur coût est élevé. En effet, le Met52 granulaire se vend autour de 575 \$ pour 10 kg et il en coûte 225 \$ pour 1 L de Met52 EC.

Aussi, il faut mentionner le fait que l'application en bassinage d'Entrust SC s'est avérée inefficace malgré la récente homologation obtenue en ce sens. On peut émettre l'hypothèse que les conditions printanières fraîches de 2015 ainsi que le début d'été pluvieux ont probablement permis une meilleure récupération des

plants dont le système racinaire était endommagé par les larves de la mouche du chou, ce qui peut avoir eu une influence non négligeable sur l'évaluation de la performance des produits. Aussi, les précipitations survenues dans les semaines suivant la transplantation ont peut-être causé un lessivage des produits hors de la zone racinaire, ce qui pourrait avoir diminué leur efficacité.

Également, nous avons remarqué lors des évaluations des dommages que ceux-ci étaient souvent situés, mais pas exclusivement, dans la portion de tige qui se trouve sous le niveau du sol suite à la transplantation. En effet, il est généralement d'usage d'enterrer les plantules un peu plus profondément que la surface de la motte de terre afin de bien ancrer les plants dans le sol et pour que les racines aient plus facilement accès à l'humidité dans le sol. Des tissus végétaux n'ayant pas été en contact avec les produits appliqués en bassinage avant la transplantation sont donc accessibles et consommables par les larves de la mouche du chou. Ceci représente peut-être une lacune de cette technique d'application.

Enfin, le projet nous aura permis de nous familiariser avec les deux formulations de Met52 et de mieux comprendre les caractéristiques du produit et les enjeux reliés à leur utilisation dans les cultures de crucifères. Nous sommes d'avis que les résultats encourageants obtenus en serre expérimentale avec la formulation Met52 EC devraient constituer une base de travail servant à élaborer des essais futurs, en tenant compte de la nouvelle homologation parue en cours de projet. Manifestement, davantage d'efforts de recherche devront être consacrés si l'on désire mettre au point une stratégie de lutte dirigée contre la mouche du chou à l'aide du bio-insecticide Met52.

### Remerciements

Ces travaux ont été réalisés grâce à une aide financière du Programme de soutien à l'innovation en agroalimentaire, un programme issu de l'accord du cadre Cultivons l'avenir conclu entre le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation et Agriculture et Agroalimentaire Canada.

### Références citées

- Bruck D.J., *et al.* (2005). Laboratory bioassays of entomopathogenic fungi for control of *Delia radicum* (L.) larvae. *Journal of Invertebrate Pathology*. 89 (2) : 179-183.
- Chandler D. et Davidson G. (2005). Evaluation of entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* against soil-dwelling stages of cabbage maggot (Diptera : Anthomyiidae) in glasshouse and field experiments and effect of fungicides on fungal activity. *Journal of economic entomology*. 98 (6) : 1856-1862.
- Dossdall L.M. *et al.* (1994). Susceptibilities of species and cultivars of canola and mustard to infestation by root maggots (*Delia spp.*) (Diptera: Anthomyiidae). *Canadian Entomologist* 126: 251-260.
- Myrand *et al.* (2015). Susceptibility of cabbage maggot larvae (Diptera : Anthomyiidae) to Hypocreales entomopathogenic fungi. *Journal of economic entomology*. 108 (1) : 34-44.
- Razinger J. *et al.* (2014a). Direct plantlet inoculation with soil or insect-associated fungi may control cabbage root fly maggots. *Journal of invertebrate pathology*. 120 : 59-66.
- Razinger J. *et al.* (2014b). Evaluation of insect associated and plant growth promoting fungi in the control of cabbage root flies. *Journal of economic entomology*. 107 (4) : 1348-1354.
- Vänninen I. *et al.* (1999a). Screening of field performance of entomopathogenic fungi and nematodes against cabbage root flies (*Delia radicum* L. and *D. floralis* (Fall.) (Diptera: Anthomyiidae). *Acta Agriculturae Scandinavica - Section B Soil and Plant Science* 49(3):167-183.
- Vänninen I. *et al.* (1999b) Attempts to control cabbage root flies *Delia radicum* L. and *Delia floralis* (Fall.) (Dipt., Anthomyiidae) with entomopathogenic fungi: Laboratory and greenhouse tests. *Journal of Applied Entomology* 123(2):107-113.

**ANNEXE**

**Tableau 1.** Données recueillies lors de l'expérimentation en serre expérimentale avec la formulation Met52 EC.

Traitement	Description	Vigueur des plants (échelle de 1 à 5)	Plants avec un indice de vigueur de 5 (%)	Poids frais moyen par plant (g)	Nombre de spécimens de <i>Delia radicum</i> retrouvés pour 10 plants	Spécimens de <i>Delia radicum</i> retrouvés (%)	Émergence des adultes de <i>Delia radicum</i> (%)
T1	Témoin non traité	4,95 a	95,00 a	13,95 a	0,00 b	. .	. .
T2	Témoin + œufs	2,78 c	7,50 c	6,57 c	22,75 a	45,50 a	33,93 a
T3	Met52 EC 0,5 L/1000 L	3,73 b	32,50 b	8,76 bc	19,25 a	38,50 a	24,14 a
T4	Met52 EC 2,5 L/1000 L	3,35 bc	25,00 bc	8,56 bc	20,50 a	41,00 a	26,46 a
T5	Met52 EC 5 L/1000 L	3,65 b	45,00 b	9,25 b	18,25 a	36,50 a	18,71 a
<b>Valeur de P</b>		<b>0,0013</b>	<b>&lt; 0,0001</b>	<b>0,0003</b>	<b>0,0001</b>	<b>0,6594</b>	<b>0,1957</b>

\* Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas statistiquement différentes selon le **test de Waller-Duncan ( $\alpha = 0.05$ )**.

**Tableau 2.** Données recueillies lors de l'expérimentation en serre expérimentale avec la formulation Met52 granulaire.

Traitement	Description	Vigueur des plants (échelle de 1 à 5)	Plants avec un indice de vigueur de 5 (%)	Poids frais moyen par plant (g)	Nombre de spécimens de <i>Delia radicum</i> retrouvés pour 10 plants	Spécimens de <i>Delia radicum</i> retrouvés (%)	Émergence des spécimens de <i>Delia radicum</i> (%)
T1	Témoin non traité	4,93 a	92,50 a	219,53 a	0,00 b	. .	. .
T2	Témoin + œufs	3,33 b	25,00 b	126,36 b	18,00 a	36,00 a	34,23 a
T3	Met52 500g/m3	3,33 b	35,00 b	127,12 b	16,00 a	32,00 a	18,09 a
T4	Met52 1000g/m3	3,03 b	22,50 b	113,75 b	18,00 a	36,00 a	27,02 a
T5	Met52 1500g/m3	3,18 b	32,50 b	112,98 b	17,75 a	35,50 a	18,73 a
<b>Valeur de P</b>		<b>0,0095</b>	<b>0,0050</b>	<b>0,0040</b>	<b>0,0014</b>	<b>0,8876</b>	<b>0,2494</b>

\* Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas statistiquement différentes selon le **test de Waller-Duncan ( $\alpha = 0.05$ )**.

**Tableau 3.** Données recueillies lors de l'expérimentation au champ. Évaluation des dommages 28 jours après la plantation. Plantation #1.

Traitement	Description	Poids de la biomasse foliaire des 10 plants (g)	Plants dans chacune des catégories de dommage (%)					Indice de dommage moyen (1 à 5)	Nb. de spécimens de <i>D. radicum</i> retrouvés pour 10 plants
			Indice 0	Indice 1	Indice 2	Indice 3	Indice 4		
			Aucun dommage	< 10 %	11-25 %	26-50 %	51-75 %		
T1	Témoin non traité	312,63 a	22,50 b	32,50 b	17,50 a	15,00 a	12,50 a	1,63 a	5,33 a
T2	Filet anti-insecte	342,18 a	97,50 a	2,50 c	0,00 b	0,00 b	0,00 b	0,03 b	0,33 a
T3	Entrust SC	425,00 a	15,00 b	45,00 a	15,00 a	15,00 a	10,00 ab	1,60 a	4,67 a
T4	Met52 granulaire	390,35 a	25,00 b	25,00 b	15,00 a	15,00 a	15,00 a	1,85 a	12,00 a
T5	Met52 EC	354,40 a	15,00 b	30,00 b	20,00 a	12,50 a	20,00 a	2,00 a	8,67 a
<b>Valeur de P</b>		<b>0,1442</b>	<b>&lt; 0,0001</b>	<b>&lt; 0,0001</b>	<b>0,0158</b>	<b>0,0291</b>	<b>0,0249</b>	<b>0,0002</b>	<b>0,2044</b>

\* Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas statistiquement différentes selon le **test de Waller-Duncan ( $\alpha = 0.05$ )**.

**Tableau 4.** Données recueillies lors de l'expérimentation au champ. Évaluation du rendement à la récolte. Plantation #1.

Traitement	Description	Nombre de jours avant maturité	Biomasse foliaire totale par parcelle (kg)	Récolte commercialisable totale par parcelle (kg)	Poids des brocolis commercialisables (g)	Brocolis commercialisables (%)
T1	Témoin non traité	69,7 a	7,20 a	2,37 a	262 a	90,00 a
T2	Filet anti-insecte	67,4 a	8,04 a	2,44 a	244 a	100,00 a
T3	Entrust SC	68,9 a	7,23 a	2,18 a	241 a	90,00 a
T4	Met52 granulaire	69,3 a	7,50 a	2,45 a	252 a	97,50 a
T5	Met52 EC	69,5 a	9,11 a	2,79 a	286 a	97,50 a
<b>Valeur de P</b>		<b>0,6035</b>	<b>0,5107</b>	<b>0,3818</b>	<b>0,3353</b>	<b>0,2338</b>

\* Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas statistiquement différentes selon le **test de Waller-Duncan ( $\alpha = 0.05$ )**.



**Tableau 5.** Données recueillies lors de l'expérimentation au champ. Évaluation du rendement à la récolte. Plantation #2.

Traitement	Description	Nombre de jours avant maturité	Biomasse foliaire totale par parcelle (kg)	Récolte commercialisable totale par parcelle (kg)	Poids des brocolis commercialisables (g)	Brocolis commercialisables (%)
T1	Témoin non traité	64,93 bc	8,96 a	2,32 a	248 a	93,33 a
T2	Filet anti-insecte	64,40 c	8,87 a	2,33 a	251 a	92,50 a
T3	Entrust SC	64,05 c	9,10 a	2,45 a	259 a	95,00 a
T4	Met52 granulaire	66,55 ab	8,35 a	2,30 a	236 a	97,50 a
T5	Met52 EC	67,80 a	7,62 a	2,11 a	227 a	93,33 a
<b>Valeur de P</b>		<b>0,0051</b>	<b>0,3138</b>	<b>0,6189</b>	<b>0,4805</b>	<b>0,8725</b>

\* Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas statistiquement différentes selon le **test de Waller-Duncan ( $\alpha = 0.05$ )**.

**Tableau 6.** Données recueillies lors de l'expérimentation au champ. Évaluation des dommages la récolte. Plantation #2

Traitement	Description	Plants dans chacune des catégories de dommage (%)						Indice de dommage moyen (1 à 5)
		Indice 0	Indice 1	Indice 2	Indice 3	Indice 4	Indice 5	
		Aucun dommage	< 10 %	11-25 %	26-50 %	51-75 %	76-100 %	
T1	Témoin non traité	0,00 b	3,33 a	13,33 a	50,00 a	23,33 a	10,00 a	3,23 a
T2	Filet anti-insecte	90,00 a	7,50 a	0,00 a	0,00 b	2,50 b	0,00 a	0,18 b
T3	Entrust SC	0,00 b	7,50 a	22,50 a	37,50 a	25,00 a	7,50 a	3,03 a
T4	Met52 granulaire	0,00 b	2,50 a	15,00 a	42,50 a	30,00 a	10,00 a	3,30 a
T5	Met52 EC	0,00 b	6,67 a	30,00 a	33,33 a	23,33 a	6,67 a	2,93 a
<b>Valeur de P</b>		<b>&lt; 0,0001</b>	<b>0,7873</b>	<b>0,0945</b>	<b>0,0027</b>	<b>0,0258</b>	<b>0,1631</b>	<b>&lt; 0,0001</b>

\* Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas statistiquement différentes selon le **test de Waller-Duncan ( $\alpha = 0.05$ )**.

