

Recherche et développement de biopesticides et pesticides naturels à faible toxicité pour les organismes non ciblés et respectueux de l'environnement –

Rapport synthèse – Volet Entomologie

Projet PARDE # 3333.52.02.01

Présenté au

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec (MDDEP)

Exécuté par

Université Laval

Sophie Rochefort, agr. M.Sc.

Renée Lalancette, agr. M.Sc.

Roselyne Labbé, biol., M.Sc.

Jacques Brodeur, Ph.D.

Mise en page par

Horti-Protection inc.

Johanne Caron

2006

LES CONCLUSIONS ET OPINIONS FORMULÉES DANS CE RAPPORT SONT CELLES DES CHERCHEURS ET CHERCHEURES IMPLIQUÉS. ELLES NE CONSTITUENT EN RIEN UNE PRISE DE POSITION DU MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS DU QUÉBEC

LA PROBLÉMATIQUE ET OBJECTIFS DE RECHERCHE

La récente publication du Rapport Cousineau sur l'utilisation des pesticides en milieu urbain dresse un bilan fort éloquent de la problématique inhérente à l'utilisation des produits de synthèse à des fins phytosanitaires. Alors que les conclusions du rapport décrivent sans équivoque la perception négative de la population québécoise à l'égard des pesticides, ces mêmes conclusions relatent de façon tout aussi péremptoire le manque d'alternatives propres à diminuer la dépendance du secteur agricole envers les pesticides. Ces alternatives, que l'on peut définir ici sous le vocable générique de biopesticides, tardent à s'implanter sur le marché et demeurent en grande partie des solutions de rechange souhaitées plutôt que réelles.

Plusieurs facteurs expliquent la disparité qui persiste entre le désaveu des pesticides chimiques et l'accessibilité à des produits plus respectueux de l'environnement au Canada. De façon plus particulière mais non-exhaustive, les raisons suivantes sont les plus souvent évoquées :

La production commerciale des biopesticides

La formulation des biopesticides

L'efficacité des biopesticides

Le financement de la recherche sur les biopesticides

L'homologation des biopesticides auprès de l'agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA)

De fait, la problématique actuelle ne réside plus tant dans la découverte de nouveaux agents de lutte biologique, mais plutôt dans le développement et la mise en marché de produits ou organismes pour lesquels la recherche scientifique a déjà fait état du potentiel prometteur au Canada. À titre d'exemple, l'Environmental Protection Agency (EPA), l'homologue américain de l'ARLA, recense plus de 50 biopesticides naturels et à base de micro-organismes disponibles commercialement (http://www.epa.gov/pesticides/biopesticides/ai/all_ais.htm). Cette situation indique clairement que le Québec pourrait se doter assez rapidement d'outils de lutte biologique efficaces dans la mesure où quelques-uns des produits homologués aux États-Unis devenaient disponibles au Canada sur la base d'une autorisation par l'ARLA.

On peut ainsi se questionner à juste titre sur les raisons de l'inéquation du développement du marché des biopesticides aux États-Unis par rapport à la stagnation apparente du même marché au Canada. Une compréhension de la réglementation offre les premiers éléments de réponse. Contrairement à l'ARLA, l'EPA (sauf pour la Californie qui a son propre système d'évaluation) n'exige pas de tests d'efficacité dans son processus de révision. On peut ainsi homologuer un biopesticide sur la base unique de son innocuité pour la santé humaine et l'environnement sans faire la preuve de son efficacité sous les différentes conditions pour lesquelles le produit pourrait être appelé à être utilisé. Au contraire, l'ARLA requiert que l'on fasse la démonstration du potentiel pesticide du produit et ce, sur plusieurs saisons et pour toutes les régions géographiques particulières du Canada. Cette exigence entraîne des coûts additionnels énormes pour les compagnies, coûts qui bien souvent ne justifient pas l'espérance du marché. Par contre, ces mêmes compagnies expriment spontanément leur intérêt à créer des alliances stratégiques avec des chercheurs canadiens dans le but d'obtenir les données d'efficacité nécessaires à l'homologation de leurs produits. De même, plusieurs chercheurs et compagnies au Québec ont découvert et développé des micro-organismes et des produits naturels pouvant servir de biopesticides, mais se trouvent confrontés aux exigences longues et onéreuses imposées par l'ARLA. Dans ce contexte, leurs efforts pourraient être facilités par une participation à regroupement des forces actives dans la recherche et le développement des biopesticides au Québec, objectif spécifique que ce projet cherche à réaliser.

Le marché des biopesticides

Considérant toutes les raisons invoquées précédemment, il est clair que le marché des biopesticides est à l'état embryonnaire; la proportion des biopesticides vendus versus les pesticides chimiques n'atteint que 0.25%. Conséquemment, le marché est encore fragile et non-éprouvé. Il devient donc important de le stimuler et de l'alimenter à l'aide de données scientifiques rigoureuses propres à favoriser la confiance des utilisateurs éventuels et de l'ARLA. Incidemment, plusieurs projets de recherche ou produits en développement ont été abandonnés au fil des ans parce que les promoteurs avaient mal établi l'ampleur du marché dans leur plan d'affaires. L'erreur la plus commune réside dans une surévaluation du marché et du potentiel d'utilisation. Il est important de se rappeler que la plupart des biopesticides sont composés d'organismes vivants qui ont un spectre relativement restreint de ravageurs cibles ainsi que de température et d'humidité relative à l'intérieur duquel ils agissent de façon optimale. Pour cette raison, il est utopique d'envisager qu'un biopesticide donné sera efficace dans toutes les conditions, contre tous les ravageurs, sur toutes les cultures et pour tous les systèmes agricoles. Dans un récent article de synthèse publié dans la prestigieuse revue *Annual Review of Phytopathology*, Paulitz et Bélanger (2001) décrivent la démarche inhérente à accroître les chances de succès de la mise en marché d'un biopesticide. Se référant au succès de la lutte biologique contre les insectes en serre, les auteurs concluent que dans une première approche, les produits devraient être utilisés dans les conditions où les chances de succès sont optimales i.e. dans un environnement propice tel les productions serricoles. Cette recommandation est particulièrement judicieuse dans la mesure où il est important de rapporter des cas de succès et d'efficacité si on veut que les biopesticides soient acceptés par les producteurs. À titre d'exemple, certains produits comme AQ-10® (Ecogen Inc.) ayant démontré un excellent niveau de succès en serre ont échoué dans le cadre d'applications au champ ce qui a eu pour résultat de miner la crédibilité du produit à tous les niveaux. C'est pourquoi dans le cadre de ce projet, les demandeurs veulent 1) identifier les meilleurs candidats et 2) les meilleures conditions d'application afin de favoriser une approche qui optimisera l'efficacité des biopesticides testés et d'assurer leur transition rapide sur le marché.

OBJECTIFS DE RECHERCHE

L'objectif général du présent projet est de réaliser les étapes requises de recherche et développement devant mener à la mise en marché des biopesticides les plus prometteurs pour les systèmes agricoles du Québec. Les objectifs spécifiques suivants seront abordés:

- 1) Sélectionner huit biopesticides (microorganismes ou produits naturels) les plus susceptibles d'être commercialisés au Québec dans un échéancier de trois ans. Par susceptible on entend les produits qui sont soit déjà homologués aux États-Unis et au Canada ou en voie de le devenir, ainsi que les produits développés au Québec qui ont déjà des acquis de succès potentiel.
- 2) Sélectionner les systèmes agricoles les plus adaptés pour l'utilisation des biopesticides retenus en 1). Par système agricole, on entend soit une culture particulière ou un système cultural particulier avec un ou des agents pathogènes ou ravageurs spécifiques.
- 3) Faire les études de laboratoire nécessaires pour compléter certaines exigences d'homologation des produits sélectionnés en 1). Ces études porteront le cas échéant sur : 1) la mise à l'échelle de la production massive du produit; 2) la formulation du produit; 3) la compréhension du mode d'action du produit; 4) la compatibilité du produit envers les produits conventionnels phytosanitaires utilisés dans les systèmes agricoles retenus pour les essais.

- 4) Obtenir les permis de recherche nécessaires auprès de l'ARLA pour la réalisation des études sur le terrain avec les biopesticides choisis.
- 5) Réaliser des tests d'efficacité des biopesticides sur au moins deux saisons selon les normes établies par l'ARLA dans les systèmes agricoles retenus en 2).
- 6) Comparer l'efficacité des biopesticides avec les systèmes conventionnels (pesticides) ainsi qu'entre les biopesticides sélectionnés s'attaquant au même problème phytosanitaire.
- 7) Déterminer les rendements des cultures sélectionnés en 2) sous traitement biopesticides versus pesticide chimiques.

DESCRIPTION DES TRAVAUX

Phase 1 : R & D en laboratoire et mise à l'échelle

Étape 1 : Sélection des biopesticides

Activité 1 : Revue de littérature sur les bioinsecticides FACIN (extraits de plantes), LIMAX (*Bacillus brevis*), Spinosad (*Saccharopolyspora spinosa*), Botanigard (*Beauveria bassiana*)

Phase 2 et 3 : Essais sur le terrain

Étape 1 : Les bioinsecticides

Activité 1. FACIN

Activité 2. BIOPROTEC, LIMAX

Activité 3. SPINOSAD et autres produits

Activité 4. BOTANIGARD et autres produits

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Phase 1 : R & D en laboratoire et mise à l'échelle

Étape 1 : Sélection des biopesticides

Activité 1 : Revue de littérature sur les bioinsecticides

La lutte biologique aux insectes ravageurs des plantes et vecteurs de maladies a progressé rapidement au cours des trois dernières décennies. Son succès est manifeste principalement en milieu forestier où les insecticides de synthèse ne sont désormais plus autorisés au Québec suite au développement de biopesticides à base de *Bacillus thuringiensis* (Bt), dans les productions de légumes de serre, où l'ensemble des insectes ravageurs sont contrôlés par des agents de lutte biologique, et pour la répression des insectes piqueurs en milieu urbain et récréatif également à l'aide du Bt. De nouveaux biopesticides sont nécessaires pour compléter l'arsenal requis dans les productions en serre, notamment pour solutionner les problèmes dans les cultures ornementales, et pour fournir une alternative biologique dans les cultures en champ. Ce dernier secteur est une cible privilégiée des chercheurs et des compagnies oeuvrant au développement de biopesticides. Les superficies en culture, les quantités de pesticides utilisés, les risques pour l'environnement et des considérations économiques justifient l'intérêt grandissant pour les cultures en champ. Les produits suivants sont à notre avis à la fois prometteurs de par leur efficacité, sujets à l'approbation de l'ARLA et pouvant être rapidement commercialisés au Québec.

FACIN : La compagnie canadienne Codena inc. développe actuellement un nouveau biopesticide botanique, le FACIN. Dans un premier temps, ce produit vise le marché des plantes ornementales en serre et vise à réprimer les populations de pucerons, de thrips et de tétranyques à deux points.

BOTANIGARD : BotaniGard est un biopesticide à base du champignon entomopathogène *Beauveria bassiana*. Il a été développé aux Etats-Unis par Mycotech Corporation et est actuellement distribué par plusieurs entreprises. BotaniGard est un produit qui a déjà fait ses preuves dans les cultures fruitières, maraîchères et ornementales où il contribue à réprimer les populations de nombreuses espèces d'insectes ravageurs d'importance, notamment les pucerons, les thrips, les punaises, les mouches blanches, les charançons. Botanigard est également un biopesticide à fort potentiel en milieu urbain.

SPINOSAD : Le Spinosad est dérivé de la fermentation d'un champignon actinomycète que l'on retrouve naturellement dans le sol, *Saccharopolyspora spinosa*. C'est un produit qui agit à la fois par contact et suite à son ingestion. Il a un spectre d'action relativement vaste incluant les lépidoptères, les thrips, les mineuses et certains coléoptères. Aux Etats-Unis il est commercialisé par Dow Agrosiences et disponible dans plus d'une centaine de cultures. Au Canada, le Spinosad est homologué pour le contrôle, entre autres, des lépidoptères dans les vergers de pommiers. Le Spinosad est classifié par l'ARLA comme un 'produit à risque réduit'.

BIOPROTEC: La compagnie québécoise AEF Global développe différents biopesticides à base de Bt. Le Bioprotec 3P vise le contrôle biologique des tordeuses et autres chenilles dans la vigne tandis que le Bioprotec 3P et le Bioprotec CAF s'attaquent à la pyrale du maïs dans le maïs sucré. Ces produits ont obtenu leur homologation pour le Canada en 2004. Le **LIMAX** est développé pour lutter contre la limace grise, un problème majeur dans le blé et les fraises et autres cultures maraîchères.

Étape 2 : Les bioinsecticides

Activité 1. FACIN

Les essais réalisés en parcelles expérimentales avaient pour objectif d'évaluer les effets du bioinsecticide FACIN de Codena inc. sur des organismes bénéfiques du sol en milieu urbain. Le FACIN en micro-émulsion est un bioinsecticide en voie d'homologation dont les effets sont reconnus dans la lutte contre la punaise velue et le ver blanc, ravageurs du gazon. On retrouve parmi les organismes non visés reconnus par l'ARLA pour les études de toxicité les vers de terre, qui ont une grande influence sur la fertilité du sol et d'autres insectes prédateurs comme les carabes. La présente étude présente les résultats des effets du FACIN sur l'abondance et la diversité des vers de terre et des carabes.

FACIN vs les lombriciens

Les lombriciens sont couramment utilisés dans les études écotoxicologiques. Leurs effets sur la fertilité du sol, fort bien documentés, ainsi que leur sensibilité aux changements édaphiques et aux interventions humaines font d'eux des bioindicateurs pertinents dans l'évaluation de la qualité d'un sol ou de la toxicité d'un produit. Plusieurs méthodes ont été élaborées pour estimer les populations de lombriciens dans le sol comme le prélèvement manuel, le lavage du sol ou l'utilisation du courant électrique. Une autre méthode, l'extraction chimique, est retenue dans le cadre de cet essai et consiste à utiliser une solution de formaldéhyde pour faire émerger les vers de terre du sol. Cette méthode est non destructive et les populations de lombriciens extraites sont suffisamment importantes pour que la méthode soit jugée la plus appropriée pour ce genre d'essai.

Quatre traitements ont été appliqués sur les parcelles expérimentales de l'Université Laval. Deux traitements avec le bioinsecticide FACIN à différentes doses, un traitement avec un insecticide homologué, le SEVIN et un traitement avec de l'eau. Au site du Domaine Catarauqui, six traitements ont été comparés. Quatre traitements avec le FACIN, à différentes doses et différentes quantités de bouillie, un traitement avec le SEVIN et un traitement avec de l'eau.

L'abondance des lombriciens a été mesurée au neuvième et au quarantième jour suivant l'application des traitements. Les paramètres qui ont servi à évaluer l'abondance des lombriciens dans le sol sont le nombre total de vers et leur masse fraîche (g) total pour un échantillon. Ils sont récoltés, comptés et la masse fraîche de chaque échantillon est mesurée.

Les analyses statistiques n'ont révélé aucune différence significative ou aucune tendance entre les traitements avec le FACIN, le SEVIN et l'eau. Il est à noter que la variabilité pour chaque traitement est importante. Donc, avec la méthode utilisée, l'application de FACIN ou de SEVIN n'entraîne pas de diminution ou d'augmentation des populations de lombriciens dans le sol.

Au domaine Catarauqui des différences significatives pour un paramètre ont été enregistrées. Il s'agit des données associées au nombre de lombriciens au quarantième jour après l'application des traitements. Une quantité de vers de terre plus élevée a été extraite dans les parcelles traitées avec l'eau et le traitement FACIN avec une plus petite quantité de bouillie. Cependant, puisque les analyses statistiques n'ont portées que sur deux blocs et qu'aucune différence significative n'a été décelée pour les autres paramètres, on considère qu'en général, il n'y a pas eu d'effets sur les populations de lombriciens par les différents traitements. Peu de lombriciens ont été extraits des blocs 1 et 2, c'est la raison pour laquelle ils n'ont pas été considérés dans les analyses.

En résumé, dans les conditions actuelles et avec les méthodes utilisées, le traitement des parcelles avec le SEVIN ou le FACIN n'a pas eu de répercussions notables sur les populations de lombriciens, que ce soit pour sur le site de l'Université Laval ou le site du domaine Cataragui. Dans l'élaboration de nouveaux essais sur le terrain, on devrait considérer certains facteurs. Premièrement, les populations de lombriciens varient considérablement dans le sol. L'abondance des lombriciens varie selon les conditions physiques, chimiques et biologiques du sol. Il se peut que d'une parcelle à une autre, les conditions varient légèrement, ce qui peut faire varier les populations de vers de terre. L'âge moyen des individus varie également d'un espace à l'autre. Des études démontrent que pour deux espèces de lombriciens, les quantités varient selon l'âge moyen des vers de terre. De plus, les lombriciens plus jeunes sont plus difficiles à observer. Il serait tout à fait pertinent de procéder à un échantillonnage avant la mise en place du dispositif, dans le but de juger de la qualité du site en terme de population de lombricien et au jour 1 après l'application des traitements.

Deuxièmement, il n'y a pas eu d'irrigation à la suite des traitements. Les lombriciens, particulièrement les anéciques comme *Lumbricus terrestris* que l'on retrouve principalement sur les sites, descendent en profondeur. On pourrait penser à augmenter la quantité de bouillie utilisée dans les traitements pour favoriser la descente des produits dans le sol. Peut-être augmenterions-nous ainsi les chances de contact entre les lombriciens et les produits.

FACIN vs les carabes

Les carabes sont des insectes prédateurs à la surface du sol. Ils sont reconnus pour être des bioindicateurs pour mesurer les impacts d'une intervention sur le sol. Ils sont mobiles, colonisent tous les types de sols, sont sensibles aux changements de leurs habitats et étant des prédateurs polyphages, leur activité a des répercussion sur plusieurs autres organismes. La méthode des pièges-fosses est utilisée pour l'échantillonnage des carabes. Les arthropodes de surfaces sont prélevés une semaine suivant l'insertion des pièges. Ils sont alors placés sur un tamis et nettoyés. Les carabes sont ensuite dénombrés et identifiés à l'espèce.

Deux essais sur le site de l'usine de traitement des eaux à Beauport ont été réalisés. Puisqu'uniquement trois carabes ont été prélevés dans les pièges fosses au cours de l'essai mené à l'automne 2004, les données n'ont pas été considérées. Aucune différence significative entre les traitements n'a été révélée par les analyses statistiques. Néanmoins, le deuxième prélèvement des carabes (au 32^{ème} jour) révèle une certaine tendance même si elle n'est pas significative. Les parcelles traitées avec la plus faible dose de FACIN et davantage avec l'eau ont présenté des quantités de carabes légèrement supérieures aux parcelles traitées avec le FACIN à plus haute dose et avec le SEVIN. Les espèces principalement retrouvées dans les pièges fosses sept jours après l'application des traitements sont *Clivina fossor*, *Dyschirius globulosus* et *Amara aenea*. Au 32^{ème} jour, on retrouvait principalement les espèces *Clivina fossor*, *Harpalus affinis* et *Agonum mulleri*.

Les essais portant sur l'effet du FACIN sur les organismes bénéfiques du sol n'ont pas permis de déceler des différences entre les traitements avec le FACIN, le SEVIN et l'eau que ce soit pour l'abondance des lombriciens ou l'abondance des carabes.

Activité 2. Bioprotec, Limax

La compagnie AEF Global inc. n'a pas effectué d'essais supplémentaires avec les produits Bioprotec CAF (ARLA #26854) et Bioprotec 3P (ARLA #27750) puisqu'elle a obtenu leur homologation en 2003 et 2004 respectivement. Pour le produit LIMAX, la compagnie n'a pas obtenu les permis requis de l'ARLA.

Activité 3. Spinosad et autres produits

La punaise velue, *Blissus leucopterus hirtus* est un insecte piqueur-suceur s'attaquant aux graminées à gazon et qui peut engendrer des dommages importants aux pelouses résidentielles, commerciales et municipales. Des essais avec des insecticides à faible toxicité et d'origine naturelle ont été réalisés en laboratoire sur la punaise velue. Pour la plupart des produits utilisés dans cette étude, aucune donnée rigoureuse n'était disponible quant à leur efficacité vis-à-vis la punaise velue. Les produits utilisés dans la présente étude ont été sélectionnés selon leur niveau potentiel d'efficacité contre la punaise velue ainsi que leur disponibilité sur le marché québécois.

Le savon à vaisselle est également reconnu pour son action insecticide, mais jusqu'à présent, peu de données rigoureuses étaient disponibles quant à son efficacité sur la punaise velue ainsi que sur la concentration optimale à utiliser dans une solution. Huit concentrations différentes de savon ont été testées. Nous avons ajouté à cette série de tests, un témoin positif, c'est-à-dire un insecticide de synthèse, le diazinon, qui est couramment utilisé dans les pelouses résidentielles pour lutter contre la punaise velue.

Le pyrèthre naturel est actuellement utilisé pour lutter contre plusieurs insectes ravageurs des plantes ornementales, tant à l'extérieur qu'à l'intérieur. Le TROUNCE est un insecticide à base de pyrèthre et d'acides gras, et est actuellement disponible sur le marché québécois.

Nous avons aussi ajouté un autre produit, le Spinosad (CONSERVE®). Le Spinosad est un mélange d'un groupe de molécules antiparasitaires appelées spinosynes qui sont produites par une nouvelle espèce d'actinomycètes, le *Saccharopolyspora spinosa*. En 2006, il sera possible d'utiliser le Spinosad sur les terrains résidentiels et commerciaux selon le Code de gestion des pesticides du Ministère de l'environnement du Québec. Toutefois, ce produit est homologué pour lutter contre les pyrales des prés et non pas contre la punaise velue.

Pour ce qui est des concentrations utilisées, dans le cas du savon à vaisselle, nous avons retenue celles ayant permis d'obtenir une grande mortalité de punaises, sans occasionner de phytotoxicité sur les graminées à gazon. Pour le TROUNCE, la concentration recommandée sur l'étiquette fut utilisée, mais également une concentration plus élevée soit une fois et demie la dose recommandée. Enfin, les concentrations de Spinosad choisies correspondent à 3,5 et 4,4 fois la dose recommandée pour lutter contre les pyrales des prés.

L'efficacité du savon à vaisselle à deux concentrations (5 et 10%) sur la punaise velue a été comparée au diazinon et à un traitement à l'eau. Dès les premières 24 heures suivant le traitement, on observe une mortalité moyenne des punaises velues de plus de 55% et de 80% pour les concentrations 5% et 10% respectivement. Le savon à vaisselle est un produit efficace et qui agit rapidement sur la punaise velue. Aucune différence significative n'a été démontrée entre la concentration de 5 et 10% pour le savon à vaisselle. Il en est de même entre le traitement au diazinon et le témoin-eau et ce, pour les 10 jours suivants le traitement.

L'effet du TROUNCE, produit à base de pyrèthre, sur la punaise velue était moins marqué 24 heures après le traitement lorsque celui-ci était utilisé à la dose recommandée sur l'étiquette pour lutter contre d'autres insectes. La dose la plus élevée de TROUNCE (1,5 fois la dose recommandée) a permis d'obtenir une mortalité élevée (65%) et ce rapidement (24 heures après le traitement). Ce niveau de mortalité est d'ailleurs significativement plus élevé que le TROUNCE 1X, le diazinon et l'eau, 24 et 48 heures après le traitement. Par la suite, soit trois jours après le traitement jusqu'à la fin de l'expérimentation, il n'y a plus de différence significative entre les deux doses de TROUNCE, les deux atteignant un niveau d'efficacité de 65% et plus.

Pour le CONSERVE (Spinosad), des doses élevées ont été utilisées afin de savoir si effectivement il pouvait y avoir une activité contre la punaise velue. Les effets du Spinosad sont un peu plus longs à se manifester (3 jours après le traitement) comparativement au savon à vaisselle et au TROUNCE. La concentration plus élevée du CONSERVE a permis d'atteindre 80% de mortalité alors que la concentration la plus faible a atteint entre 60-65% de mortalité, mais ce tardivement (7 jours après le traitement). Il n'y avait pas de différence significative entre le CONSERVE 3,5X et 4,4X, ainsi qu'entre le CONSERVE 3,5X et le diazinon.

Finalement, les produits qui ont permis d'atteindre 60% et plus de mortalité après 48 heures sont : le savon à vaisselle (5 et 10%) et le TROUNCE à 1,5 fois la dose recommandée sur l'étiquette.

Ces tests en laboratoire ont permis d'obtenir des données préliminaires mais importantes sur plusieurs produits dont l'efficacité n'avait jusqu'alors pas été évaluée pour la punaise velue. Il a également été possible dans certains cas, de déterminer les concentrations optimales à utiliser pour obtenir un maximum d'efficacité en conditions de laboratoire. Cependant, plusieurs des produits testés sont sensibles aux rayons ultraviolets et sont par le fait même rapidement dégradés lorsque appliqués à l'extérieur. Des tests sur le terrain devront donc être réalisés dans le futur afin de vérifier l'efficacité des doses et des produits en condition naturelle.

Activité 4. Botanigard

Le développement de programmes de contrôle biologiques efficaces dans lesquels les prédateurs sont intégrés avec d'autres ennemis naturels comme les parasitoïdes et les entomopathogènes exige une compréhension de leurs interactions. Dans cette étude, nous avons examiné dans quelle mesure le prédateur omnivore *Dicyphus hesperus*, un agent de contrôle biologique efficace contre l'aleurode des serres, accepte une proie parasitée par le parasitoïde spécialiste de la mouche blanche, *Encarsia formosa* ou infectée par le champignon généraliste, *Beauveria bassiana*. Lors d'expériences en laboratoire, nous avons mesuré comment le parasitisme et l'infection de l'aleurode des serres, *Trialeurodes vaporariorum*, en relation avec l'âge du parasitoïde et le développement de l'infection fongique, modifient la probabilité d'attaque et d'alimentation des prédateurs de deuxième stade larvaire ou adulte. L'incidence de prédation par *D. hesperus* était semblable pour les mouches blanches parasitées et non parasitées, indépendamment de l'âge du parasitoïde. Cependant, les prédateurs ont tendance à éviter de se nourrir des mouches blanches infectées, particulièrement quand les infections étaient caractérisées par la production d'oosporine ou d'hyphes à la surface de la proie.

Un débat en cours en lutte biologique concerne le rôle des interactions intragilde comment élément perturbateur du contrôle des ravageurs par déplacement d'ennemis naturels efficaces. Le contrôle biologique est l'une des stratégies les plus efficaces pour le contrôle de l'aleurode des serres, *Trialeurodes vaporariorum*. Cette étude examine les conséquences des interactions entre des ennemis naturels de l'aleurode des serres incluant le prédateur *Dicyphus hesperus*, le parasitoïde *Encarsia formosa* et le

champignon entomopathogène *Beauveria bassiana* sur les rendements de la tomate de serre. Notre objectif était de déterminer si *B. bassiana* perturbe le contrôle biologique réalisé par *D. hesperus* ou *E. formosa*. Dans des serres expérimentales, des populations d'aleurode des serres, du parasitoïde et des prédateurs ont été établies sur la culture de tomate. Dans des compartiments, trois applications de l'entomopathogène, à la dose de 5.13×10^3 conidies/mm², ont été faites pour une période de 27 jours. En général dans les compartiments traités avec *B. bassiana*, les populations de l'aleurode des serres étaient moindres que dans les compartiments témoins, et ni les populations de parasitoïdes ou de prédateurs n'étaient significativement réduites par le pathogène. Cependant, dans les compartiments traités avec *B. bassiana*, la prédation de l'aleurode des serres par *D. hesperus* a été substantiellement réduite.

BIENS LIVRABLES ET PERSPECTIVE

La réalisation de ce projet a permis d'enrichir nos connaissances en regard des bioinsecticides Facin, Limax, Botanigard et Spinosad. En conséquence, les biens livrables suivants ont été obtenus :

- ↳ -Revue de littérature sur chacun des bioinsecticides
- ↳ -Données scientifiques portant sur deux saisons sur l'efficacité des bioinsecticides étudiés
- ↳ -Évaluation comparative non - biaisée de l'efficacité de différents bioinsecticides et produits conventionnels revendiquant une cible commune
- ↳ -Données scientifiques des avantages et limites de l'utilisation des bioinsecticides versus les pesticides sur les rendements des productions testées
- ↳ -Définition de certains paramètres optimaux d'utilisation des bioinsecticides
- ↳ -Transfert des données scientifiques aux partenaires à des fins d'homologation des produits auprès de l'ARLA

L'emploi des bioinsecticides Facin, Limax, Botanigard et Spinosad, tel qu'ils sont disponibles actuellement, permettrait de :

- 1) Restreindre l'utilisation d'insecticides en agriculture : protection du consommateur et de l'environnement;
- 2) Favoriser le développement des plantes en l'absence de ravageurs dans les substrats (effet stimulant);
- 3) Survivre et se multiplier dans les substrats et le phylloplan pour toute la période de germination et de production des semis;
- 4) Offrir un contrôle efficace, *in vitro* et *in vivo*, contre la punaise velue
- 5) Se comporter de façon égale ou supérieure à un bioinsecticide actuellement homologué au Canada (ex. : Succes™);
- 6) Offrir un produit facile à manipuler, disponible sous forme de poudre mouillable ou liquide, pour les arrosages ou les incorporations directes au substrat;
- 7) Être d'utilisation sécuritaire en production commerciale (aucune nocivité pour les utilisateurs, l'environnement, le consommateur et les cultures).

RENSEIGNEMENTS

M. Jacques Brodeur, Ph.D., entomologiste

Département de phytologie - FSAA

Université Laval, Québec, Qc G1K 7P4

Téléphone : 418-656-2518

Télécopieur: 418-656-7856

Courriel : jacques.brodeur@plg.ulaval.ca