

Rapport final sur le projet de recherche

Date officielle de début du projet: 2007-04-01

Date projetée de fin du projet: 2010-03-31

Année fiscale sous révision: 2009-10

Date du rapport: 2010-03-15

N° du projet : RBPI 299, A02870, T.1206.RA (PPFI- AAFC)

Titre du projet : Lutte intégrée de la mouche du bleuete, *Rhagoletis mendax*: odeurs attractives sélectionnées de plantes et identification rapide des larves dans les fruits

Nom du chercheur principal (CP) : (AAC/Saint-Jean-sur-Richelieu)

Liste des collaborateurs (co-CP, AAC, autres) : Sonia Gaul (AAC/Kentville); Kenna MacKenzie (AAC/Kentville); Chris Buddle (McGill University); Agnieszka Kwasniewska (Etudiante M.Sc.- McGill University)

PO (priorité en science) : Environnement- Amélioration de la performance environnementale des systèmes agricoles canadiens

Alignement avec les résultats anticipés du plan d'action: 3- Elaborer des systèmes de production de cultures afin d'accroître la rentabilité des producteurs en réduisant les risques, en diminuant les coûts de production, puis en améliorant la durabilité économique et environnementale dans son ensemble

Source de fonds (nom et numéro) et code fonctionnel (CF) : PPFI

A. Réalisations du projet de recherche

- Bref résumé de: Introduction, analyse documentaire, objectifs et jalons

La production de bleuets est actuellement en expansion au Canada et, avec \$134 millions \$cdn en 2004 (sur 44000 ha), elle constitue maintenant la production horticole ayant la plus forte valeur au Canada. La plus forte production se fait dans l'est du Canada (Ont., Qc, N.-E., N.B. et TN). La mouche du bleuete, *Rhagoletis mendax* (Diptera : Tephritidae) (angl. Blueberry maggot), est actuellement l'insecte le plus important de cette culture car elle attaque directement les fruits. Comme les larves sont protégées dans les fruits, seules des pulvérisations dirigées contre les adultes sont utilisées comme moyen de lutte en bleuetières commerciales. Par ailleurs, l'aire de distribution de la mouche du bleuete est en expansion, notamment dans le sud du Québec et en Ontario. Pour l'instant, la région du Lac-Saint-Jean (Qc), une importante région productrice de bleuets du Canada, n'a pas la mouche et peut donc produire et exporter des fruits exempts de traitements insecticides, ce qui lui confère un avantage compétitif considérable. La perte de cet avantage constituerait également un nouveau problème environnemental considérable car, pour l'instant, les producteurs du Lac-Saint-Jean n'utilisent pas d'insecticides. Comme plusieurs espèces de plantes hôtes indigènes sont présentes sur l'ensemble du Québec, il est probable que la distribution actuelle de la mouche soit limitée par des conditions abiotiques, notamment des températures hivernales qui causeraient de fortes mortalités des pupes. Pour prévenir l'expansion de la mouche du bleuete, des mesures de quarantaines sont en place au niveau national et international.

- Approche/méthodologie (résumé par objectif)

Dans l'état actuel des technologies de lutte disponibles, la lutte contre cet insecte repose essentiellement sur l'utilisation d'insecticides agissant comme adulticides. A l'heure actuelle, les sels d'ammonium (retrouvés dans les pièges Pherocon AM) sont reconnus pour attirer les adultes. Des recherches que nous (SG, KMCK et CV) avons effectuées récemment ont conduit à l'identification de composés volatils issus de plantes hôtes indigènes de la mouche du bleuete, notamment *Vaccinium corymbosum*, *Vaccinium angustifolium* et *Gaylussacia baccata*. Plusieurs mélanges de ces composés volatils pourraient être efficaces en conjonction avec les pièges pour dépister les adultes de la mouche du bleuete. Comme il n'existe pas de méthode de piégeage efficace des adultes, un **premier objectif** de notre proposition est de trouver un mélange de composés volatils ayant une attractivité optimale pour le dépistage des adultes. Ces composés seront isolés à partir de fruits sauvages ou cultivés. Un **second objectif** consiste à définir l'aire de distribution potentielle de la mouche du bleuete dans l'est du Canada, notamment sa capacité à passer l'hiver. Cette capacité sera évaluée en déterminant le point de surfusion des pupes. Un **troisième objectif** est de développer une méthode d'identification rapide des larves dans les fruits afin que la détection des cargos de bleuets infestés se fasse de façon économique mais sans équivoque, de façon à ce que les réglementations concernant la quarantaine de cet insecte (au Canada, la mouche du bleuete est un insecte à déclaration obligatoire) puissent être appliquées de façon efficace.

- Résultats et analyse (aperçu par objectif et jalons)

Afin d'atteindre nos trois objectifs, nous proposons les huit activités suivantes:

Pour atteindre les objectifs 1, 2 et 3, nous devons faire l'activité A1.

A1- Collecte de pupes de mouche du bleuet en Nouvelle-Ecosse pour essais en laboratoire ou enceintes confinées à AAC-Kentville et AAC/Saint-Jean-sur-Richelieu.

Explications : Il convient de mentionner que l'on ne peut faire l'élevage continu de la mouche du bleuet. Des fruits infestés doivent être collectés en août et la puce doit effectuer une diapause obligatoire d'au moins trois mois en caveau. Les adultes sont alors disponibles pour faire des expériences en laboratoire. La collecte des fruits est faite en des régions fortement infestées, soit en Nouvelle-Ecosse (Au Québec, un suivi du développement des populations sera effectué par le dépistage des adultes dans les zones infestées connues). En date de août 2006, nous disposons, pour fins expérimentales, d'un stock de pupes collectées en août 2005 en Nouvelle-Ecosse. AAC-Kentville fera des envois de fruits à AAC/Saint-Jean-sur-Richelieu pour fins de bioessais en tunnel de vol.

Pour atteindre l'objectif 1, nous proposons de faire les activités A2, A3, A4 et A5.

A2- Poursuivre l'identification des substances volatiles du bleuet nain et en corymbe et autres plantes hôtes.

Explications : Pour réaliser une gestion plus efficace de la mouche du bleuet, nous proposons de développer des attractants appropriés pour cet insecte. Ce projet de recherche impliquerait donc la caractérisation chimique des composés volatils de fruits d'hôtes, lesquels auraient un fort pouvoir d'attraction sur les adultes. Les fruits seront collectés des bleuetiers nains commerciaux et des bleuetiers en corymbe à deux occasions, soit tôt en saison, une semaine après la première détection d'adultes de mouche du bleuet dans des pièges Pherocon AM; et en fin de saison, une semaine avant la récolte. De plus, les fruits seraient composés d'hôtes indigènes (*Vaccinium* sp., *Amelanchier* sp., *Gaylussacia* sp., *Cornus canadensis* et *Gaultheria procumbens*) dans des secteurs où les pièges auraient indiqué la présence de la mouche du bleuet. Les fruits (minimum 2 litres par site) seront collectés dans 10 sites par récolte pour des hôtes indigènes dans des sites non traités et 4 sites par récolte dans les sites commerciaux. Les substances volatiles des fruits seront extraites en employant plusieurs techniques (adsorption, l'extraction dissolvante, la distillation) pour assurer le recouvrement de plusieurs substances volatiles. Les extraits seront scellés et stockés à -80°C jusqu'à l'analyse à l'aide des techniques chromatographiques en phase gazeuse, la spectrométrie de masse, l'ionisation de flamme et la détection par électroantennogramme. Des composés chimiques seront identifiés employant des composés volatils standards connus et disponibles et une bibliothèque de base de données de spectrométrie de masse. Des extraits de plantes d'hôte complets et des mélanges synthétiques seront préparés pour l'utilisation lors de bioessais pour déterminer le pouvoir d'attraction relatif des extraits.

Comme *Vaccinium staminium* a été identifié comme un hôte primaire de *R. mendax* sur la plupart de son aire de distribution géographique, nous proposons d'analyser ses substances volatiles par chromatographie (head space) et par spectrographie de masse, ce qui servira de référence. Nous voulons aussi analyser les fruits de *Gaylussacia spp.*, un autre hôte sauvage important qui est largement distribué au Québec. Des recherches précédentes, incluant les nôtres, ont indiqué la présence de 1400 composés chimiques dans les fruits. Nous proposons de compiler une liste de composés communs à tous les plantes hôtes de *R. mendax*.

A3- Bioessais en laboratoire pour évaluer le pouvoir d'attraction relatif des substances identifiées en A2.

Explications : La réponse d'insecte aux composés chimiques sera déterminée en employant un système de tubes en Y à deux choix (Heath et al. 1998) et un système de tunnel de vol (Baker et Linn 1984). L'attraction relative d'extraits de fruits sauvages et commerciaux sera évaluée. Pour obtenir un mélange synthétique efficace, la stratégie est de déterminer l'attrait d'extraits totaux et de certaines composés. Le but est d'obtenir un mélange de substances volatiles le plus efficace et le plus simple pour améliorer la détection de la présence de la mouche du bleuet et potentiellement pour être utilisé comme un attractant pour détourner la mouche du bleuet des plantations commerciales. Les insectes employés pour les bioessais seront obtenus tel que décrit dans l'activité A1.

A4- Bioessais en laboratoire pour comparer l'attractivité de différentes plantes hôtes, afin d'évaluer le pouvoir d'attraction des extraits par rapport à celui de plantes entières.

Explications : Comme la mouche du bleuet peut se reproduire sur plusieurs plantes hôtes, il est raisonnable de penser que ces plantes ont des substances qui attirent les adultes. Des populations de mouches provenant des élevages seront à l'essai dans un tunnel de vol tel que celui utilisé lors d'expériences similaires avec la mouche de la pomme (Aluja et al. 1993). On déterminera l'effet attractif de plantes complètes appartenant à plusieurs espèces (*Vaccinium angustifolium* (plusieurs cultivars de bleuetiers nains), *Vaccinium corymbosum* (plusieurs cultivars de bleuetiers en corymbe) *Vaccinium stamineum* (deerberry), *Gaylussacia*, etc.) reconnues comme étant des plantes hôtes de la mouche du bleuet. L'odeur standard utilisée pour fin de comparaison sera les sels d'ammonium. On s'attend à dresser une liste du pouvoir d'attractivité relative des plants entiers, ce qui permettra possiblement d'aiguiller la recherche de composés par analyse chimique vers des plants plus attractifs que le bleuetier. Par ailleurs, quoiqu'une espèce puisse être attirante pour une mouche femelle, il convient de déterminer si une espèce donnée est un hôte fiable pour le développement des larves. Ceci sera effectué en mettant des plants de plusieurs espèces ou cultivars sous cage (de dimensions standardisées) et en relâchant 50 mâles et 50 femelles dans chacune des cages. Comme index d'attractivité des plantes hôtes, on évaluera le pourcentage de fruits infestés par des larves.

A5- Dépistage des adultes avec les substances volatiles les plus attractives telles qu'identifiées en A2.

Explications : Cette activité vise à valider les résultats obtenus en **A2** et **A3**. Des pièges pour capturer les adultes (résultats obtenus en **A2** et **A3**) seront déployés dans cinq bleuetières du Québec. Les pièges comparés seront : 1) Pherocon AM (= standard, avec sels d'ammonium), 2) piège appâté avec substance a (la plus performante pour attirer les adultes, tel que déterminé en **A2** et **A3**), 3) piège appâté avec la substance b (la seconde plus performante pour attirer les adultes, tel que déterminé en **A2** et **A3**) et 4) piège appâté avec la substance c (la troisième plus performante pour attirer les adultes, tel que déterminé en **A2** et **A3**). Les pièges seront disposés en carré latin dans la bleuetière et seront relevés deux fois par semaine pour estimer la valeur relative des substances à capturer les adultes de *R. mendax*. Ces essais seront faits à l'an deux et trois du projet.

Pour atteindre l'objectif 2, nous proposons de faire les activités A6 et A7.

A6- Dépistage intensif à proximité des zones infestées au Québec et au Nouveau-Brunswick.

Explications : Au Québec, on collectera de fruits sauvages infestés par la mouche du bleuet pour déterminer le pourcentage d'infestation des fruits, dans le but de déterminer la contribution de ces plantes comme sites potentiels d'infestation dans un contexte de l'est du Canada. Dans deux bleuetières, on fera des traitements de bordures (selon Gaul et al. 2005) pour valider cette méthode de gestion des bleuetières.

A7- Étude de la survie hivernale

Explications : Le but de cette activité est de déterminer si au fil de l'évolution la capacité à résister au froid s'est modifiée selon la position géographique de l'habitat (Sud ou Nord) de la mouche du bleuet. Les essais de survie au froid se dérouleront en laboratoire au Centre de recherche et de développement en horticulture d'Agriculture et Agroalimentaire Canada à Saint-Jean-sur-Richelieu, Québec. Lors des expériences, les individus seront confinés dans un montage en styromousse afin de les immobiliser pour éviter des données erronées. Des thermocouples de Type T (cuivre-constantin) de grosseur 36 sont insérés dans la boîte en styromousse et les pupes sont maintenues en place entre le thermocouple et la paroi de la boîte. Les thermocouples sont branchés sur une unité d'acquisition de données (Agilent Technologies®) avec un interface de travail Benchlink® (Agilent Technologies®) le tout sera connecté sur un ordinateur portable. Le dispositif, thermocouple et boîte, sera placé dans un congélateur où la température est d'environ -80°C. La baisse graduelle de la température (environ 3°C/min) de l'insecte sera suivie jusqu'à l'atteinte du point de surfusion c'est-à-dire au moment où l'eau contenue dans le corps de l'insecte en gelant libère une quantité significative de chaleur mesurable avec les appareils. Lorsque le point de surfusion sera atteint, les cristaux de glace s'étant formés percent les parois cellulaires provoquant la mort de l'insecte. Des essais de survie à l'hiver seront aussi fait en champs dans le sud du Québec, en Nouvelle-Ecosse et au Nouveau-Brunswick dans les municipalités où la mouche est présente. En octobre, on enfouiera 200 pupes de *R. mendax* dans des sacs de mousseline placés à 5 cm dans le sol à chaque localité. Les pupes seront récoltées le printemps suivant afin de déterminer le pourcentage de survie des pupes à l'hiver. Des données météorologiques de la température du sol seront prises dans le but d'expliquer le pourcentage de survie à l'hiver.

Pour atteindre l'objectif 3, nous avons proposé de faire l'activité A8.

A8- Mise au point d'une méthode moléculaire pour l'identification des larves de la mouche du bleuet dans les fruits.

Explications: Nous proposons d'extraire l'ADN des larves de *R. mendax* pour obtenir des séquences spécifiques qui nous permettront de déterminer efficacement et rapidement si les fruits sont infestés. Des techniques similaires ont été développées pour d'autres espèces d'insectes. Pour développer les séquences diagnostiques, nous proposons de nous concentrer sur la région des cytochrome oxydase, et d'utiliser les informations disponibles sur GeneBank, et de nous concentrer sur une série d'amorces avec PCR.

Les Résultats sont rapportés ci-après par activités spécifiques.

A1- Collecte de pupes de mouche du bleuet en Nouvelle-Ecosse pour essais en laboratoire ou enceintes confinées à AAC-Kentville et AAC/Saint-Jean-sur-Richelieu.

Comme la mouche du bleuet ne peut s'élever, nous devons collecter des pupes au mois d'août de 2007, 2008 et 2009. Pour effectuer les expériences en laboratoire, des pupes ont été collectées de fruits sauvages à la Réserve du Pin Rigide au Québec et dans des bleuétières de la Nouvelle-Ecosse. Le sol contenant les pupes doit être tamisé pour obtenir les pupes, lesquelles doivent être placées en caveau froid pendant 3-4 mois car la diapause est obligatoire chez cet insecte.

A2- Poursuivre l'identification des substances volatiles du bleuet nain et en corymbe et autres plantes hôtes.

Vaccinium. stamineum plants were obtained (thanks to S. van der Kloet, Acadia University). Fruit obtained from the plants as well as fruit samples provided thanks to J. Ballantine, Duke University were used to expand knowledge of the volatile components of host plants. Chemical analysis of the fruit extracts of *V. stamineum*, identified as a primary host plant of the blueberry maggot, was conducted.

Further chemical analysis of highbush, lowbush, and *V. boreale* fruit samples were conducted to extend the database of volatile chemicals identified in fruit of blueberry maggot host plants.

A3- Bioessais en laboratoire pour évaluer le pouvoir d'attraction relatif des substances identifiées en A2.

A4- Bioessais en laboratoire pour comparer l'attractivité de différentes plantes hôtes, afin d'évaluer le pouvoir d'attraction des extraits par rapport à celui de plantes entières.

A3 et A4. Agnieszka B. Kwasniewska, étudiante de M.Sc. à l'Université McGill sous la direction de C. Buddle et C. Vincent, a réalisés des essais en tunnel de vol à AAC/Saint-Jean-sur-Richelieu avec des extraits de plantes hôtes faits par S. Gaul à AAC/Kentville. L'acétate d'ammonium a suscité la plus forte réponse dans les essais biologiques en tunnel de vol, suivie par un mélange d'aldéhydes et d'alcools. Globalement, les mouches de Nouvelle-Écosse répondaient davantage aux traitements que celles du Québec tandis que les mouches mâles exhibaient un plus grand nombre de vols. Les mouches ayant acquis de l'expérience étaient aussi moins stimulées par les traitements que les mouches naïves. A. B. Kwasniewska a obtenu sa thèse de M.Sc.avec succès en 2009.

A5- Dépistage des adultes avec les substances volatiles les plus attractives telles qu'identifiées en A2.

Field trials were conducted at 8 commercial sites in Nova Scotia to assess both vegetative field management and volatile attractiveness. Results are being incorporated with those of previous years.

Pupae of blueberry maggot were collected from lowbush blueberry in Nova Scotia for use in laboratory trials to assess the attractiveness of selected volatiles. A series of volatile components, based on chemical composition, were assessed. Provided selected blueberry volatile samples for assessment for use by student and for research studies led by C. Vincent at Saint-Jean-sur-Richelieu. A. Kwasniewska, successfully completed her M. Sc. using selected components in both laboratory and field trials and found that certain volatile combinations showed promise in attracting blueberry maggot. The results were also reported at a scientific meetings.

A6- Dépistage intensif à proximité des zones infestées au Québec et au Nouveau-Brunswick.

En 2007 et 2008, les mouches ont été dépistées dans le sud du Québec, en appui au programme de dépistage de l'ACIA. The presence of blueberry maggot was monitored in New Brunswick in selected fields to investigate potential point sources for range expansion. Updated results to include the 2009 season were presented. The utility of a linear model to predict the date of adult fruit fly emergence was demonstrated.

A7- Étude de la survie hivernale.

Le point de surfusion des pupes de la mouche du bleuet a été établi à -22°C. Ceci implique que les températures hivernales du sol ne sont pas un frein à l'expansion de la mouche du bleuet au Québec ou dans les provinces adjacentes.

A8- Mise au point d'une méthode moléculaire pour l'identification des larves de la mouche du bleuet dans les fruits.

The addition of poly C-10 tails to the *Rhagoletis* spp. CO-1 primers (Set 7) was tested to produce real-time PCR products for *Rhagoletis mendax* (RM) and *R. pomonella* (RP) that could be differentiated by > 5 °C with melting curve analysis (T_m values). Initial work showed that the PCR primers did produce the expected PCR products but it appeared that the primers were degraded from frequent freeze/thaw cycles. New primers were ordered (March 2009) and these primers will be optimized for R-T PCR conditions before further testing with R-T PCR and melting curve analysis.

Another study looked at developing real-time PCR primers to identify *Opius* spp. (parasitic wasps) in the larvae and/or pupae of RM and possibly RP. DNA was extracted from samples of adult *Opius* spp. collected in NS. The CO-I Bar Code of Life primers produced a PCR product of approximately 700 bp. This PCR product was purified and then sequenced for a 633 bp consensus

sequence. This was BLAST searched on GenBank and produced a 99.7% match with 100 other *Opiinae* accessions. *Opius* primers (OP-primers) were designed for real-time PCR with a product length of 160 bp. The OP-primers were optimized with *Opius* spp. DNA and then tested with 20 samples of RM and RP DNA from larvae and pupae that were + or – exposed to *Opius*. It was found that nested PCR (BCL primers used first, PCR product purified, diluted and used as template for OP-primers), worked best with the OP- primers, as multiple bands were found in gel analysis for RM genomic DNA. Results showed that no PCR band was found with the RP DNA (larvae and pupae, +or – *Opius*) and the OP-primers. The real-time PCR assay with melting curve analysis showed promise as it was able to identify 2 out of 5 RM larvae samples that had been exposed to the *Opius* wasps. These samples had Ct values under 30 and Tm values of 73.5 (same as + control *Opius* DNA). Further studies will optimize the real-time PCR assay with *Opius* standards to determine the limit of detection.

- Conclusions et recommandations

En conclusion, les températures hivernales ne seront pas un frein à la survie des pupes de *R. mendax*. Nous avons effectué des extraits des composés des plantes hôtes de *R. mendax* et en avons testés un certain nombre en tunnel de vol et en nature. Les résultats en tunnel de vol et en nature n'étaient pas concordants en 2008 et en 2009, ce qui implique que la complexité des composés en nature a probablement influencé grandement le comportement des adultes face à nos extraits. Nous avons d'autres extraits à tester et croyons que des essais devraient être poursuivis.

En mai 2009, le Syndicat des Producteurs de Bleuets du Québec nous ont affirmé être intéressé à poursuivre ces recherches. Toutefois, lors de pourparlers en décembre 2009, ils nous ont informés qu'ils remettaient leur implication financière à une date ultérieure à septembre 2010 en raison d'une conjoncture difficile sur le plan financier.

- Références

- Aluja, M., R. J. Prokopy, J. P. Buonaccorsi et R. T. Cardé 1993. Wind tunnel assays of olfactory response of female *Rhagoletis pomonella* flies to apple volatiles: effect of wind speed and odour releases. *Entomol. Exp. Applic.* **68**:99-108.
- Baker, T. C. et C. E. Linn, Jr. 1984. Wind tunnels in pheromone research *In* H. E. Hummel and T. A. Miller (Eds) *Techniques in Pheromone Research*, Springer-Verlag, New York, 1984.
- Barcenas, N. M., T. R. Unruh, and J. L. G. Neven. 2005. DNA diagnostics to identify internal feeders (Lepidoptera: Tortricidae) of pome fruits of quarantine importance. *Journal of Economic Entomology* **98**:299-306.
- Benson, D. A., I. Karsch-Mizachi, D. J. Lipman, J. Ostell, and D. L. Wheeler. 2004. GenBank: an update. *Nucleic Acids Research* **33**:D23-D26.
- Berlocher, S. H. 1995. Population structure of *Rhagoletis mendax*, the blueberry maggot. *Heredity*. **74**:542-555.
- Clary, D. O. And D. R. Wolstenholme. 1985. The mitochondrial DNA molecule of *Drosophila yakuba*: nucleotide sequence, gene organization, and genetic code. *Journal of Molecular Evolution* **22**:252-271.
- Farvin, R. (Coordinator). 1996. Summary of Plant Quarantine Pest and Disease Situations in Canada, 1995. Agriculture and Agri-Food Canada, Plant Protection Division; Ottawa; Canada.
- Feder, J. L. et Bush, G. L. 1989. A field test of differential host-plant usage between two sibling species of *Rhagoletis pomonella* fruit flies (Diptera: Tephritidae) and its consequences for sympatric models of speciation. *Evolution* **43**:1813-1819.
- Gaul, S. O., Neilson, W.T.A., Estabrooks, E. N., Crozier, L. M. et Fuller, M. 1995. Deployment and utility of traps for management of *Rhagoletis mendax* (Diptera: Tephritidae). *J. Econ. Entomol.* **88**:134-139.
- Geddes, P. S., Flanders, K. L., Forsythe, H. Y. et LeBlanc, J.P.R. 1989. Installation of baited Pherocon AM traps for monitoring adult populations of *Rhagoletis mendax* (Diptera: Tephritidae) in lowbush blueberry fields. *Environ. Entomol.* **18**:510-512.
- Geddes, P. S., LeBlanc, J.P.R. and Yule, W.N. 1987. The blueberry maggot, *Rhagoletis mendax* (Diptera: Tephritidae), in eastern North America. *Rev. Entomol. Que.* **32**:16-24.
- Guibord, M. O'c., C. Vincent et G. W. Woods 1985. Note sur l'aire de distribution de la mouche du bleuets, *Rhagoletis mendax* (Diptera:Tephritidae). *Phytoprotection* **66**:63-67.
- Heath, J. J., S. O. Gaul, D. M. Nash, R. F. Smith et O. Kukul 1998. Evidence for a female-produced sex pheromone in the apple leaf midge *Dasineura mali* (Kieffer)(Diptera:Cecidomyiidae) *Can. Entomol.* **130**:109-110.
- Hu, X. P., Shasha, B. S., McGuire, M. R. et Prokopy, R. J. 1998. Controlled release of sugar and toxicant from a novel device for controlling pest insects. *J. Contr. Release* **50**:257-265.
- Jang, E. B. and Light, D. M.1996. Olfactory semiochemicals of Tephritids, pp. 73-90 *in* B. A. McPherson and G. J. Steck (eds.) *Fruit Fly Pests A World Assessment of their Biology and Management*, St. Lucie Press, Delray Beach, FL 33483.
- Mangan, R. L. et D. S. Moreno. 1995. Development of Phloxine B and uranine bait for control of Mexican fruit fly. Pp 115-126 *in* Light-Activated Pest Control, American Chemical Society, Washington DC.
- McPherson, B. A. And H. Y. Han. 1997. Phylogenetic analysis of North American *Rhagoletis* (Diptera: Tephritidae) and related genera using mitochondrial DNA sequence data. *Molecular Phylogenetics and Evolution* **7**:1-16.
- Neilson, W. T. A. 1965. Culturing of the apple maggot, *Rhagoletis pomonella*. *J. Econ. Entomol.* **58**: 1056-1057.
- Neilson, W.T.A et Wood, G. W. 1985. The blueberry maggot: distribution, economic. importance, and management practices. *Acta Horticulturæ*. No.165, 171-175.
- Neilson, W.T.A., Knowlton, A. D. et Fuller, M. 1984. Capture of blueberry maggot adults, *Rhagoletis mendax* (Diptera: Tephritidae), on Pherocon AM traps and on tartar red dark sticky spheres in lowbush blueberry fields. *Can. Entomol.* **116**:113-118
- Payne J. A. et Berlocher, S. H. 1995. Distribution and host plants of the blueberry maggot fly, *Rhagoletis mendax* (Diptera: Tephritidae) in southeastern North America. *J. Kansas Entomol. Soc.* **68**:133-142.
- Pest Management Regulatory Agency. 1997. Guidelines for the research and registration of pest control products containing pheromones and other semiochemicals. Regulatory Directive Dir97-02. Submission Management and Information Division, Pest Management Regulatory Agency, Ottawa..

- Prokopy, R. J. et Mason, J. L. 1996. Behavioral control of apple maggot flies. Pp. 555-560 in B. A. McPherson and G. J. Steck (eds.) *Fruit Fly Pests, A World Assessment of their Biology and Management*, St. Lucie Press, Delray Beach, FL 33483.
- Robertson, J. L. et Preisler, H. K. 1992. Pesticide bioassays with Arthropods. CRC Press Inc. Boca Raton, FLA, 127 p.
- Schwarz, D. B. M. Matta, N.L. Shakir-Butteri, and B. A. McPherson. 2005. Host shift to an invasive plant triggers rapid animal hybrid speciation. *Nature* 436:546-549.
- Smith, J. J. And Bush, G. L. 1997. Phylogeny of the genus *Rhagoletis* (Diptera: Tephritidae) inferred from DNA sequences of mitochondrial cytochrome oxidase II. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 7:33-43.
- Smith, J. J., V. Gavrilovic, and D. R. Smiley 2001. Native *Vaccinium* spp. and *Gaylussacia* spp. infested by *Rhagoletis mendax* (Diptera: Tephritidae) in the Great Lakes Region: a potential source of inoculum for infestation of cultivated blueberries. *Journal of Economic Entomology* 94:1378-1385.
- Vincent, C. et M. Lareau 1989. Update on the distribution of the blueberry maggot, *Rhagoletis mendax* (Diptera:Tephritidae), in Canada. *Acta Hort.* 241:333-337.
- Vincent, C. S. O. Gaul et K. MacKenzie. 2006. MII Final Report to CFIA (June 2006).

Other
NIL

B. Réalisations (n'inclure que celles ayant trait au présent projet)

- Publications, conférences et autres extraits

Publications

- Lemoine, P., C. Vincent, S. Gaul and K. MacKenzie. 2008. Kaolin affects blueberry maggot behaviour on fruit. *J. Econ. Entomol.* 101: 118-125.
- Burgher-MacLellan, K.L., Gaul, S., MacKenzie, K. and Vincent, C. 2009. The use of real-time PCR to identify blueberry maggot (Diptera: Tephritidae, *Rhagoletis mendax*) from other *Rhagoletis* species and in lowbush blueberry fruit (*Vaccinium angustifolium*). *Acta Hort. (ISHS)* 810:265-274

Thèse

Kwasniewska, Agnieszka B. (M.Sc. en entomologie). Field and laboratory studies on the effects of fruit volatiles on *Rhagoletis mendax* (Diptera: Tephritidae) adults. McGill University, (Coll. C. Buddle), mai 2009, 80 p.

Présentations et conférences

- Burgher-MacLellan, K. L., Gaul, S. O., MacKenzie, K. E. and Vincent, C. 2008. Towards identification of *Rhagoletis mendax* (Diptera: Tephritidae) in lowbush blueberry fruit with real time PCR. Presentation to the Wild Blueberry Researchers and Extension Workers Conference, Moncton, November 1 2008.
- Burgher-MacLellan, K. L., Gaul, S. O., MacKenzie, K. E. and Vincent, C. 2008. Towards identification of *Rhagoletis mendax* (Diptera: Tephritidae) in lowbush blueberry fruit with real time PCR. Presentation to the Wild Blueberry Producers Association of Nova Scotia Annual Meeting, Truro, November 21, 2008.
- Gaul, S. O., Estabrooks, E. N., Vincent, C. and MacKenzie, K. E. 2008. (poster) Update on the distribution of *R. mendax* (Diptera:Tephritidae) in northwestern New Brunswick, Canada. Presentation to the Wild Blueberry Researchers and Extension Workers Conference, Moncton, November 1 2008
- Gaul, S. O., Estabrooks, E. N., Vincent, C. and MacKenzie, K. E. 2008. (poster) Update on the distribution of *R. mendax* (Diptera:Tephritidae) in northwestern New Brunswick, Canada. Presentation to the Wild Blueberry Producers Association of Nova Scotia Annual Meeting, Truro, November 21, 2008.
- Russel, L., Prive, J.P., Hildebrand, P.D., Boyd, N., and Percival, D. 2008. Towards an automated wireless irrigation system for efficient water use in wild blueberry production. Presentation to the Wild Blueberry Researchers and Extension Workers Conference, Moncton, October 2008.
- Burgher-MacLellan, K. L., S. O. Gaul, K. E. MacKenzie and C. Vincent. 2008. The use of real-time PCR to identify Blueberry Maggot (Diptera: Tephritidae, *Rhagoletis mendax* L.) in lowbush blueberry fruit (*Vaccinium angustifolium*). 9th International Vaccinium Symposium, Corvallis, Oregon (Poster).
- Vincent, C., S. Gaul, K. MacKenzie and P. Lemoine. 2008. Do low temperatures limit the northern distribution of the blueberry maggot, *Rhagoletis mendax*? Annual Meeting of the Entomological Society of Canada. Ottawa, Ontario.
- Burgher-MacLellan, K. L., Gaul, S. O., MacKenzie, K. E. and Vincent, C. 2009. Towards identification of *Rhagoletis mendax* (Diptera: Tephritidae) in lowbush blueberry fruit with real time PCR. Kentville Agricultural Centre Open House, Kentville, NS, September 20 2009.

Vincent, C., S. Gaul, K. MacKenzie, A. Kwasniewska & C. Buddle. Monitoring blueberry maggot. *In* Symposium “Current Advances in Small Fruit Entomology”, 80th Annual Meeting Eastern Branch, Entomological Society of America, Harrisburg , PA, 22 March 2009.

1. Burgher-MacLellan, K. L., Gaul, S. O., MacKenzie, K. E. and Vincent, C. 2009. Towards identification of *Rhagoletis mendax* (Diptera: Tephritidae) in lowbush blueberry fruit with real time PCR. Kentville Agricultural Centre Open House, Kentville, NS , September 20 2009.

Gaul, S. O. Estabrooks, E. N. (Presenter), Vincent, C. and MacKenzie, K. E. 2009. (poster) Presence of *R. mendax* (Diptera:Tephritidae) in north western New Brunswick, Canada. International Scientific Conference, *Vaccinium* spp. and less known small fruit: challenges and risks, Latvia University of Agriculture, Jelgava, Latvia , October 6-9, 2009.

Kwasniewska, A.; Buddle, C.M.; Vincent, C.; Gaul, S.; MacKenzie, K. 2009. Effects of host volatiles on the activity and behaviour of the blueberry maggot fly. Joint Annual Meeting Entomological Societies of Canada and Manitoba, October 18-20, 2009.

Vincent, C., F. Drummond, S. Gaul, and K. MacKenzie 2009. Managing invasive species in agricultural and preserved habitats: the case of blueberry maggot, International Congress on Biological Invasions, Fuzhou, China, 2-6 November 2009

Gaul, S. O. (Presenter), Estabrooks, E. N., Vincent, C. and MacKenzie, K. E. 2009. (poster) Presence and predicted emergence of *R. mendax* (Diptera:Tephritidae) in northwestern New Brunswick, Canada. Wild Blueberry Producers Association of Nova Scotia Annual Meeting, Truro, November 20, 2009.

C. Rapport sur les écarts (s’il y a lieu, décrire en quoi les travaux diffèrent du projet de recherche proposé)

- modifications apportées aux objectifs et au plan de travail du projet **N/A**
- modifications apportées à l’équipe **N/A**
- autres contraintes **N/A**

D. Évaluation des impacts (s’il y a lieu, décrire de quelle manière les facteurs de variance ci-dessus ont influé sur la poursuite du projet)

- modifications apportées aux objectifs **N/A**
- modifications apportées au plan de travail du projet **N/A**
- modifications apportées à la mesure du rendement (atteinte des objectifs) **N/A**

E. Leçons apprises (auto-évaluation du projet)

Il est possible d’extraire des substances bioactives qui pourraient servir d’appât pour le dépistage des adultes de la mouche du bleuets. Toutefois, cette approche devrait être poursuivie et validée davantage afin qu’elle puisse être transférée comme outil de dépistage aux utilisateurs. La même conclusion s’applique aux tests moléculaires qui permettraient de déceler des larves de mouches dans des cargaisons de bleuets. Il est regrettable que ces avancées soient actuellement et conjonctuellement limitées par un manque de participation financière des producteurs de bleuets.

Signature du chercheur principal: _____