

Rapport final réalisé dans le cadre du programme Prime-Vert, sous-volet 3.1 – Approche régionale et interrégionale

TITRE DU PROJET : ÉVALUATION DE PRODUITS À FAIBLE RISQUE ET DE BIOPESTICIDES APPLIQUÉS EN BASSINAGE DES TRANSPLANTS POUR LUTTER CONTRE LA MOUCHE DU CHOU (*DELIA RADICUM*) DANS LES CULTURES DE CRUCIFÈRES.

NUMÉRO DU PROJET : PV.3.2-2014-022

Réalisé par : Caroline Provost, PhD., directrice-chercheuse¹
Manon Laroche, agr., professionnelle de recherche¹
Pierre Lafontaine, ag. PhD., chercheur²
Vincent Myrand, agr.MSc, professionnel de recherche²

¹Centre de recherche agroalimentaire de Mirabel (CRAM)

²Carrefour industriel et expérimental de Lanaudière (CIEL)

Mai 2015 au 15 février 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 PRODUITS À FAIBLE RISQUE ET DE BIOPESTICIDES APPLIQUÉS EN
BASSINAGE DES TRANSPLANTS POUR LUTTER CONTRE LA MOUCHE DU CHOU (*DELIA
RADICUM*) DANS LES CULTURES DE CRUCIFÈRES.**

Par

Caroline Provost¹, PhD., directrice-chercheuse
Manon Laroche¹, agr., professionnelle de recherche
Pierre Lafontaine², PhD., directeur
Vincent Myrand¹ agr. M. Sc., professionnel de recherche

Durée : 2 ans

RÉSUMÉ DU PROJET

La mouche du chou est un ravageur important dans les cultures de crucifères. Il cause de nombreux dommages à la racine des plants de crucifères. Actuellement, les traitements chimiques au chlorpyrifos (organophosphoré) constituent le principal moyen de lutte pour réduire les populations. Certaines nouvelles matières actives pourraient offrir une alternative intéressante au chlorpyrifos. Dans le cadre de ce projet, plusieurs produits à risques réduits ont été testés en bassinage sur les transplants pour permettre une application localisée au niveau des racines et une diminution des pertes dans l'environnement. Les essais ont eu lieu sur deux sites expérimentaux ayant des caractéristiques différentes, soit sur les terres expérimentales du CRAM à Oka (Laurentides, sol limoneux graveleux) (bassin versant du ruisseau Rousse) et du CIEL à Lavaltrie (Lanaudière, sol sableux). Un suivi des populations de mouche du chou a été réalisé durant les deux saisons et plusieurs paramètres ont été notés à la mi-saison et à la récolte, dont le nombre de larves et de pupes, taux de dommages aux racines, le poids des plants, le poids des brocolis et le temps de maturation des brocolis. Les résultats obtenus lors des deux années d'essais démontrent que les produits Met52EC, Nemasys, Venerate, Grandevo et Pyganic se sont tous avérés inaptes à bien protéger les racines contre les dommages causés par les larves de *D. radicum*. Les applications d'Entrust en bassinage des transplants se sont aussi avérées inefficaces dans le cadre du projet. Nos résultats indiquent également que les produits Verimark, Rimon et IKI-3106 semblent posséder un potentiel limité pour lutter contre la mouche du chou avec cette technique d'application. L'application de produits en bassinage des transplants pour lutter contre la mouche du chou est une méthode porteuse de nombreux avantages. Cependant, à la lumière des résultats obtenus dans le cadre de cet essai, des efforts de recherche supplémentaires seront requis afin de déterminer les produits et les doses à la fois efficaces et sécuritaires pour la culture. Par ailleurs, l'absence d'efficacité du Lorsban sur les sites d'essais d'Oka vient démontrer encore une fois la pertinence d'effectuer des projets comme celui que nous avons réalisé.

OBJECTIF ET MÉTHODOLOGIE

L'objectif général de ce projet était d'évaluer l'efficacité de différents organismes entomopathogènes et de pesticides à risques réduits, lorsqu'appliqué en bassinage des plantules avant la transplantation, comme méthode de lutte alternative pour lutter contre la mouche du chou, *Delia radicum* L. (Diptera: Anthomyiidae) dans la culture de crucifères. Le

moment de plantation visé était le début de la ponte de la première génération de la mouche du chou (16 mai 2015, 18 mai 2016 pour Oka et 22 mai 2015 et 19 mai 2016 pour Lavaltrie). Les transplants de brocolis ont été produits en serre et le traitement avec les divers produits a été appliqué 24 heures avant la transplantation au champ. Une pulvérisation foliaire des divers produits a été appliquée sur les cabarets de transplants, suivi d'une pulvérisation à l'eau pour faire pénétrer les produits dans le terreau des plantules. Deux tableaux descriptifs des produits et des dosages utilisés sont présentés en annexe 1. Des produits et des dosages ont été modifiés en 2016 suite à des dommages de phytotoxicité, à des changements apportés par les fabricants de produits et au remplacement par des produits qui nous paraissaient plus prometteurs. Un seul traitement a été fait en 'drench' au champ avec le chlorpyrifos (Témoin commercial), le moment d'application a été déterminé suite à un dépistage hebdomadaire permettant d'obtenir un seuil de traitement de 15% des plants avec présence d'œufs. La ponte de la mouche du chou a été documentée sur un plant par parcelle en 2015. En 2016, l'échantillonnage des œufs a été augmenté à cinq plants par parcelle afin de documenter d'éventuels effets attractifs ou répulsifs des traitements envers la mouche du chou. Deux évaluations ont été faites pendant la saison, la première entre quatre à cinq semaines après le début de la ponte (mi-saison) et la deuxième à la maturité des brocolis (récolte). Les paramètres notés à la mi-saison sont : le nombre de larves et de pupes trouvées sur les racines et dans le sol entourant celles-ci, la sévérité des dommages sur les racines selon une échelle semi-quantitative (Dosdall et al, 1994) et le poids frais des plants (biomasse foliaire). D'autres paramètres ont été évalués à la récolte : les dommages aux racines selon l'échelle semi-quantitative (Dosdall et al, 1994), la biomasse fraîche des plants (poids des plants complets sans la racine), le poids des brocolis commercialisables et le temps de maturation (date de récolte). Le temps de maturation du plant de brocoli peut être influencé par les dommages de la mouche du chou. Les différentes récoltes ont eu lieu au moment où les brocolis ont atteint 10 cm de diamètre. En 2015, il y a eu 5 récoltes à Oka (16 au 24 juillet) et 7 récoltes à Lavaltrie (24 juillet au 10 août) tandis qu'elles ont été plus regroupées en 2016, il y a eu 4 récoltes pour Oka (13 au 20 juillet) et 3 récoltes pour Lavaltrie (19 au 25 juillet). Des analyses en modèles mixtes généralisés ainsi que des tables de contingence ont été effectuées afin de comparer l'effet des différents traitements pour les divers paramètres notés, et ce séparément pour les 2 sites d'études. Les analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel R.

RÉSULTATS SIGNIFICATIFS OBTENUS

Résultats de la mi-saison sur le site d'Oka 2015-2016

En 2015, au site d'Oka, des populations élevées de mouche du chou ont été observées avec 67 à 92 % des plants dépistés qui étaient porteurs d'œufs au fil des semaines, ayant de 2,17 à 8,08 œufs par plant en moyenne. La pression exercée par la mouche du chou fut donc très élevée et suffisante pour les besoins de l'essai. En 2016, les populations de *D. radicum* étaient plus faibles, de 6 à 70% des plants étaient porteurs d'œufs lors du dépistage, mais seulement de 0,11 à 2,45 œufs étaient notés. Toutefois, cette pression était suffisante pour la réalisation des essais. En 2016, aucun traitement n'avait un nombre d'œufs significativement différent de celui dépisté dans les parcelles non traitées (Figure 1). Un nombre plus élevé d'œufs a été

noté dans les parcelles traitées avec le Lorsban, IKI-3106 et Venerate comparativement aux parcelles traitées avec Entrust et Pyganic ($LRT = 34,10$; $df = 9$; $p < 0,0001$). Selon le dépistage effectué à Oka, aucun des traitements ne semble avoir un effet répulsif ou attractif compte tenu qu'il n'y a pas de différence avec les parcelles non traitées.

Pendant les deux années de l'essai, aucune différence significative des taux de dommages aux racines dans les parcelles traitées avec les divers produits n'a été observée comparativement au Témoin (Figure 2). Cependant, les racines des brocolis traités avec les biopesticides Venerate, Nemasys et Met52EC ont eu des dommages plus importants que pour les traitements Verimark, Rimon, et Entrust en 2015 ($F8, 27 = 6,72$; $p < 0,0001$). En 2016, les racines des brocolis traités avec le Venerate ont eu plus de dommage que les brocolis traités avec tous les insecticides de synthèse et le Pyganic ($LRT = 49,13$; $df = 9$; $p < 0,0001$). Par contre, pour les deux années d'essais, lorsque l'on compare la sévérité des dommages avec celle documentée dans le Témoin non traité, on remarque qu'aucun des traitements testés, y compris le Lorsban, n'a été en mesure de protéger adéquatement les racines des dommages causés par les larves de la mouche du chou.

Le dénombrement des individus de la mouche du chou à la mi-saison n'a démontré aucune différence entre les produits testés, le témoin non traité et le témoin commercial (Lorsban), et ce pour les deux années d'essais (Figure 3). Il faut aussi noter que la population de mouche du chou était inférieure en 2016 comparativement à 2015 au site d'Oka. En 2015, un dénombrement moindre des larves et des pupes a été noté dans les traitements Verimark, Rimon et Entrust comparativement aux traitements Met52EC, Nemasys et Venerate ($F8, 27 = 7,59$; $p < 0,0001$).

En 2015, le poids des plants de brocolis dans les parcelles traitées au Lorsban et à l'Entrust était supérieur à celui des plants traités avec le Grandevo (Figure 4) ($F8, 27 = 2,58$; $p = 0,03$). Par contre, ces deux traitements, de même que tous les autres, n'ont pas été en mesure d'influencer significativement le poids des plants de brocolis comparativement aux parcelles non traitées. Ceci implique donc que dans le cas des plants traités avec Rimon, Venerate et Grandevo, la phytotoxicité observée après la transplantation ne semble pas avoir eu une incidence significative sur la biomasse foliaire produite par les plants. Certes, le poids des plants traités avec Lorsban et Entrust s'est avéré statistiquement supérieur, mais les résultats obtenus lors des évaluations aux racines nous empêchent de relier directement ces différences de poids aux dommages causés par les larves de la mouche du chou.

Le poids de brocolis à la mi-saison était supérieur au Témoin seulement pour le Venerate en 2016 ($F9, 390 = 11,9$; $p < 0,0001$) (Figure 4). On observe aussi que le poids des brocolis dans les parcelles traitées avec le Pyganic était inférieur à celui du Témoin. En 2016, les brocolis traités au Venerate avaient une biomasse plus importante que les brocolis traités avec tous les autres traitements, à l'exception du Verimark. De plus, les brocolis traités au Verimark

avaient un poids supérieur que dans les parcelles de Rimon, Met52EC, IKI-3106, Grandevo, Entrust, Pyganic.

En 2016, des symptômes de phytotoxicité ont été documentés sur les plants traités avec Pyganic. Cette phytotoxicité semble avoir eu un impact négatif sur la croissance des plants étant donné que seuls ces plants affichaient un poids de biomasse foliaire statistiquement inférieur à celui des plants non traités. De la phytotoxicité a aussi été observée suite à l'application d'autres produits, soit Rimon, Grandevo et IKI-3106, mais l'impact sur la croissance des plants semble avoir été négligeable étant donné que la biomasse foliaire des plants était statistiquement comparable à celle du témoin non traité. Concernant le Rimon, le changement de dose entre les deux saisons a vraisemblablement permis de réduire l'intensité des symptômes de phytotoxicité. Pour le Grandevo et le Venerate, les changements de doses et de formulation auront permis d'éliminer complètement les symptômes observés en 2015.

Pour le site d'Oka, le traitement conventionnel en 'drench' au champ avec le Lorsban n'a pas démontré une efficacité comparativement aux parcelles non traitées. Les dommages aux racines ainsi que le nombre d'individus, puis la biomasse des plants ne démontrent pas d'effet répressif évident du traitement. Ceci pourrait être dû à divers facteurs, par exemple le type de sol qui pourrait affecter l'efficacité du produit (la descente du produit au niveau des racines) ou la population locale qui pourrait être moins sensible (possibilité de résistance) au chlorpyrifos.

Données de la récolte sur le site d'Oka 2015-2016

Le taux de dommages aux racines de brocolis dans les parcelles traitées avec les divers produits n'a pas démontré de différence avec celui du témoin non traité (Figure 5). Cependant, des différences entre les produits testés ont été notées en 2015. Un taux de dommage aux racines plus faible a été observé pour le traitement Rimon comparativement aux traitements Met52EC, Nemasys et Venerate ($LRT = 23,98$; $df = 8$; $p = 0,002$). La sévérité des dommages à la récolte est généralement moins visible, car les plants sont en mesure de poursuivre leur croissance et de reprendre le dessus sur les dommages engendrés plus tôt dans la saison. En 2016, les dommages aux racines à la récolte étaient statistiquement similaires dans tous les traitements. Donc, pour les deux années d'essais sur le site d'Oka, aucun des produits testés n'a été en mesure de protéger adéquatement les racines contre les dommages de la mouche du chou jusqu'à la récolte.

La biomasse des plants de brocolis à la récolte (incluant les feuilles) était supérieure dans les parcelles traitées avec le Rimon comparativement au Témoin en 2015. Les autres traitements évalués ont produit des plants de brocolis avec une biomasse similaire ($F_{8, 351} = 2,01$; $p = 0,045$) (Figure 6). En 2016, la biomasse des plants obtenus dans les parcelles de Grandevo et de Pyganic était inférieure à celle du traitement Témoin ($F_{9, 390} = 3,01$; $p = 0,002$).

En 2015, la phytotoxicité observée en début de saison sur les plants traités avec Grandevo ne semble donc pas avoir influencé significativement la croissance des plants. Il en est de même pour le produit Rimon et Venerate. De plus, il est difficile, considérant les résultats obtenus, de relier le poids de la biomasse des plants avec une possible protection face aux dommages des larves de la mouche du chou. En 2016, l'effet de la phytotoxicité du Pyganic noté sur la biomasse des plants à la mi-saison semble s'être manifesté jusqu'à la récolte. Concernant le Grandevo, il est curieux de constater que le poids de la biomasse foliaire à la récolte s'est avéré statistiquement inférieur au Témoin non traité, alors que ce n'était pas le cas à la mi-saison.

En ce qui concerne le poids des brocolis commercialisables, aucune différence n'est observée entre les brocolis traités avec les divers produits par rapport au Témoin en 2015 (Figure 7). En 2015, leurs poids étaient similaires dans tous les traitements ($F_{8, 351} = 1,94$; $p = 0,053$). En 2016, seuls les brocolis provenant des parcelles traitées avec Pyganic avaient un poids inférieur à ceux des parcelles provenant du Témoin non traité. ($F_{9, 390} = 2,56$; $p = 0,007$). Un aspect important à considérer dans la collecte des données pour le poids des brocolis est que les brocolis fussent récoltés à un diamètre fixe, soit 10 cm ou plus. Il est donc normal que le poids des brocolis soit similaire dans la majorité des cas, seuls des effets marqués sur la croissance peuvent affecter grandement ce paramètre. La date de récolte (hâtivité) est alors plus représentative d'un impact possible de la mouche du chou sur la récolte. Par exemple, une phytotoxicité importante sur les transplants a été notée avec les traitements Rimon et Venerate en 2015, puis avec le traitement Pyganic en 2016 (Annexe 5). Il faut noter qu'il y a eu une modification de la dose en 2016 pour trois produits, soit le Rimon, Venerate et le Grandevo, afin de réduire la phytotoxicité observée en 2015. Cette modification a réellement réduit les signes de phytotoxicité en 2016 sur les transplants traités avec ces produits.

En 2015, l'atteinte de la maturité a été plus rapide (plus hâtif) dans les parcelles traitées au Verimark comparativement aux autres produits évalués, mais aussi du Témoin (Figure 8) ($LRT = 78,69$; $df = 8$; $p < 0,0001$) ($G = 100,46$; $df = 32$; $p < 0,001$). Des récoltes plus tardives que dans les parcelles Témoin ont été réalisées dans les parcelles traitées avec le Nemasys et le Grandevo. En 2016, des récoltes plus hâtives ont été notées pour les traitements Verimark et Rimon comparativement au Lorsban, Met52EC, Grandevo et Pyganic ($LRT = 125,33$; $df = 9$; $p < 0,0001$) ($G = 106,60$; $df = 27$; $p < 0,001$). Comparativement aux parcelles Témoin, aucun traitement n'a cependant permis une récolte significativement plus hâtive. Toutefois, la maturation des brocolis a été plus longue dans les parcelles traitées avec le Met52EC, Grandevo et le Pyganic comparativement aux parcelles non traitées. Pour les plants traités avec Pyganic, l'effet de la phytotoxicité sur la croissance des plants, telle que documentée sur les autres paramètres, semble également avoir affecté la maturation des inflorescences.

Les résultats des divers paramètres documentés à la récolte démontrent qu'aucun des produits testés n'a été en mesure de protéger adéquatement les plants contre les dommages de la mouche du chou jusqu'à la récolte.

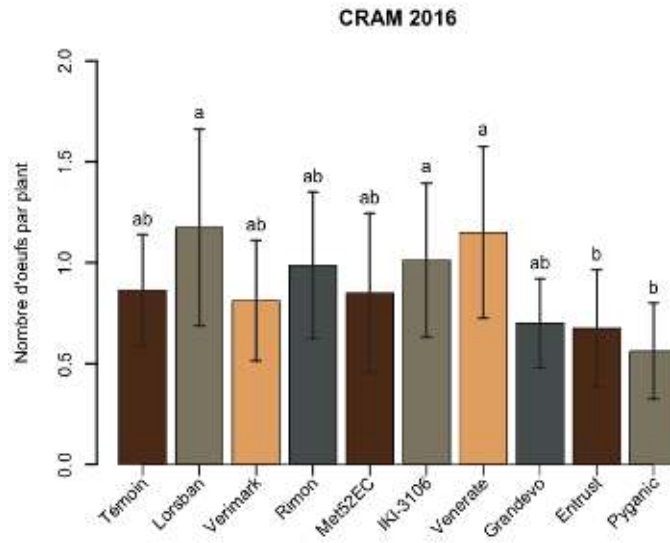


Figure 1 : Nombre d'oeufs de la mouche du chou lors du dépistage pour le site d'Oka.

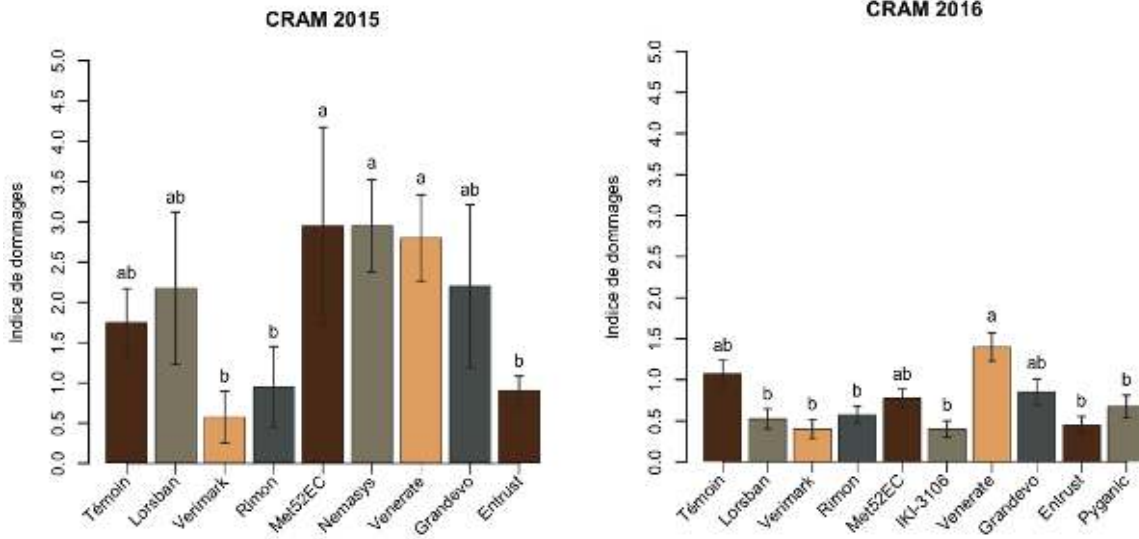


Figure 2 : Indice de dommages aux racines de brocolis à la mi-saison pour le site d'Oka.

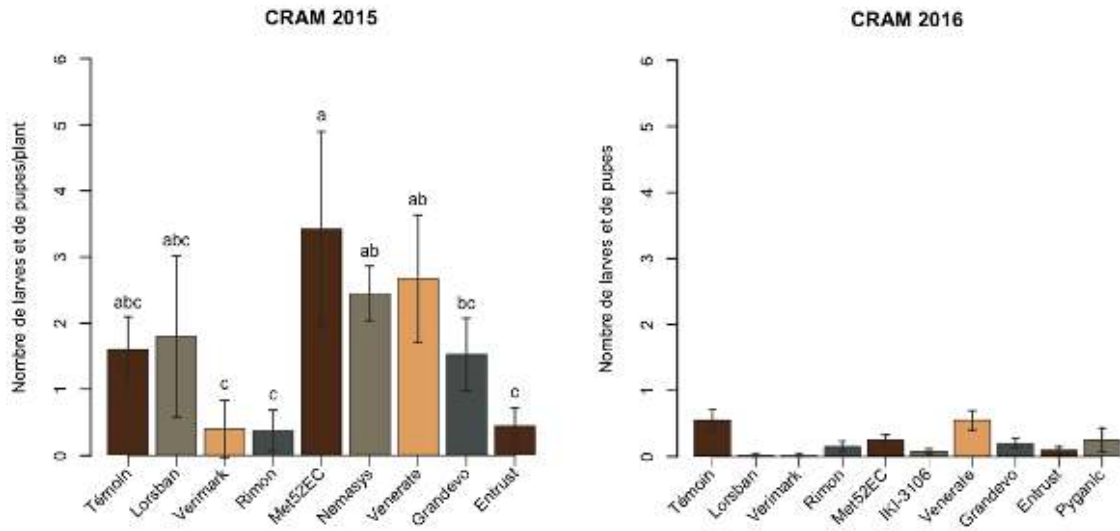


Figure 3 : Le nombre de larves/pupes par plant à la mi-saison pour le site d'Oka.

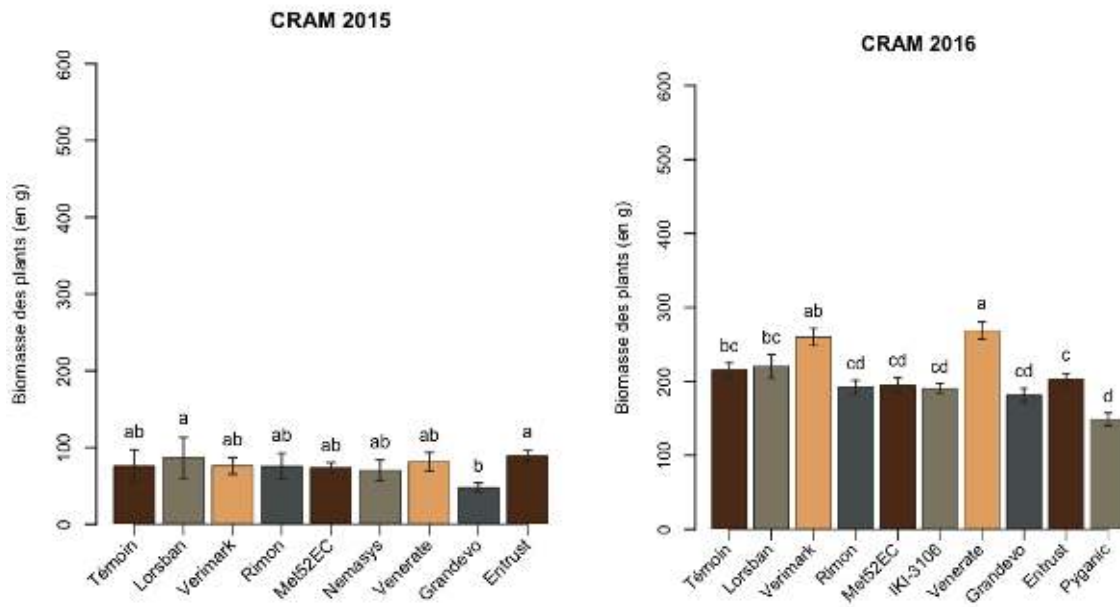


Figure 4 : Biomasse des plants de brocolis à la mi-saison pour le site d'Oka.

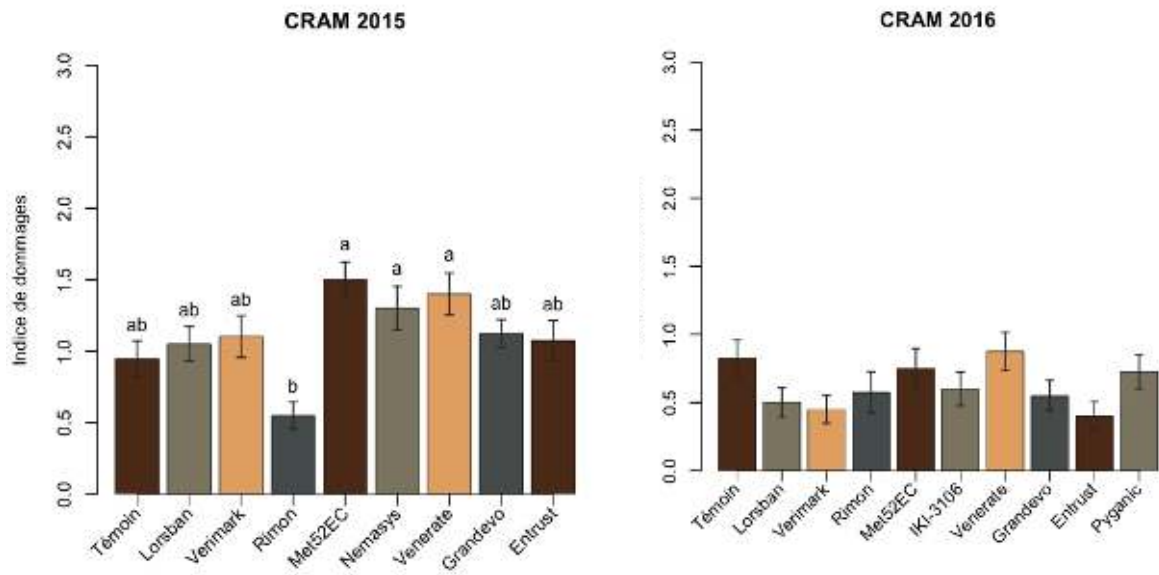


Figure 5 : Indice de dommages aux racines à la récolte pour le site d'Oka.

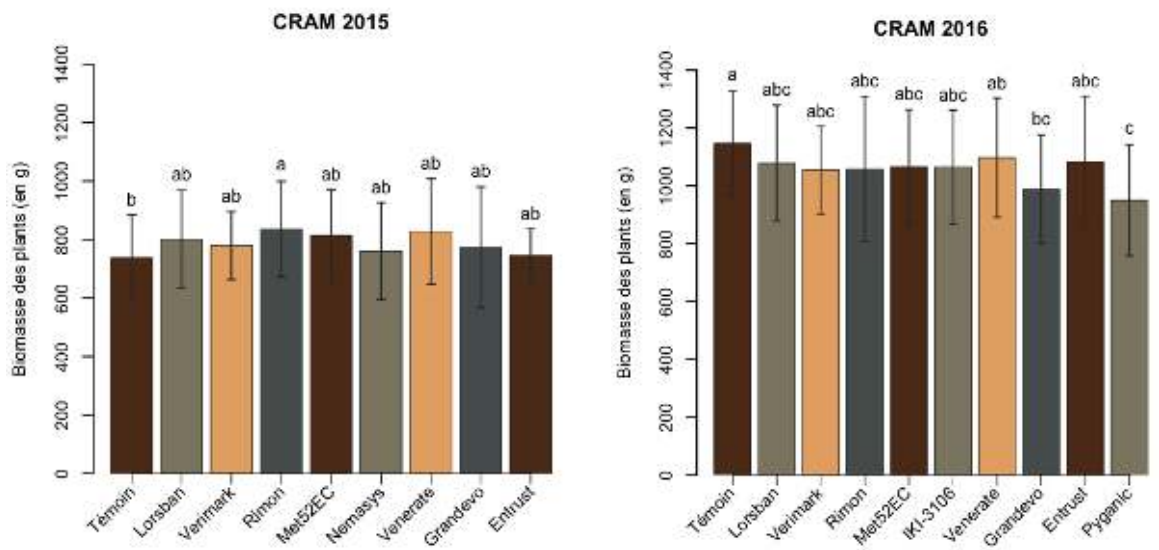


Figure 6 : Biomasse des plants de brocolis à la récolte pour le site d'Oka.

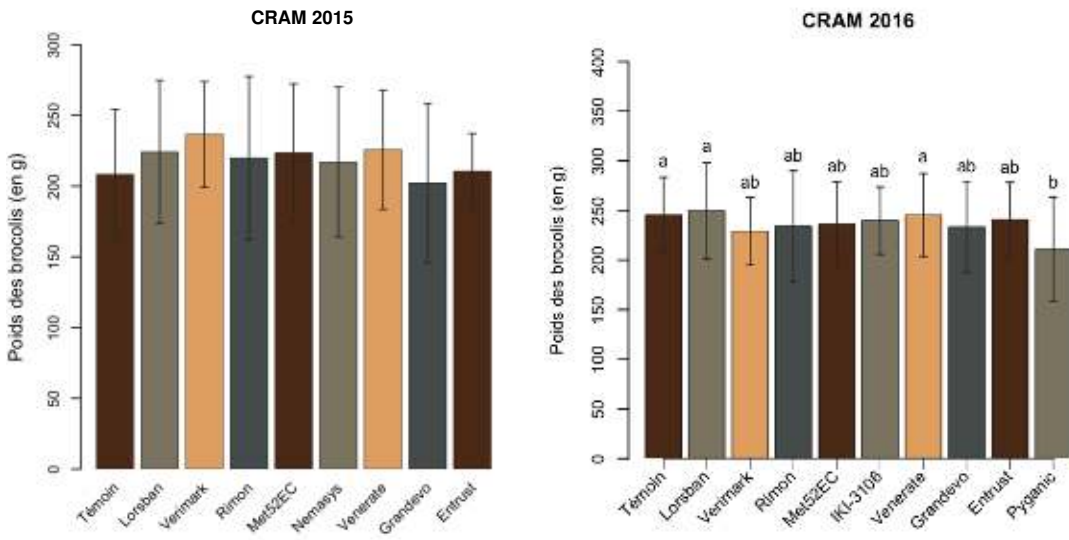


Figure 7 : Poids des brocolis commercialisables à la récolte pour le site d’Oka.

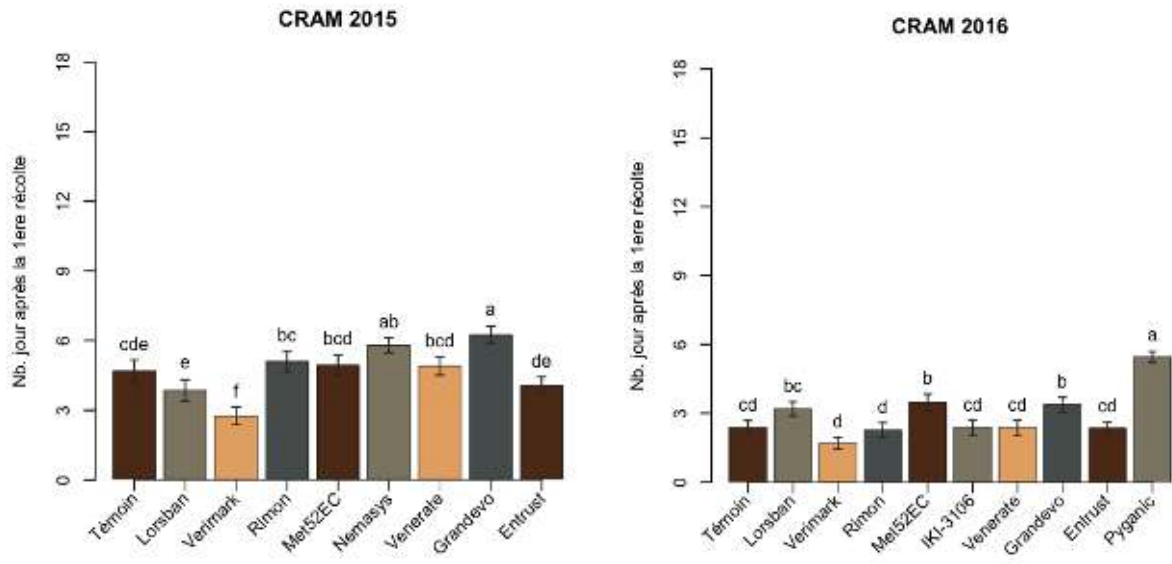


Figure 8 : Date de récolte pour le site d’Oka.

Résultats de la mi-saison sur le site de Lavaltrie 2015-2016

En 2015, au site de Lavaltrie, de 17 à 75 % des plants dépistés se sont avérés porteurs d'œufs de la mouche du chou au fil des semaines, avec de 0,22 à 3,86 œufs par plant en moyenne. La pression exercée par la mouche du chou fut donc relativement élevée et suffisante pour les besoins de l'essai. En 2016, c'est seulement dans les parcelles contenant les plants traités avec Verimark que le nombre moyen d'œufs par plant s'est avéré statistiquement inférieur aux parcelles non traitées (Figure 9) ($LRT = 47,94$; $df = 9$; $p < 0,0001$). La raison expliquant la ponte moins active de la mouche du chou dans ces parcelles est inconnue, mais puisque cet effet ne s'est pas manifesté au site d'essai d'Oka, il est risqué d'en tirer des conclusions. La pression exercée par la mouche du chou dans les parcelles des autres traitements était statistiquement similaire à celle retrouvée dans le Témoin non traité. Les autres produits appliqués en bassinage, de même que le Lorsban appliqué en drench, ne semblent donc pas posséder d'effet attractif ou répulsif envers la mouche du chou.

En 2015, la sévérité des dommages aux racines de brocolis à la mi-saison était significativement inférieure dans les parcelles traitées avec le Lorsban comparativement au Témoin, mais aussi par rapport aux parcelles traitées avec le Met52EC, Nemasys, Venerate et Entrust (Figure 10) ($F_{8, 27} = 5,76$; $p = 0,0003$). Le Lorsban est donc le seul traitement qui a été en mesure de protéger adéquatement les plants des dommages causés par les larves de la mouche du chou. En 2016, seuls les traitements Lorsban, Verimark et IKI-3106 ont été en mesure de réduire significativement la sévérité des dommages de mouche du chou aux racines comparativement au Témoin non traité. Par contre, il faut considérer que la pression de la mouche du chou semble avoir été plus faible dans les parcelles traitées avec Verimark, ce qui réduit assurément la possibilité d'avoir des dommages causés par les larves au niveau des racines. La sévérité des dommages observés sur les plants traités avec Rimon s'est avérée semblable à celle notée sur les plants traités avec Lorsban, Verimark et IKI-3106. Cependant, elle ne différait pas significativement de la sévérité notée sur les plants non traités. Ce résultat suggère une certaine efficacité de la part du Rimon envers les larves de la mouche du chou, mais les analyses statistiques n'ont pas été en mesure de l'établir avec certitude. Tous les autres traitements étudiés n'ont pas été en mesure de réduire la sévérité des dommages causés par la mouche du chou aux racines ($LRT = 83,02$; $df = 9$; $p < 0,0001$).

En 2015, le nombre d'individus de mouche du chou (larves et pupes) retrouvé sur les racines des plants à la mi-saison était similaire dans tous les traitements (Figure 11) ($F_{8, 27} = 1,70$; $p = 0,14$). Il faut aussi noter que les populations de mouche du chou étaient moindres en 2015 qu'en 2016. En 2016, le nombre de larves et de pupes de *Delia* s'est avéré significativement plus faible sur les plants traités avec les produits Lorsban, Rimon et IKI-3106 comparativement au Témoin (non traité) (Figure 11) ($F = 9,70$; $df = 9$; $p < 0,0001$). Le nombre de spécimens de *Delia* retrouvés dans les plants ayant reçu ces traitements insecticides était statistiquement similaire. Alors que le Verimark a été en mesure de réduire significativement les dommages causés par la mouche du chou aux racines, le nombre d'individus de *Delia* retrouvé s'est avéré comparable à celui retrouvé dans le Témoin non traité. Les autres

traitements étudiés n'ont pas été en mesure de réduire le nombre de larves et de pupes de *Delia* retrouvé dans la zone racinaire des plants comparativement au Témoin non traité.

Le poids des plants de brocolis à la mi-saison a grandement varié d'une année à l'autre. En 2015, aucun traitement n'a permis d'obtenir une biomasse des plants de brocolis statistiquement différente du traitement Témoin (Figure 12) ($F_{8, 27} = 2,49$; $p = 0,04$). Cependant, les traitements Lorsban et Verimark ont produit des plants de brocolis plus gros que ceux traités avec le Grandevo. La phytotoxicité produite par les applications de Rimon et de Grandevo ne semble donc pas avoir eu un impact significatif sur la croissance des plants.

En 2016, les plants traités avec Verimark sont les seuls qui possédaient une biomasse moyenne significativement supérieure à la biomasse des plants non traités (Témoin) ($F_{9, 390} = 14,5$; $p < 0,0001$). Le traitement IKI-3106 a produit de la phytotoxicité sévère sur plus de 80 % des plants suite à l'application, ce qui a engendré un retard de croissance notable. Ce retard de croissance semble se traduire par une biomasse foliaire des plants statistiquement plus faible que celle des plants non traités. De légers symptômes de phytotoxicité ont également été observés sur les plants traités avec Rimon et Pyganic. Cependant, la biomasse foliaire produite par les plants traités avec ces produits s'est avérée similaire à celle des plants non traités et ceux traités avec Lorsban. La dose de 410 ml/ha de Rimon utilisée en bassinage des transplants paraît donc plus sécuritaire pour la culture que la dose de 820 ml/ha testée en 2015, de par l'intensité des symptômes de phytotoxicité observés. Cependant, pour les deux doses, la phytotoxicité n'a pas été suffisante pour engendrer un retard de croissance significatif sur les plants. Concernant le Grandevo les changements de dose et de formulation effectués en 2016 ont eu pour effet d'éliminer les symptômes de phytotoxicité sur le site d'essai de Lavaltrie.

Aussi, lors des deux années d'essais, les plants traités avec Lorsban présentaient un poids moyen similaire aux plants ne recevant pas de traitement insecticide. Hors, puisque ce traitement s'est avéré en mesure de réduire de façon significative les dommages causés par les larves de la mouche du chou aux racines, on peut se questionner sur l'effet réel de ces dommages sur la croissance des plants de brocoli et la production de biomasse foliaire.

Résultats de la récolte sur le site de Lavaltrie 2015-2016

En 2015, seules les racines des plants ayant été traités avec Lorsban présentaient un indice de dommage significativement inférieur à celui observé dans les plants non traités à la récolte (Figure 13) ($LRT = 40,47$; $df = 8$; $p < 0,0001$). La protection qui était offerte à la mi-saison semble donc avoir été maintenue toute la saison. Pour 2016, le même constat s'applique. La protection contre les dommages de la mouche du chou que les traitements Verimark et IKI-3106 avaient offerte à la mi-saison semble s'être estompée au fil du temps.

En 2015, la biomasse foliaire des plants de brocolis à la récolte était significativement plus élevée pour les plants traités avec Entrust et Verimark comparativement au Témoin non traité

(Figure 14) ($F = 6,30$; $p < 0,0001$). Les différences de biomasse foliaire ne semblent pas être occasionnées par une protection face aux dommages de la mouche du chou. La biomasse foliaire des plants traités avec les autres produits s'est avérée comparable à celle des plants non traités. Dans le cas des produits Rimon et Grandevo, on peut donc supposer que les symptômes de phytotoxicité observés en début de saison suite à l'application des produits en bassinage n'ont pas été suffisants pour entraver sérieusement la croissance des plants.

En 2016, aucune différence significative n'a pu être mise en évidence entre la biomasse des plants traités avec les divers insecticides et celui des plants non traités (Témoin). Toutefois, la biomasse des plants traités avec le Lorsban était plus faible que celle des plants traités avec Verimark (Figure 14) ($F = 4,44$; $p < 0,0001$). Encore une fois, les différences de biomasse foliaire semblent peu reliées aux dommages des larves de la mouche du chou aux racines. En effet, la biomasse foliaire des plants non traités est statistiquement comparable à celle des plants traités avec Lorsban, alors que ces derniers présentaient moins de dommages aux racines à la mi-saison et à la récolte. Dans le cas des produits Rimon et IKI-3106, la biomasse foliaire des plants ne semble pas avoir été influencée de façon significative par la phytotoxicité observée en début de saison.

En 2015, les brocolis commercialisables issus des parcelles traitées avec Entrust présentaient un poids supérieur à ceux provenant des plants non traités (Figure 15) ($F = 4,97$; $p < 0,0001$). Le poids des brocolis provenant des parcelles recevant les autres traitements insecticides s'est avéré similaire entre eux ainsi qu'avec ceux des parcelles témoin non traité. Le poids des brocolis des parcelles traitées avec Entrust était aussi supérieur à ceux des plants traités avec le Rimon, Met52EC, Nemasys et Grandevo. La biomasse à la récolte et le poids des brocolis supérieur observés dans les parcelles traitées avec Entrust ne sont probablement pas le fruit d'une protection accrue face aux dommages causés par les larves de la mouche du chou, comme en témoignent les données obtenues lors des évaluations de dommages sur les racines.

En 2016, des différences significatives entre le poids des brocolis ont été notées entre le traitement Met52EC, qui avait un poids plus faible comparativement aux brocolis traités avec Verimark, Rimon, Venerate et Entrust (Figure 15) ($F = 3,65$; $p = 0,0002$). Par contre, aucun des traitements insecticides étudiés n'a été en mesure d'influencer significativement le poids moyen des brocolis commercialisables comparativement au Témoin non traité.

En 2015, les brocolis issus des plants traités avec Lorsban, Verimark, Nemasys, Venerate et Entrust ont été récoltés significativement plus tôt que les brocolis provenant des parcelles Témoin non traitées (Figure 16) ($LRT = 191,15$; $df = 8$; $p < 0,0001$). Les récoltes les plus hâtives ont été observées dans les parcelles traitées avec Entrust et Verimark. La récolte a été plus tardive dans les parcelles traitées avec Lorsban comparativement aux parcelles traitées avec Verimark et Entrust. Hormis pour le traitement Lorsban, le seul ayant offert une protection aux racines jusqu'à la fin de la saison, il est difficile de relier directement le gain de maturité des brocolis avec la réduction des dommages de la mouche du chou aux racines.

Pour les traitements Nemasys et Venerate, le fait que ces produits ont engendré une récolte plus hâtive est intrigante. Peut-être que les produits ont influencé d'autres mécanismes non documentés dans le cadre de ce projet. Enfin, la récolte a été significativement retardée dans les parcelles traitées avec Grandevo comparativement aux parcelles non traitées. Les plants traités avec ce produit semblaient donc avoir été en mesure de reprendre une croissance normale après le choc causé par l'application du produit (mesure de biomasse foliaire), mais la phytotoxicité a peut-être retardé le développement des inflorescences.

En 2016, seuls les plants ayant été traités avec Verimark ont été en mesure de produire une récolte significativement plus hâtive que celle observée dans les parcelles Témoin non traitées (Figure 16)(LRT = 127,98; df = 9; p < 0,0001). Les traitements Rimon et Entrust ont engendré une période de récolte intermédiaire, statistiquement similaire à la fois aux parcelles non traitées et à celle procurée par le traitement Verimark. De façon générale, la récolte a été beaucoup plus uniforme sur ce site d'essai en 2016 comparativement à la saison 2015. Ceci fait en sorte que la période de récolte pour les différents traitements s'est avérée plus courte. Encore une fois, il est difficile de relier directement le gain de jours avant la maturité des brocolis avec la réduction des dommages de la mouche du chou aux racines.

Certaines observations supplémentaires ont été faites lors des deux années d'essais. Nous avons observé que le Verimark et l'Entrust semblent avoir offert une certaine protection aux plants contre les dommages d'altises et de chenilles défoliatrices (piéride du chou et fausse-teigne des crucifères) grâce à la l'apparence d'un effet systémique. En effet, en 2015, la translocation des produits Verimark et Entrust des racines au feuillage semble avoir diminué l'incidence et la sévérité des dommages d'alimentation de chenilles défoliatrices, ce qui pourrait avoir favorisé la production de biomasse par les plants jusqu'à la récolte. Aussi, nous avons remarqué en 2015 que les plants traités avec Entrust ont produit des brocolis de poids supérieur au témoin non traité. Ce poids supérieur pourrait lui aussi être la conséquence d'une protection face aux dommages causés par d'autres ravageurs. En 2016, les plants traités avec Verimark paraissaient plus vigoureux, ce qui semble s'être traduit par une biomasse foliaire plus imposante comparativement aux autres traitements à la mi-saison. Aussi, on peut supposer que les plants ont été en mesure d'allouer plus de ressources à la production des inflorescences, ce qui s'est traduit par un gain de précocité pour les plants traités avec Verimark (2015 et 2016) et Entrust (2015 seulement).

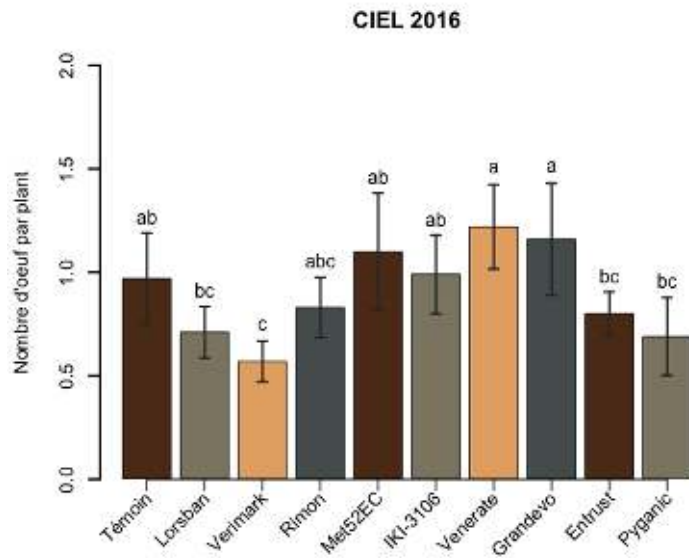


Figure 9 : Nombre d'œufs de la mouche du chou lors du dépistage au champ pour le site de Lavaltrie

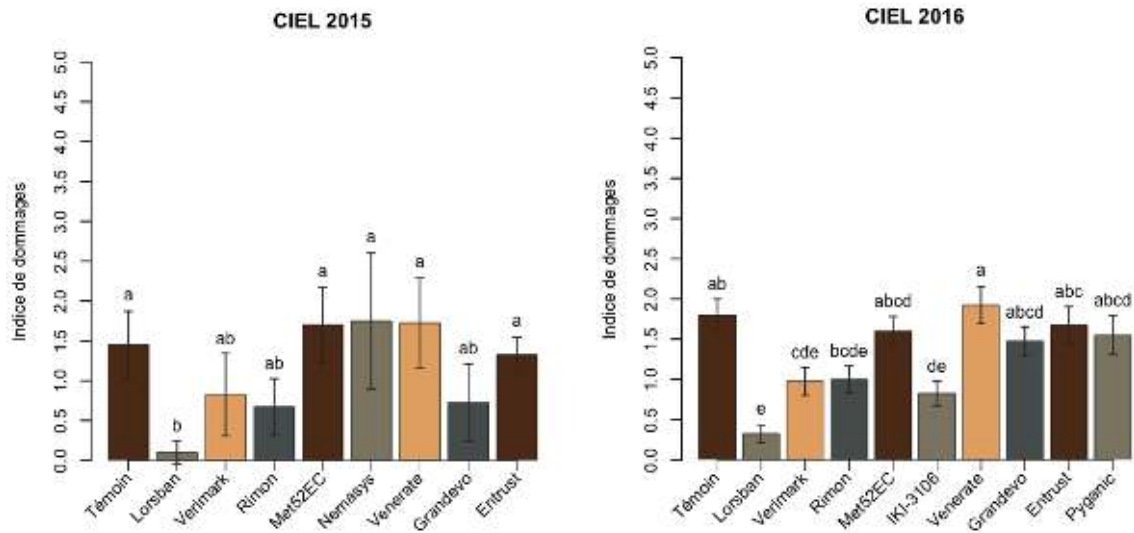


Figure 10 : Indice de dommages à la mi-saison pour le site de Lavaltrie.

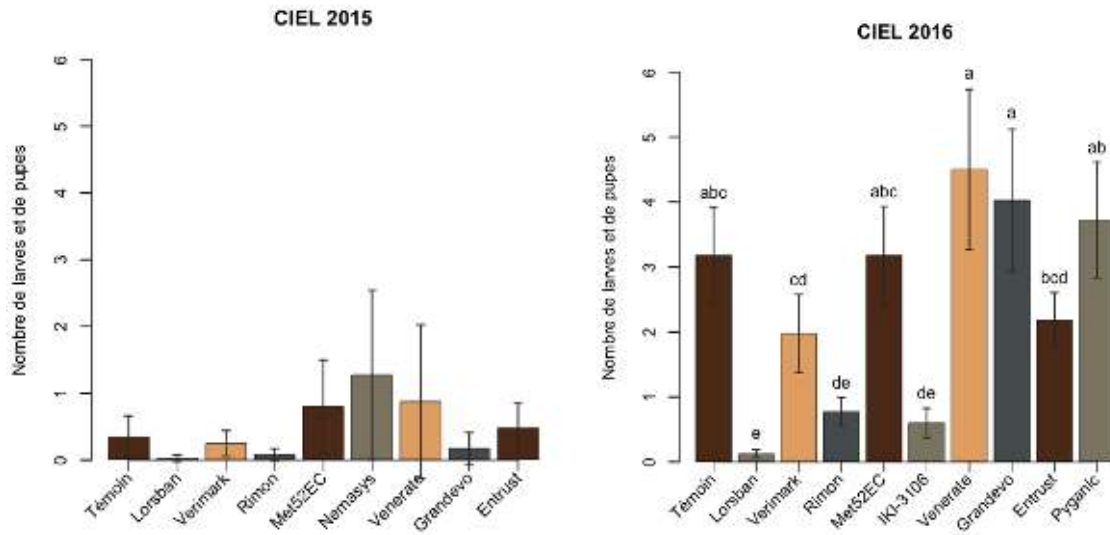


Figure 11 : Nombre de larves/pupes par plant à la mi-saison pour le site de Lavaltrie.

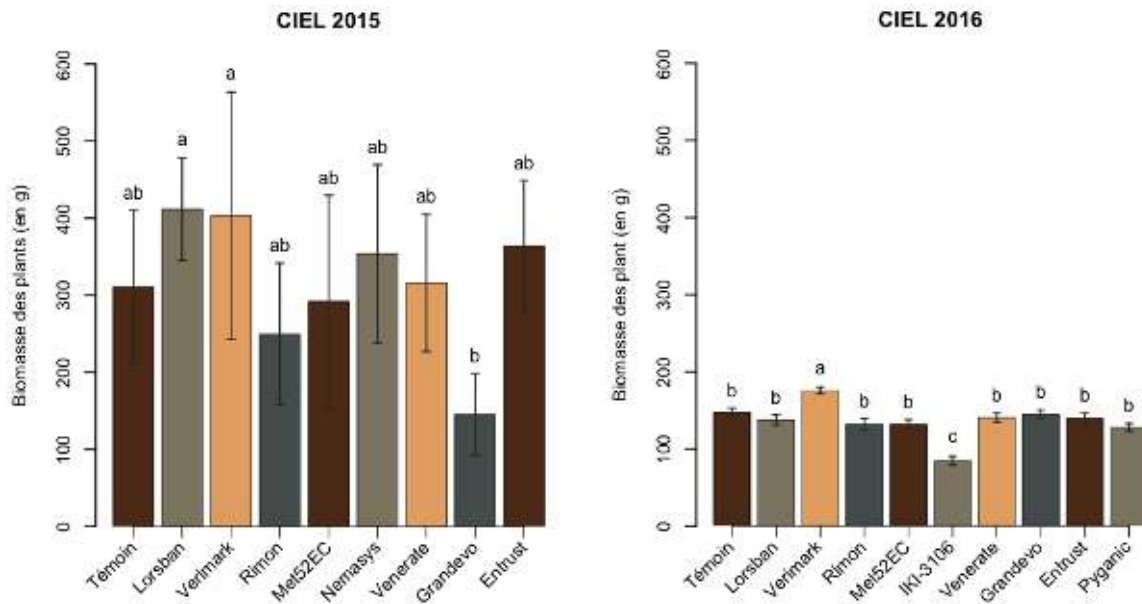


Figure 12 : Biomasse des plants de brocolis à la mi-saison pour le site de Lavaltrie.

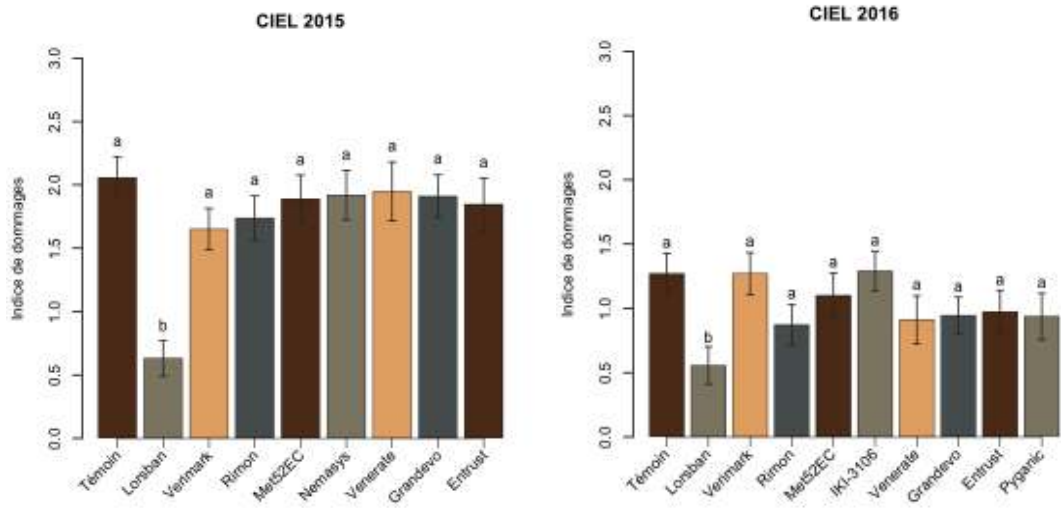


Figure 13 : Indice de dommage à la récolte pour le site de Lavaltrie.

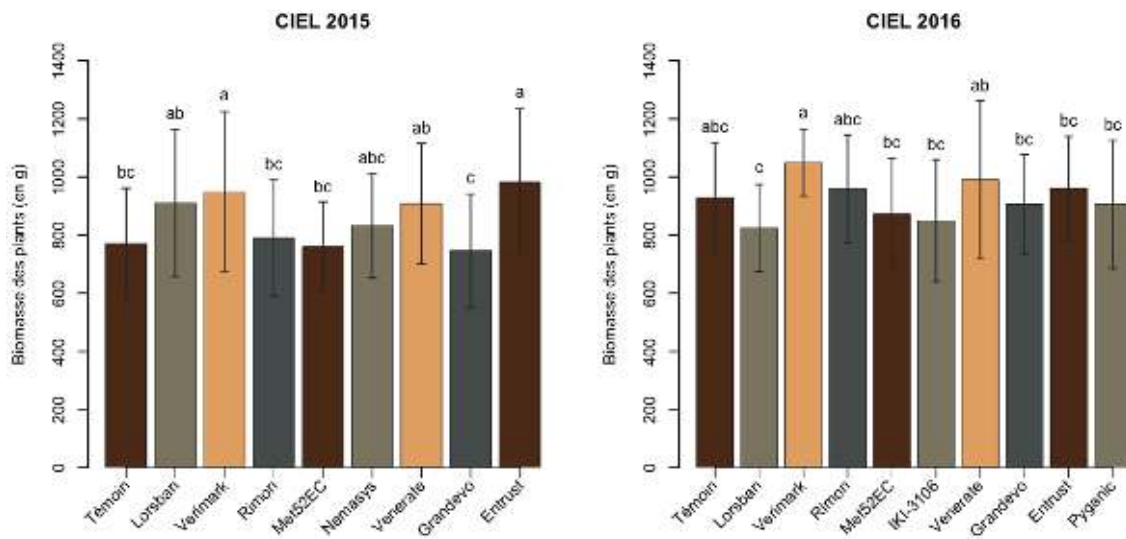


Figure 14 : Biomasse à la récolte pour le site de Lavaltrie

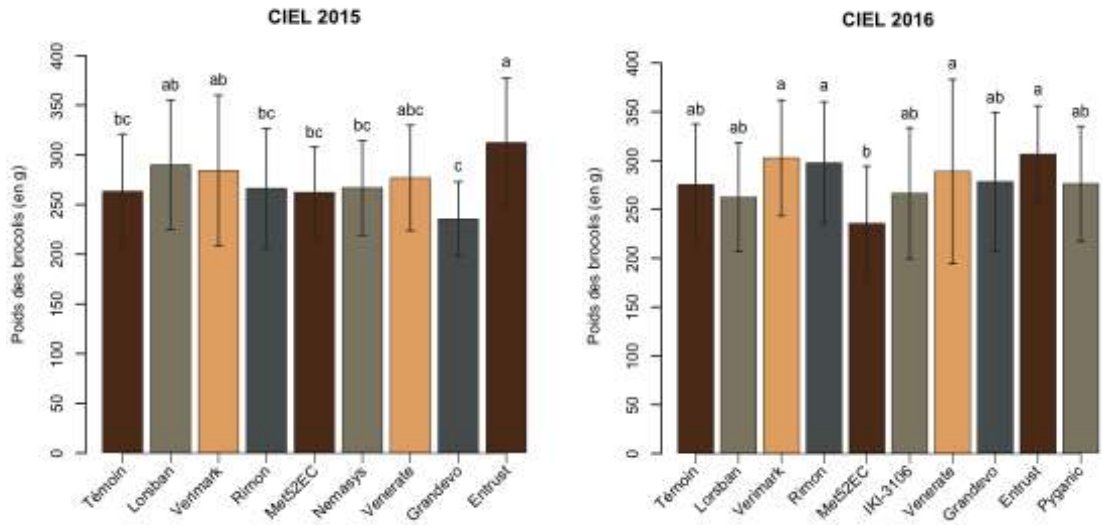


Figure 15 : Poids des brocolis à la récolte pour le site de Lavaltrie.

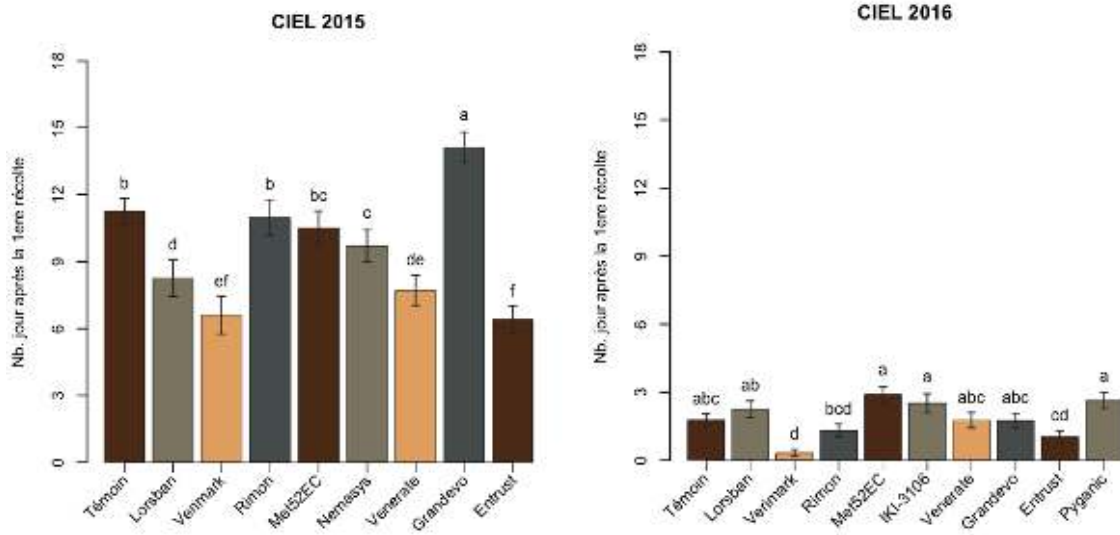


Figure 16 : Date de récolte pour le site de Lavaltrie.

DIFFUSION DES RÉSULTATS

Une affiche a été présentée à la Réunion annuelle conjointe de la Société entomologique du Québec et de la Société entomologique du Canada (SEQ/SEC 2015) qui a eu lieu entre le 8 et le 11 novembre 2015 à Montréal (Annexe 2).

Les résultats de l'année 2015 ont été transmis aux participants (producteurs, conseillers et représentants) lors d'une conférence à la journée maraîchère du 20 janvier 2016 qui s'est tenue à St-Eustache lors des Journées Agroalimentaires des Laurentides organisées par le MAPAQ. La présentation Power Point présentée lors de cet événement est disponible sur le site d'Agri-réseau et accessible avec le lien qui suit :

<https://www.agrireseau.net/documents/92123/evaluation-de-biopesticides-en-bassinage-des-transplants-contre-la-mouche-du-chou-delia-radicum?r=mouche+du+chou> (Annexe 3).

Des résultats ont aussi été présentés lors des Rencontres du bilan de saison crucifères organisées par le RAP crucifère à Trois-Rivières le 26 novembre 2015 et le 23 novembre 2016.

Ce rapport final sera aussi déposé sur le site internet du CRAM et Agriréseau.

APPLICATIONS POSSIBLES POUR L'INDUSTRIE

Les résultats obtenus démontrent que la technique du bassinage des transplants possède un faible potentiel de lutte contre la mouche du chou, du moins avec les produits testés dans les essais. En effet, les produits Met52EC, Nemasys, Venerate, Grandevo et Pyganic se sont tous avérés inaptes à bien protéger les racines contre les dommages causés par les larves de *D. radicum*. Aussi, les applications d'Entrust en bassinage des transplants pour lutter contre la mouche du chou ont démontré un faible effet sur le site d'Oka mais se sont avérées inefficaces au site de Lavaltrie. Ceci est plutôt surprenant considérant que le produit est homologué pour cet usage au Canada depuis quelques années. Nos résultats indiquent également que les produits Verimark, Rimon et IKI-3106 semblent posséder un potentiel limité pour lutter contre la mouche du chou avec cette technique d'application. L'efficacité de ces produits à protéger les racines semble faible, inconstante et peu durable dans le temps. En effet, la performance des produits mentionnés a différé selon les sites d'essais. De plus, le niveau de protection offert par ces produits contre les dommages sur les racines est moins équivoque que celui conféré par le Lorsban, du moins pour le site d'essai de Lavaltrie. Aussi, les effets remarquables à la mi-saison s'estompent et semblent expirés une fois les plants rendus à maturité. Enfin, l'apparence d'efficacité des produits envers la mouche du chou est parfois trompeuse, car d'autres mécanismes semblent influencer les paramètres documentés, tels que la présence de symptômes de phytotoxicité, d'une protection contre d'autres ravageurs ou l'intensité variable de la ponte de la mouche du chou. De plus, l'ensemble des données recueillies nous fait questionner sur l'impact réel des larves de la mouche du chou sur la culture du brocoli et le niveau de tolérance de la culture, du moins avec le niveau de pression observé sur les sites d'essais.

L'application de produits en bassinage des transplants pour lutter contre la mouche du chou est une méthode prometteuse comportant de nombreux avantages. Le développement d'alternative à l'utilisation du chlorpyrifos permettrait à court terme d'éliminer les résidus nuisibles pour la santé des organismes aquatiques qui ruissellent dans les cours d'eau, dont le ruisseau Rousse. En plus de l'utilisation de produits alternatifs, la technique de bassinage permettrait de réduire presque totalement la dérive puisque le traitement se fait directement sur les plateaux des plantules et non en plein champ (Annexe 4). La méthode de bassinage serait facilement adaptable par tous les producteurs de crucifères cultivés pour leurs feuilles ou leurs fleurs et pourrait aussi établir les prémices pouvant permettre le développement d'une nouvelle stratégie de lutte contre la mouche du chou dans les cultures de crucifères à racines tubéreuses telle que le rutabaga. La quantité de produits utilisée dans la technique de bassinage par rapport à l'utilisation en plein champ demande à être étudiée et pourrait permettre une diminution des dosages et ainsi une diminution des coûts de production. Cependant, à la lumière des résultats obtenus dans le cadre de cet essai, des efforts de recherche supplémentaires seront requis afin de déterminer des produits et des doses à la fois efficaces et sécuritaires pour la culture.

Par ailleurs, l'absence d'efficacité du Lorsban sur les sites d'essai d'Oka vient démontrer encore une fois la pertinence d'effectuer des projets comme celui que nous avons réalisé. Certains intervenants du secteur se questionnent depuis plusieurs années sur la possible présence de mécanismes de résistance de la part de la mouche du chou face au chlorpyrifos. Notre projet ne peut le confirmer, mais cette hypothétique résistance pourrait peut-être expliquer l'inefficacité du Lorsban au site d'Oka. La piètre performance du chlorpyrifos sur ce site pourrait aussi être reliée au type de sol, ce qui reflète les difficultés inhérentes à son utilisation adéquate. Nous croyons que la contamination des eaux de surface par cet insecticide préjudiciable pour la santé et pour l'environnement est une situation qui mérite qu'on y accorde davantage d'efforts de recherche.

REMERCIEMENTS AUX PARTENAIRES FINANCIERS

Nous tenons à remercier les équipes du CRAM et du CIEL pour l'assistance technique sur le terrain. Nous tenons à souligner l'apport technique et l'expertise que Mme Lucie Caron et Mélissa Gagnon, agronomes au MAPAQ, ont apportés au projet. Nous voulons aussi à remercier Dr. Claude Guertin, INRS-Institut-Armand-Frappier, pour l'appui scientifique apporté au projet. Nous remercions L'Association des producteurs maraîchers du Québec qui a apporté son appui au projet. Ce projet a été réalisé en vertu du sous-volet 3.1 – Approche régionale et interrégionale du programme Prime-Vert 2013-2018 du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec.

RÉFÉRENCES

Dosdall L.M., Herbut M.J. et N.T. Cowle. 1994. Susceptibilities of species and cultivars of canola and mustard to infestation by root maggots (*Delia* spp.) (Diptera: Anthomyiidae). Canadian Entomologist 126: 251-260.

Annexe 1

Tableaux des différents traitements lors des deux années de l'essai

APPLICATION EN BASSINAGE DES TRANSPLANTS 2015				
# T	Produit	Matière active	Type d'insecticide	Dose utilisée
T1	non-traité	-		-
T2	Met 52 EC	<i>M. anisopliae</i> F52	Champignon	5 L/1000 L d'eau
T3	Rimon 10 EC	novaluron	Synthèse	820 ml/ha
T4	Verimark	cyantraniliprole	Synthèse	1 L/ha
T5	Nemasys	<i>Steinernema feltiae</i>	Nématodes	70 000 ném./plant
T6	Venerate	Burkholderia spp. souche A396	Bactérie	18 L/ha
T7	Grandevo	Chromobacterium subsugae souche PRAA4-1	Bactérie	3 kg/ha
T8	Entrust SC	spinosad	Toxine bactérienne	25 ml/1000 plants
APPLICATION EN DRENCH AU CHAMP				
T9	Lorsban 4E	chlorpyrifos	Synthèse	1,68 L/1000 L

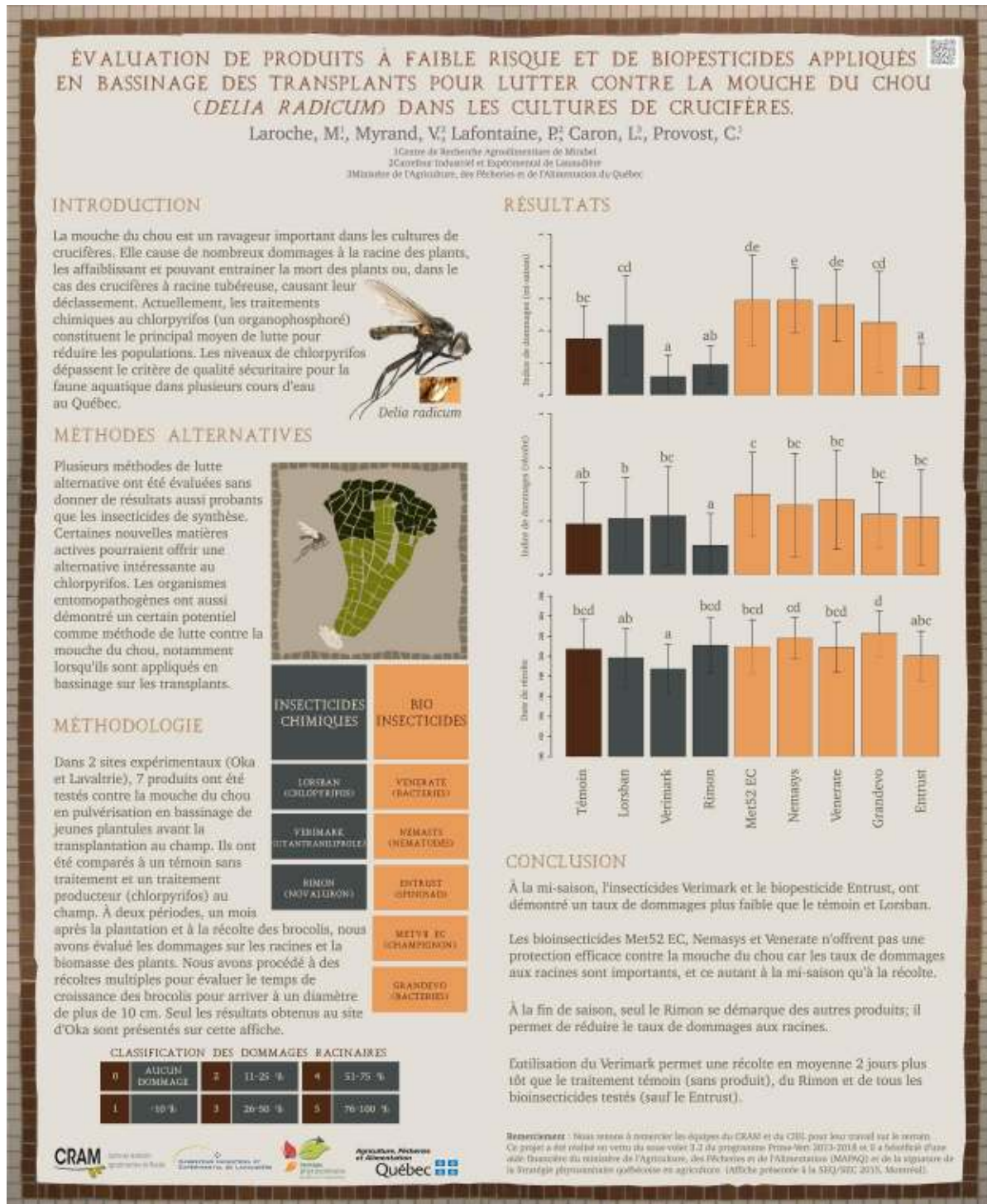
APPLICATION EN BASSINAGE DES TRANSPLANTS 2016					
# T	Produit	Matière active	Type d'insecticide	Dose utilisée	changements en deuxième année du projet
T1	non-traité	-		-	aucun
T2	Met 52 EC	<i>M. anisopliae</i> F52	Champignon	10,8 L/1000 L d'eau	nouvelle dose
T3	Rimon 10 EC	novaluron	Synthèse	410 ml/ha	nouvelle dose
T4	Verimark	cyantraniliprole	Synthèse	1,70 L/ha	nouvelle dose
T5	IKI-3106 50SL	cyclaniliprole	Synthèse	1,61 L/ha	nouveau produit
T6	Venerate	Burkholderia spp. souche A396	Bactérie	18 L/1000 L d'eau	nouvelle dose
T7	Grandevo	Chromobacterium subsugae souche PRAA4-1	Bactérie	6 kg/1000 L d'eau	nouvelle formulation et dose
T8	Pyganic 1.4 EC	pyréthre	Extrait végétal	4,65 L/ha	nouveau produit
T9	Entrust SC	spinosad	Toxine bactérienne	25 ml/1000 plants	aucun
APPLICATION EN DRENCH AU CHAMP					
T10	Lorsban 4E	chlorpyrifos	Synthèse	1,68 L/1000 L	aucun

Calcul basé pour 40,000 plants de brocolis par hectare

Selon l'étiquette d'Entrust, 2 litres de bouillie pour 1000 plants suivi de 2 litres d'eau pour 1000 plants

Annexe 2

Affiche présentée à la Réunion annuelle conjointe de la Société entomologique du Québec et de la Société entomologique du Canada (SEQ/SEC 2015) du 8 au 11 novembre 2015



Annexe 3

Présentation des résultats 2015 lors des Journées Agroalimentaires des Laurentides du 20 janvier 2016

ÉVALUATION DE BIOPESTICIDES EN BASSINAGE DES TRANSPLANTS CONTRE LA MOUCHE DU CHOU (*DELIA RADICUM*).

Manon Laroche, agronome CRAM



Crédit photo: Joseph Moisan-De Serres, MAPAQ

REMERCIEMENTS

Caroline Provost, PhD., directrice-chercheuse
Maud Lemay ainsi qu'à tous les étudiantes et étudiants
François Dumont, PhD., professionnel de recherche et statistiques



Pierre Lafontaine, agr. PhD., chercheur
Vincent Myrand, agr. MSc, professionnel de recherche



Lucie Caron, agr., MAPAQ de Blainville



Claude Guertin, PhD., INRS Institut Armand Frappier



Soutien financier:

Ce projet a été réalisé grâce à une aide financière du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, dans le cadre du programme Prime-Vert, sous-volet 3.1 de la Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture



Annexe 4

Technique de traitement en bassinage sur les jeunes plantules avant la plantation



Annexe 5

Photo 1 : phytotoxicité provoquée par le traitement Rimon sur les jeunes plantules



Photo 2 : phytotoxicité provoquée par le traitement Venerate sur les plantules

