

VÉGÉPHYL – 7^e CONFÉRENCE SUR LES MOYENS ALTERNATIFS DE PROTECTION
POUR UNE PRODUCTION INTÉGRÉE
LILLE – LES 8 et 9 MARS 2022

AMELIORATION DE L'UTILISATION DES SPHERES ROUGES ENGLUEES DANS LES VERGERS DE
POMMIERS POUR UN MEILLEUR CONTROLE DE LA MOUCHE DE POMME, *RHAGOLETIS POMONELLA*
(WALSH).

C. PROVOST, M. LAROCHE

Centre de recherche agroalimentaire de Mirabel
9850 rue Belle-Rivière, Mirabel, Québec, Canada, J7N2X8

RÉSUMÉ

La mouche de la pomme, *Rhagoletis pomonella* (Walsh), est un ravageur important en verger de pommier au Canada et son contrôle requiert de multiples insecticides. Depuis quelques années, le piège utilisé pour réaliser le dépistage est moins efficace. L'objectif était d'améliorer l'efficacité des sphères rouges engluées pour le dépistage de la mouche de la pomme, en présence de nouvelles variétés de pommes. Des sphères rouges engluées ont été installées dans diverses variétés afin de vérifier leur attractivité. Des suivis ont été effectués durant la saison 2019. Les résultats démontrent un effet de la bordure sur l'attraction des mouches tout comme un potentiel attractif différent selon les variétés de pommes. Les variations d'attractivité des diverses variétés peuvent être expliquées en partie par la couleur des fruits et la période de maturité. Les variétés de pommiers ayant des pommes de couleurs jaunes étaient plus attractives que les variétés avec les pommes rouges, où il y a moins de contrastes. De plus, les captures de *R. pomonella* pour les variétés de pommes hâtives étaient plus abondantes que pour les variétés de maturité tardive. Les résultats permettent de proposer des lignes directrices pour améliorer la lutte contre la mouche de la pomme, en présence de nouvelles variétés en verger.

Mots-clés : mouche de la pomme, *Rhagoletis pomonella* (Walsh), dépistage, contrôle, variétés

ABSTRACT

The apple maggot, *Rhagoletis pomonella* (Walsh), is a significant pest in apple orchards in Canada, and its control requires multiple insecticides. In recent years, the trap used to carry out screening has been less effective. The aim was to improve the effectiveness of the red sticky spheres in detecting apple maggot in the presence of new varieties of apples. Red sticky spheres were installed in various varieties in order to verify their attractiveness. Follow-ups were carried out during the 2019 season. The results show an effect of the border on the attraction of flies and a different attracting potential according to the varieties. The various varieties' attractiveness can be explained in part by the color of the fruits and the period of maturity. Apples of yellow colors were more attractive than red apples, where there is less contrast. Also, catches of *R. pomonella* for the early apple varieties were more abundant than for the late-maturing varieties. The results make it possible to propose guidelines for improving apple maggot control in the presence of new varieties in orchards.

Keywords: apple maggot, *Rhagoletis pomonella* (Walsh), detection, control, apple varieties

Introduction

La mouche de la pomme *Rhagoletis pomonella* (Walsh) est un insecte indigène de l'Amérique du Nord d'importance majeure dans les vergers de pommiers du Canada, des États-Unis et du Mexique (Yee *et al*, 2014). Une génération du ravageur est observée en verger de pommiers (Leskey *et al*, 2009). Les adultes émergent du sol, de la fin du mois de juin jusqu'au début de septembre. L'apparition des insectes est étroitement liée à l'humidité du sol (Trottier & Townshend, 1979). Les années sèches, les pupes peuvent demeurer dans le sol jusqu'à ce que les conditions environnementales deviennent plus

favorables, et ce même jusqu'à la saison de croissance suivante. Suite à l'émergence, les adultes requièrent de 7 à 10 jours pour s'accoupler et la femelle peut pondre jusqu'à 300 œufs sur une période de 2 à 4 semaines (Chouinard *et al*, 2001, Morel *et al*, 2013).

Le contrôle de la mouche de la pomme est principalement effectué par des applications d'insecticides. Un dépistage avec des pièges est effectué dès le début de la saison et un seuil d'intervention de deux mouches par piège par semaine est établi pour déterminer le moment du premier traitement, puis un seuil de cinq mouches par piège pour les traitements subséquents (Agnello *et al*, 1990, Morel *et al*, 2013). Les traitements estivaux contre la mouche de la pomme peuvent agir de façon négative sur la faune auxiliaire et les pollinisateurs retrouvés dans les vergers de pommiers (Bostanian *et al*, 1984, Leskey *et al*, 2009, Morel *et al*, 2013). La grande étendue de la période d'émergence des adultes peut nécessiter des traitements tard en fin de saison, et ce même près de la récolte.

Il est reconnu que la mouche de la pomme utilise des stimuli olfactifs pour identifier les arbres hôtes dans l'habitat, puis un stimulus visuel pour repérer les sites de ponte (fruits) (Prokopy, 1968; Prokopy *et al*, 1973 ; Fein *et al*, 1982; Aluja & Prokopy, 1993; Sarles *et al*, 2015). Lorsque la femelle est près de la source, un stimulus visuel perceptible à un mètre de distance est nécessaire pour que celle-ci soit attirée vers un site de ponte (Prokopy & Roitberg, 1984 ; Aluja *et al*, 1989 ; Aluja & Prokopy, 1993). L'ajout d'un attractif olfactif à un piège sphérique permet d'augmenter l'efficacité des sphères rouges dans les vergers commerciaux de deux à quatre fois, ce piège est le plus efficace pour suivre les populations de *R. pomonella*, même quand les populations sont faibles (Fig.1) (Reissig *et al*, 1985; Aliniabee *et al*, 1987; Agnello *et al*, 1990; Bostanian *et al*, 1993; Yee *et al*, 2005; Sarles *et al*, 2015). L'ajout d'un attractif est aussi utilisé pour réaliser un piégeage massif de ce ravageur. Une stratégie de lutte a été développée et consiste à mettre des pièges en périphérie du verger de façon à intercepter *R. pomonella* pour déterminer son moment d'apparition en verger, pour en faire une capture massive afin de réduire les populations, et pour traiter une zone spécifique (bordure) (Prokopy, 1975 ; Reissig *et al*, 1984 ; Trimble & Solymar, 1997 ; Bostanian *et al*, 1999 ; Trimble & Vickers, 2000; Bostanian & Racette, 2001). Le dépistage en périphérie et les applications en bordures ont permis de réduire le nombre de traitements pour lutter contre *R. pomonella* de 50% sans que les dommages soient plus importants que ce qui est observé avec une application dans le verger en entier. La technique consiste à utiliser des sphères rouges disposées à une distance de cinq à dix mètres, ou plus éloignées selon le paysage retrouvé en périphérie des vergers (ex. : boisé, prairie, verger traité) (Bostanian and Racette, 2001, Bostanian *et al*, 1999 ; Chouinard, 2001 ; Prokopy *et al*, 2005, 1990). Il est aussi possible d'ajouter un insecticide sur la sphère rouge pour tuer l'insecte. Cette technique de lutte est efficace, peu importe la densité des populations de *R. pomonella* et pour plusieurs variétés de pommes, mais cette méthode ne permet pas de capturer les mouches provenant de sources d'infestation internes au verger (Trimble & Solymar, 1997 ; Bostanian *et al*, 1999 ; Bostanian & Racette, 2001). Les sphères rouges avec ou sans attractifs sont efficaces dans les petits et moyens vergers, mais les vergers de plus grandes superficies nécessitent l'ajout de l'attractif (Bostanian and Racette, 2001 ; Morel *et al*, 2013 ; Prokopy *et al*, 2001). Enfin, le piégeage de masse requiert une grande quantité de sphères rouges qui doivent être nettoyées et enduites de colle régulièrement (après une pluie) pour être efficaces, ceci requérant une main d'œuvre et du temps important (Duan & Prokopy, 1995 ; Prokopy *et al*, 1996)

Figure 1 : Piège sphérique rouge.
(Red sphere trap)



Malgré certaines failles, les sphères rouges ont depuis longtemps été utilisées et se sont révélées être un bon outil de prévision et de lutte physique. Selon Green et Wright (2009), les échecs de captures avec les sphères rouges peuvent provenir d'un mauvais emplacement des sphères ainsi que l'attractivité élevée de certaines variétés. Plusieurs paramètres peuvent affecter l'efficacité des sphères rouges comme méthode de dépistage, tels que le positionnement dans le verger, le stade de

développement des pommes, les variétés de pomme et la maturité sexuelle de la femelle (Prokopy *et al*, 1982, 1994 ; Drummond *et al*, 1984 ; Duan & Prokopy, 1994 ; Bostanian *et al*, 1999 ; Bostanian & Racette, 2001 ; Rull & Prokopy, 2003). Rull et Prokopy (2003) ont observé que les sphères rouges sont plus attractives pour la mouche de la pomme en présence de pommes immatures et vertes en début de saison comparativement aux pommes rouges et mures en fin de saison. Rull et Prokopy (2004) ont aussi observé que certaines variétés sont très attractives comparativement à d'autres, et ce en lien avec l'acceptabilité des variétés pour la ponte. De plus, les odeurs naturelles émises par des pommes de divers cultivars agissent à des niveaux différents comme stimuli olfactifs sur les mouches (Fein *et al*, 1982 ; Carle *et al*, 1987). Ainsi, il est recommandé de mettre le piège attractif dans des variétés hâtives afin de maximiser les captures (Rull & Prokopy, 2005). Selon d'autres études, il a été démontré que la capacité des femelles à trouver un hôte pour pondre est affectée par ses expériences antérieures pour accepter ou refuser un hôte pour la ponte (Prokopy *et al*, 1982 ; Duan & Prokopy, 1994). Duan et Prokopy (1994) ont démontré que l'âge des femelles influence leur comportement lors de la recherche de site de ponte et peut directement influencer la probabilité de les capturer sur des sphères engluées, des femelles matures sexuellement étant plus attirées par les sphères rouges.

Les étés plus chauds observés ces dernières années provoquent une augmentation de la pression de ce ravageur en verger de pommiers. La mouche de la pomme est observée en plus grand nombre, mais aussi plus hâtivement dans les vergers du Québec, Canada. Depuis 2017, l'utilisation des sphères rouges pour le dépistage de *R. pomonella* est de moins en moins efficace dans les vergers de pommiers du Québec, Canada. Les captures sur les pièges et les dommages causés par le ravageur sont moins reliés : les captures sur les pièges sont très faibles, mais les dommages aux pommes sont importants. Certains aspects pourraient expliquer l'inefficacité des sphères rouges, notamment la plantation de nouvelles variétés ces dernières années. Ainsi, l'objectif de ce projet était d'acquérir des connaissances afin d'augmenter l'efficacité du dépistage de la mouche de la pomme, *R. pomonella*, avec les sphères rouges, en présence de nouvelles variétés de pommes dans les vergers du Québec, Canada. L'utilisation de sphères rouges a déjà démontré son efficacité, mais se doit d'être adaptée aux nouvelles réalités retrouvées en verger. Un ajustement de cette méthode de dépistage permettra de mieux contrôler le ravageur tout en ayant à disposition la possibilité de mettre en œuvre des traitements phytosanitaires ciblés et réduits.

Matériel et méthodes

Sites et variétés

Les essais ont été réalisés dans cinq vergers de pommiers commerciaux avec des antécédents de populations de la mouche de la pomme situés dans la région des Laurentides, Québec, Canada. Ces vergers sont composés de plusieurs variétés de pommes traditionnelles, mais possèdent aussi de nouvelles variétés. Les vergers étaient conduits selon une conduite de production conventionnelle. Les variétés sélectionnées comprenaient des pommes de différentes couleurs et de périodes de maturité différentes (Tab. I).

Installation des pièges

Les pièges utilisés étaient des sphères rouges engluées sans attractif synthétique. Les pièges étaient installés sur une branche en périphérie du pommier à une hauteur de 1.5 à 2 m. La disposition des pièges a été effectuée selon deux critères : la position dans le verger (en bordure ou au centre) et dans les diverses variétés (traditionnelle et nouvelle). Les pièges positionnés en bordure du verger ont été installés dans la deuxième rangée sur le pourtour, 1 piège par section de 2 hectares de verger avec un minimum de 4 pièges par verger (Chouinard, 2001). De plus, quatre sphères rouges engluées par parcelle ont été installées dans des pommiers de différentes variétés dans les rangées au centre du verger. Les pièges ont été relevés chaque semaine de la mi-juillet à début septembre 2019.

Tableau I : Caractéristiques des variétés de pommes évaluées dans les vergers.
(Characteristics of apple varieties evaluated in orchards.)

Variété	Couleur	Type de variété	Période de maturité
Cortland	rouge	traditionnelle	tardive
Delcorf	jaune-rose	nouvelle	hâtive
Empire	rouge	traditionnelle	tardive
Fortune	rouge	nouvelle	tardive
Gala	rouge	nouvelle	mi-tardive
Ginger gold	jaune	nouvelle	hâtive
Honey crisp	orangé	nouvelle	mi-tardive
Lobo	rouge	traditionnelle	hâtive
McIntosh	rouge	traditionnelle	mi-tardive
Paulared	rouge	traditionnelle	hâtive
Prime gold	jaune	nouvelle	mi-tardive
Rosinette	rose	nouvelle	tardive
Spartan	rouge	traditionnelle	tardive
Sunrise	rose	nouvelle	hâtive

Paramètres

Un suivi des populations de la mouche a été effectué par le dénombrement des individus capturés sur les sphères rouges chaque semaine. Le suivi a été réalisé du début juillet à la mi-septembre 2019. La couleur des fruits a été notée à la récolte tout comme la date de récolte.

Analyses statistiques

Des modèles généralisés linéaires mixtes (GLMM) ont été utilisés pour tester l'effet attractif du piège selon les variétés de pommes, la couleur des pommes, la période de maturité et l'emplacement des pièges.

Résultats

Les variétés de pomme ont affecté l'attractivité de la sphère rouge sur la mouche de la pomme (Fig. 2). La mouche de la pomme a davantage été capturée sur les pièges dans les arbres des variétés Ginger gold, puis Lobo et Delcorf (DL :13 :1253; F= 12.6596; $p < 0,0001$) (Fig. 2A). Les variétés Empire et Spartan sont les variétés les moins attractives tandis que les sphères rouges placées dans les arbres des variétés Cortland, Fortune, Gala, Honey crisp, McIntosh, Paulared, Prime gold, Rosinette et Sunrise ont des attractions intermédiaires similaires. Les captures dans les différentes variétés étaient similaires durant la saison, sauf pour la Lobo fin juillet et la variété Ginger gold où il y avait plus de captures à partir de la fin août ($p > 0.05$) (Fig. 2B).

Le nombre moyen de captures de la mouche de la pomme sur les sphères rouges a été affecté par la couleur des fruits (DL : 4,1283; F= 8.8662; $p < 0,0001$) (Fig. 3). Les fruits ayant une coloration jaune permettent un nombre de captures de mouche de la pomme plus élevé, les pommes ayant des teintes de jaune-rose, orangé et rose obtiennent des captures intermédiaires de mouche de la pomme et le plus faible taux de captures est observé pour les sphères rouges dans les variétés de pommes rouges (Fig. 3A). Les variétés de pommes jaunes ont significativement capturé plus de mouches de la pomme en fin de saison ($p > 0.05$) (Fig. 3B).

La période de maturité des pommes pour les diverses variétés a affecté l'attractivité de la mouche de la pomme (Fig. 4). Les captures de la mouche de la pomme sur les sphères rouges installées dans les variétés ayant une maturité hâtive étaient supérieures aux captures dans les variétés mi-tardives et tardives (DL :3, 1283; F = 14.5691; p < 0.0001) (Fig. 4A), et le nombre de captures dans les variétés hâtives était supérieur surtout en fin de saison (p > 0.05) (Fig. 4B).

L'installation des pièges en bordure du verger a permis de capturer davantage de mouches de la pomme que les pièges installés dans les arbres au centre (DL :1, 1283; F = 8.6991; p = 0.0032) (Fig. 5A). Les captures de la mouche de la pomme en bordure du verger ont été globalement supérieures aux captures au centre des parcelles tout au long de la saison de croissance (Fig 5.B).

Figure 2 : Captures de la mouche de la pomme selon les variétés de pommes : A) nombre total de captures durant la saison ; B) nombre de captures hebdomadaire.
(Apple maggot captures according apple varieties : A) total number of catches during the season ; B) number of weekly captures.)

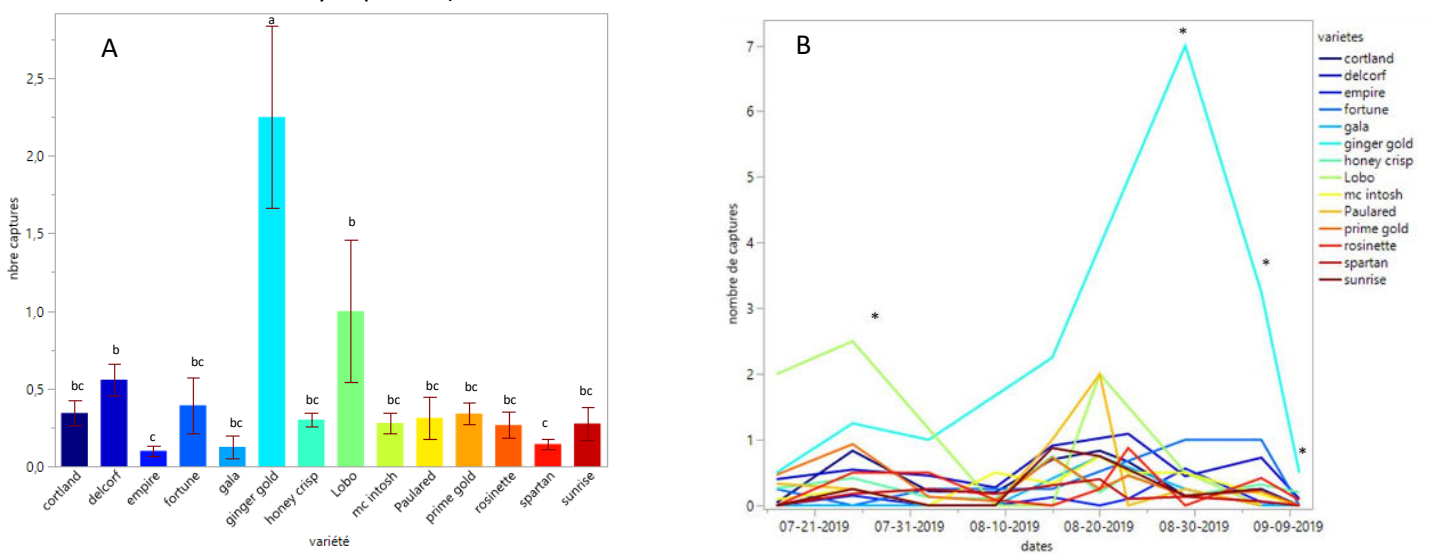


Figure 3 : Captures de la mouche de la pomme selon la couleur des pommes : A) nombre total de captures durant la saison ; B) nombre de captures hebdomadaire.
(Apple maggot captures according to the apple color ; A) total number of catches during the season ; B) number of weekly captures.)

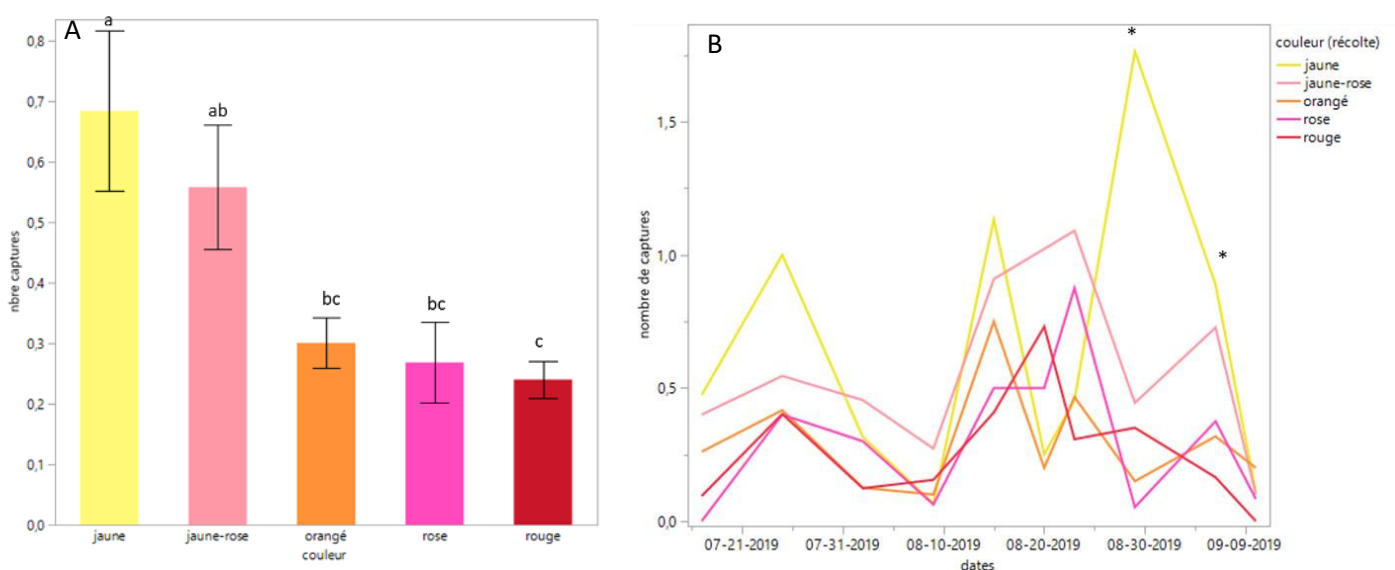


Figure 4 : Captures de la mouche de la pomme selon la période de maturité des pommes à la récolte : A) nombre total de captures durant la saison ; B) nombre de captures hebdomadaire.
(Apple maggot captures according maturity period at harvest : A) total number of catches during the season ; B) number of weekly captures.)

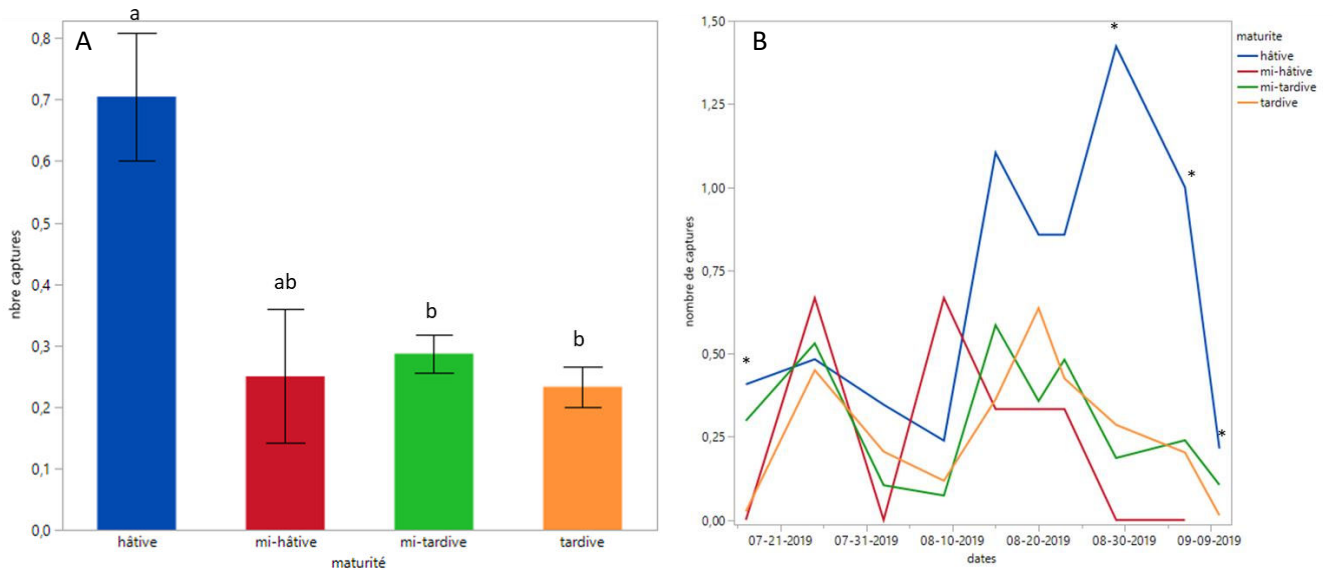
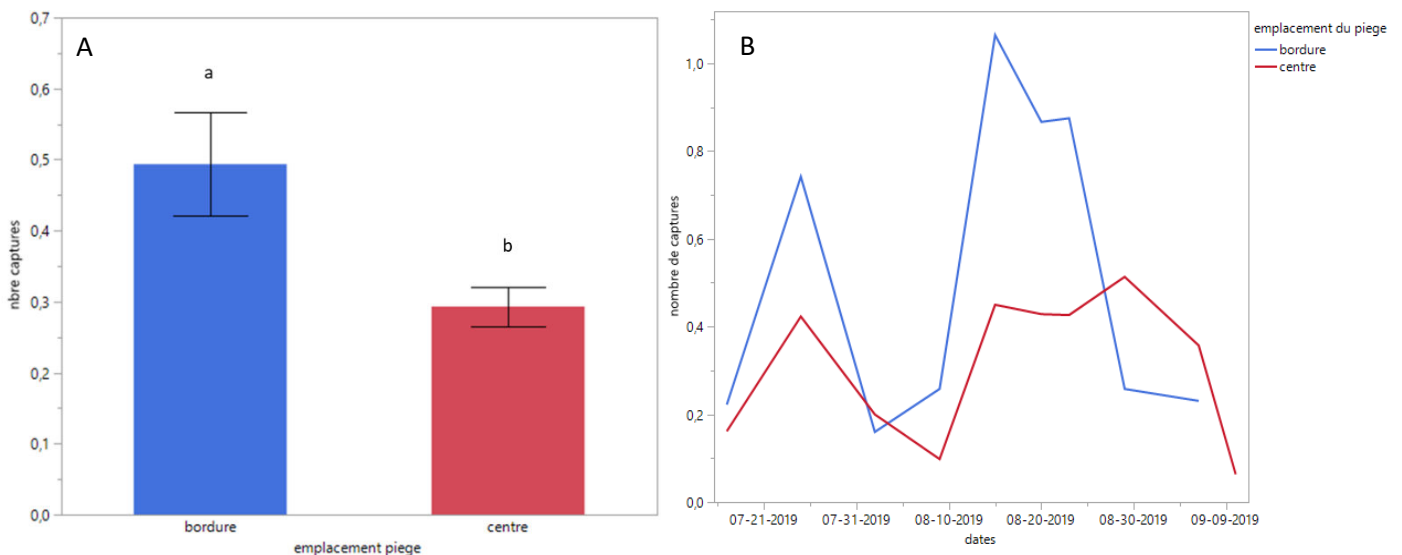


Figure 5 : Captures de la mouche de la pomme selon l'emplacement des pièges dans le verger : A) nombre total de captures durant la saison ; B) nombre de captures hebdomadaire.
(Apple maggot captures according to the place of the trap in the orchard : A) total number of catches during the season : B) number of weekly captures.)



Discussion

Les variations dans les propriétés des variétés peuvent être utilisées afin de développer des stratégies de lutte intégrées pour contrôler divers ravageurs, dont *R. pomonella*. La préférence de certaines variétés par la mouche de la pomme peut affecter, entre autres, l'efficacité de la technique de capture en périphérie des vergers et la détermination du moment d'application d'un insecticide dans un verger comportant plusieurs variétés. Les essais réalisés dans le cadre de ce projet démontrent que certaines variétés ont un pouvoir attractif plus important sur *R. pomonella* mais les caractéristiques spécifiques

qui sont responsables de cette attractivité ne sont pas bien définies. D'autres études ont aussi démontré que certaines variétés de pommes étaient plus attractives pour la mouche de la pomme, comme la Jersey Mac, Gala et Sunrise, tandis que d'autres le sont moins comme la Liberty et la Paulared (Rull & Prokopy, 2004; Leskey, T.C. *et al*, 2009 ; Morel, M. *et al*, 2013). Dans le présent essai, les variétés Ginger gold, Lobo et Delcorf sont les variétés les plus attractives, tandis que les sphères rouges installées dans les variétés Empire et Spartan capturent moins de *R. pomonella*. Différents aspects ont été avancés dans plusieurs études afin d'expliquer ces différences d'attractivité, comme la couleur et la forme des fruits, la teneur en sucre, la pression du fruit, la période de maturité et l'émission de composés volatils, sans toutefois identifier un paramètre clé.

La couleur des pommes influence la sélection des fruits par la mouche de la pomme comme site de ponte. Nos résultats démontrent que les pommes de couleur jaune et jaune-rose permettent un nombre de captures plus important que les pièges installés dans les variétés ayant des fruits rouges. Selon les essais réalisés par Prokopy (1968), un rectangle de couleur jaune et une sphère de 7.5 cm de couleur rouge sont les deux associations de formes et couleurs qui sont préférées par la mouche de la pomme, le premier identifiant une source de nourriture et le second un site de ponte. D'autres couleurs que le rouge attirent *R. pomonella*, soit des couleurs foncées comme le bleu, l'orange foncé, le violet et le noir, et le contraste qu'exerce le piège avec ce qu'il y a en arrière-plan aide celui-ci à le rendre plus perceptible par la mouche. Les essais de Prokopy (1972) ont démontré que la mouche de la pomme était davantage attirée par le jaune, qui émet un signal que le feuillage est une source de nourriture, dans les premières semaines de vie puis que les sphères rouges sont les plus attractives au cours de la saison de croissance. Selon l'étude de Rull et Prokopy (2003), lorsque les pommes sont immatures et vertes en début de saison, les sphères rouges attirent mieux les mouches que lorsqu'elles sont en présence de pommes rouges et mures en fin de saison, ce qui implique une compétition visuelle avec les sphères. Ainsi, deux aspects pourraient expliquer l'attractivité observée dans cet essai pour les pommes jaunes : 1) la couleur jaune qui émet un premier stimulus visuel et qui permet à *R. pomonella* de localiser un arbre (source de nourriture), puis le site de ponte ; et 2) le contraste que la couleur jaune apporte avec la sphère rouge dans l'arbre permettrait de localiser le piège plus rapidement. La diversité des essais effectués afin de comprendre les stimuli impliqués dans la sélection des fruits par *R. pomonella* a évolué et des paramètres autres que la couleur et la forme peuvent aussi être considérés.

Dans l'étude de Rull et Prokopy (2004), certaines variétés sont très attractives et acceptables pour la ponte (Jersey Mac, Gala), elles sont considérées comme étant les préférées des mouches tandis que d'autres sont hautement visitées par les mouches, mais inacceptables pour la ponte (Délicieuse rouge) et d'autres comme la McIntosh sont peu visitées, mais acceptables pour la ponte (elles sont modérément préférées). Puis il y a les variétés non attractives et non acceptables pour la ponte considérées comme étant peu sensibles (Paulared). L'attractivité de certains cultivars augmente avec le mûrissement des fruits et ce facteur peut être expliqué par diverses composantes, dont la teneur en composés de défense, tels les tannins et les phénols, le taux de sucre et la fermeté des pommes (Girolami, V. *et al*, 1986 ; Messina & Jones, 1990 ; Murphy *et al*, 1990). Murphy *et al*, (1990) ont aussi noté que la distribution de la mouche de la pomme entre les variétés ayant des maturités hâtives, intermédiaires et tardives était concentrée sur les variétés hâtives au début de la saison, puis progressivement une distribution uniforme était observée plus la saison avançait. Girolami *et al*, (1986) ont observé que la teneur en sucre influençait l'acceptabilité comme site de ponte par *R. pomonella*, puis Messina et Jones (1990) ont relié la sélection de certaines variétés par la mouche de la pomme à la fermeté des fruits. Cependant, Rull et Prokopy (2004) n'ont pas observé de lien entre la préférence des variétés par *R. pomonella* relativement à leur période de maturité et proposent que l'attractivité soit reliée à des propriétés spécifiques, autres que la teneur en sucre et la fermeté du fruit. Les auteurs suggèrent que les stimuli olfactifs sont importants pour la mouche de la pomme lors du processus de localisation d'un hôte et les odeurs naturelles émises par les fruits ont un effet attractif puissant qui pourrait expliquer les préférences de certaines variétés en verger (Fein *et al*, 1982; Carle *et al*, 1987;

Rull & Prokopy 2004). Dans le cadre de ce projet, les variétés jaunes étaient aussi des variétés hâtives, confondant ainsi les deux critères, et d'autres variétés hâtives n'ont pas démontré une attractivité plus élevée. Ainsi, les résultats pour ces deux paramètres (couleur et maturité) ne permettent pas d'identifier spécifiquement le paramètre déterminant dans l'attractivité des variétés. Donc, les résultats obtenus abondent dans le même sens que ces études où la couleur et la maturité ne semblent pas être les principaux facteurs attractifs et que d'autres propriétés des variétés affectent l'attractivité de certaines variétés de pommes. Toutefois, actuellement nous ne sommes pas en mesure d'identifier spécifiquement ces propriétés, car nous n'avons pas effectué d'essais en ce sens (par exemple, une analyse des composés volatils qui sont émis par les fruits). Enfin, les préférences des populations de mouches sont en lien avec les adaptations qui ont évolué à travers le temps (Linn *et al*, 2003), et ces dernières peuvent changer en quelques générations (Bernays & Graham, 1988).

Les pièges en périphérie du verger ont permis de capturer davantage de *R. pomonella* que les pièges installés au centre du verger, et ce durant toute la saison de croissance. Ces résultats concordent avec ce qui a été observé dans d'autres études et qui a permis de mettre en place une stratégie de lutte considérant la migration des adultes de la mouche de la pomme dans les vergers (Prokopy, 1975 ; Reissig *et al*, 1984; Trimble & Solymar, 1997 ; Bostanian *et al*, 1999 ; Trimble & Vickers, 2000; Bostanian & Racette, 2001). La méthode de piégeage massif en périphérie du verger et une application d'insecticides dans une zone périphérique ciblée tôt en saison (dès que le seuil est atteint) restent des aspects à considérer dans la lutte à *R. pomonella*.

Conclusion

La composition en variétés d'un verger de pommiers se doit d'être considérée pour la mise en place d'une stratégie de lutte, car elle influence directement l'apparition de la mouche de la pomme, son abondance et sa distribution, ce qui affecte l'efficacité du piégeage et les dommages aux fruits. Dans notre étude, les variétés de pommes ont démontré des taux de capture de la mouche de la pomme différents et ce facteur est primordial pour mettre en place une méthode de dépistage efficace dans le contexte actuel avec de nouvelles variétés. Il est donc proposé d'ajuster l'espacement entre les pièges selon la susceptibilité des variétés de pommes aux dommages causés par *R. pomonella* ; on devrait retrouver des pièges à une distance moindre dans les variétés les plus sensibles. De plus, il est recommandé de réaliser des traitements ciblés dans les variétés les plus attractives et sensibles à *R. pomonella*. Enfin, dans le cas où il y a une plantation de nouvelles variétés, il est proposé de planter des variétés sensibles en périphérie du verger de façon à capturer les premiers individus de la mouche de la pomme plus rapidement et de cibler des traitements seulement en périphérie pour réduire les populations. Finalement, afin de déterminer les paramètres spécifiques impliqués dans l'attractivité des nouvelles variétés de pommes en vergers, des essais devront considérer l'analyse des composés volatils qui permettront de déterminer leur rôle dans la localisation et l'acceptabilité du site de ponte par la femelle *R. pomonella*.

Références bibliographiques :

- Agnello A.M., Spangler S.M., Reissig W.H., 1990. Development and Evaluation of a More Efficient Monitoring System for Apple Maggot (Diptera: Tephritidae). *Journal of Economic Entomology*, 83, 539–546.
- Aliniaze M.T., Mohammad A.B., Booth S.R., 1987. Apple Maggot (Diptera: Tephritidae) Response to Traps in an Unsprayed Orchard in Oregon. *Journal of Economic Entomology*, 80, 1143–1148.
- Aluja M., Prokopy R.J., 1993. Host odor and visual stimulus interaction during intratree host finding behavior of *Rhagoletis pomonella* flies. *Journal of Chemical Ecology*, 19, 2671–2696.
- Aluja M., Prokopy R.J., Elkinton J.S., Laurence F., 1989. Novel approach for tracking and quantifying the movement patterns of insects in three dimensions under seminatural conditions. *Environmental entomology*, 18, 1–7.

- Bernays E., Graham M., 1988. On the evolution of host specificity in phytophagous arthropods. *Ecology*, 69, 886–892.
- Bostanian N.J., Racette G., 2001. Attract and kill, an effective technique to manage apple maggot, *Rhagoletis pomonella* [Diptera: Tephritidae] in high density Quebec apple orchards. *Phytoprotection*, 82, 25–34.
- Bostanian N.J., Vincent C., Roy M., 1993. Comparative Effectiveness of Three Trap Models to Monitor the Apple Maggot, *Rhagoletis pomonella* (Walsh), (Diptera: Tephritidae), in Quebec'. *Journal of Agricultural Entomology*, 10, 73–82.
- Bostanian N.J., Dondale C.D., Binns M.R., Pitre D., 1984. Effects of pesticide use on spiders (Araneae) in Quebec apple orchards. *The Canadian Entomologist*, 116, 663–675.
- Bostanian N.J., Vincent C., Chouinard G., Racette G., 1999. Managing apple maggot, *Rhagoletis pomonella* [Diptera : Tephritidae], by perimeter trapping. *Phytoprotection*, 80, 21–33.
- Carle S.A., Averill A.L., Rule G.S., Reissig W.H., Roelofs W.L., 1987. Variation in host fruit volatiles attractive to apple maggot fly, *Rhagoletis pomonella*. *Journal of Chemical Ecology*, 13, 795–805.
- Chouinard G., 2001. *Guide de gestion intégrée des ennemis du pommier*. CRAAQ, Québec, 226p.
- Drummond F., Groden E., Prokopy R.J., 1984. Comparative Efficacy and Optimal Positioning of Traps for Monitoring Apple Maggot Flies (Diptera: Tephritidae). *Environmental Entomology*, 13, 232–235.
- Duan J.J., Prokopy R.J., 1994. Apple maggot fly response to red sphere traps in relation to fly age and experience. *Entomologia experimentalis et applicata*, 73, 279–287.
- Duan J.J., Prokopy R.J., 1995. Control of apple maggot flies (Diptera: Tephritidae) with pesticide-treated red spheres. *Journal of Economic Entomology*, 88, 700–707.
- Fein B.L., Reissig W.H., Roelofs W.L., 1982. Identification of apple volatiles attractive to the apple maggot, *Rhagoletis pomonella*. *Journal of Chemical Ecology*, 8, 1473–1487.
- Girolami V., Starpazzon A., Pietra P., Crnjar R., Angioy A.M., Stoffolano J.G., Prokopy R.J., 1986. Behavior and sensory physiology of *Rhagoletis pomonella* in relation to oviposition stimulants and deterrents in fruit. In Cavalloro, R. (Ed). *Fruit Flies of Economic Importance*, Rotterdam.183–190.
- Green T., Wright S. E., 2009. Speciation, consumers, and the market: profit with a conscience. In *Biorational Tree-Fruit Pest Management*.CABI, Cambridge, Massachusett, 263–284.
- Leskey T.C., Chouinard G., Vincent C., 2009. Monitoring and Management of the Apple Maggot Fly and the Plum Curculio: Honouring the Legacy of R.J. Prokopy. In *Biorational Tree-Fruit Pest Management*. CABI, Massachusett, 110–143..
- Linn C., Feder J.L., Nojima S., Dambroski H.R., Berlocher S.H., Roelofs W., 2003. Fruit odor discrimination and sympatric host race formation in *Rhagoletis*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100, 11490–11493.
- Messina F.J., Jones V.P., 1990. Relationship between Fruit Phenology and Infestation by the Apple Maggot (Diptera: Tephritidae) in Utah. *Annals of the Entomological Society of America*, 83, 742–752.
- Morel M., Chouinard G., Bellerose S., 2013. Méthodes alternatives de protection des pommiers. Principales méthodes applicables pour le jardin domestique et la pomiculture commerciale. IRDA, Québec, 142p.
- Murphy B.C., Wilson L.T., Dowell R.V., 1990. Fruit Maturity Influences on Apple Maggot Capture and Optimum Between-Tree Trap Placement. *Apple Maggot in the West: History, Biology, and Control*, 3341, 79.
- Prokopy R.J., 1968. Visual responses of apple maggot flies, *Rhagoletis pomonella* (Diptera: Tephritidae): orchard studies. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 11, 403–422.
- Prokopy R.J., 1972. Response of apple maggot flies to rectangles of different colors and shades. *Environmental Entomology*, 1, 720–726.

- Prokopy R.J., 1975. Apple maggot control by sticky red spheres. *Journal of Economic Entomology*, 68, 197–198.
- Prokopy R.J., Roitberg B.D., 1984. Foraging behavior of true fruit flies: concepts of foraging can be used to determine how tephritids search for food, mates, and egg-laying sites and to help control these pests. *American Scientist*, 72, 41–49.
- Prokopy R.J., Moericke V., Bush G.L., 1973. Attraction of apple maggot flies to odor of apples. *Environmental Entomology*, 2, 743–750.
- Prokopy R.J., Johnson S.A., O'Brien M.T., 1990. Second-stage integrated management of apple arthropod pests. *Entomologia experimentalis et applicata*, 54, 9–19.
- Prokopy R.J., Jácome I., Bigurra E., 2005. An index for assigning distances between odor-baited spheres on perimeter trees of orchards for control of apple maggot flies. *Entomologia experimentalis et applicata*, 115, 371–377.
- Prokopy R.J., Averill A.L., Cooley S.S., Roitberg C.A., 1982. Associative learning in egg-laying site selection by apple maggot flies. *Science*, 218, 76–77.
- Prokopy R.J., Bergweiler C., Galarza L., Schwerin J., 1994. Prior experience affects the visual ability of *Rhagoletis pomonella* flies (Diptera: Tephritidae) to find host fruit. *Journal of Insect Behavior*, 7, 663–677.
- Prokopy R.J., Mason J.L., Christie M., Wright S.E., 1996. Arthropod pest and natural enemy abundance under second-level versus first-level integrated pest management practices in apple orchards: a 4-year study. *Agriculture, ecosystems & environment*, 57, 35–47.
- Prokopy R.J., Wright S.E., Black J.L., Rull J., 2001. Size of orchard trees as a factor affecting behavioural control of apple maggot flies (Dipt., Tephritidae) by traps. *Journal of Applied Entomology*, 125, 371–375.
- Reissig W.H., Stanley B.H., Roelofs W.L., Schwarz M.R., 1985. Tests of synthetic apple volatiles in traps as attractants for apple maggot flies (Diptera: Tephritidae) in commercial apple orchards. *Environmental entomology*, 14, 55–59.
- Reissig W.H., Weires R.W., Forshey C.G., Roelofs W.L., Lamb R.C., Aldwinckle H.S., Alm S.R., 1984. Management of the apple maggot, *Rhagoletis pomonella* (Walsh)(Diptera: Tephritidae), in disease-resistant dwarf and semi-dwarf apple trees. *Environmental entomology*, 13, 684–690.
- Rull J., Prokopy R.J., 2003. Trap position and fruit presence affect visual responses of apple maggot flies (Dipt., Tephritidae) to different trap types. *Journal of Applied Entomology*, 127, 85–90.
- Rull J., Prokopy R.J., 2004. Host-Finding and Ovipositional-Boring Responses of Apple Maggot (Diptera: Tephritidae) to Different Apple Genotypes. *Environmental Entomology*, 33, 1695–1702.
- Rull J., Prokopy R.J., 2005. Interaction between natural and synthetic fruit odor influences response of apple maggot flies to visual traps. *Entomologia experimentalis et applicata*, 114, 79–86.
- Sarles L., Verhaeghe A., Francis F., Verheggen F.J., 2015. Semiochemicals of *Rhagoletis* fruit flies: potential for integrated pest management. *Crop Protection*, 78, 114–118.
- Trimble R.M., Solymar B., 1997. Modified summer programme using border sprays for managing codling moth, *Cydia pomonella* (L.) and apple maggot, *Rhagoletis pomonella* (Walsh) in Ontario apple orchards. *Crop Protection*, 16, 73–79.
- Trimble R.M., Vickers P.M., 2000. Evaluation of Border Sprays for Managing the Codling Moth (Tortricidae: Lepidoptera) and the Apple Maggot (Tephritidae: Diptera) in Ontario Apple Orchards. *Journal of Economic Entomology*, 93, 777–787.
- Trottier R., Townshend J.L., 1979. Influence of soil moisture on apple maggot emergence, *Rhagoletis pomonella* (Diptera: Tephritidae). *The Canadian Entomologist*, 111, 975–976.

Yee W.L., Landolt P.J., Darnell T.J., 2005. Attraction of *Rhagoletis pomonella* (Diptera: Tephritidae) and Nontarget Flies to Traps Baited with Ammonium Carbonate and Fruit Volatile Lures in Washington and Oregon. *Journal of Agricultural and Urban Entomology*, 22, 133-149.

Yee W.L., Hernández-Ortiz V., Rull J., Sinclair B.J., Neven L.G., 2014. Status of *Rhagoletis* (Diptera: Tephritidae) Pests in the NAPPO Countries. *Journal of Economic Entomology*, 107, 11–28.