

**Confusion sexuelle multi-espèces pour lutter
contre la tordeuse des canneberges et la pyrale
des atocas en cannebergières.**

Projet No 5788043



RAPPORT FINAL

Durée du projet :

Avril 2018/Mars 2019

Rédigé par :

- Didier Labarre, CETAQ
- François Gervais, CETAQ
- Jean-Pierre Deland, Ocean Spray
- Daniel Cormier, IRDA
- Éric Lucas, UQAM

12 mars 2019

Remerciements

**Agriculture, Pêcheries
et Alimentation**

Québec 

Ce projet a été réalisé en vertu du programme d'appui au développement de l'agriculture et de l'agroalimentaire en région (PADAAR) et il a bénéficié d'une aide financière du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ).



THE
CRANBERRY
INSTITUTE

Fruit d'Or



Le projet a également bénéficié d'une aide financière du Cranberry Institute en vertu du programme Horticultural and Environmental Research ainsi que de Fruit d'Or et Citadelle.



Bieler

canneberges - cranberries

Nous tenons à remercier Canneberges Bieler pour sa participation au projet au niveau du prêt des parcelles, de la machinerie et du personnel. Plus particulièrement, nos remerciements vont à Pierre-Luc Leblanc et Éliane Dionne pour leur précieuse collaboration.



Des remerciements vont également à l'Université du Wisconsin-Madison et la United-States department of agriculture (USDA), plus spécialement à Monsieur Shawn Steffan et Madame Elissa Chassen pour leur précieuse collaboration ainsi que pour avoir procuré les diffuseurs à phéromones.

Nous aimerions également remercier l'équipe technique du CETAQ soit : Pier-Luc Mercier-Provencher, Marie-Josée Duval, Josée Mailloux, Josée Maltais, François Gagné, Karine Gagné, Guillaume Doyon, Yannick Arel-Rheault, Audrey Cadieux, Émile Charron-Ducharme, Marie-Ève Courchesne, Mélissandre Labrie, Samuel Bellefleur, Justine Laroche, Lucas Degos, Robin Sallio, Valentine Roche, Alexandre Roy, Chloé Mathieu, Dana Chehade, Gabriel Ayotte-Breton, David Fortin, Clémence Pakula, Raphaël Côté, Jérémie Marcotte-Leblanc et Cristal Becq, sans qui le projet n'aurait simplement pas pu avoir lieu.

Enfin, nous aimerions remercier Madame Chantal Turbis de l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA) de Santé Canada pour la validation de l'exemption de recherche.

Équipe de réalisation :

Club environnemental et technique
atocas Québec (CETAQ)

Didier Labarre
François Gervais

Ocean Spray

Jean-Pierre Deland

Institut de recherche et développement
en agroenvironnement (IRDA)

Daniel Cormier

Laboratoire de lutte biologique –
Université du Québec à Montréal
(UQAM)

Éric Lucas
Didier Labarre

Autorisation de recherche

Le projet présenté dans le rapport ci-contre s'est conformé aux conditions pour une exemption d'autorisation et d'avis de recherche auprès de l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA) de Santé Canada en vertu de l'article 55 du Règlement sur les produits antiparasitaires (RPA).

Point de contact:

Didier Labarre
Club environnemental et technique atocas Québec (CETAQ)
859, ancienne route de l'église
Notre-Dame-de-Lourdes, Québec, Canada
G0S 1T0

Téléphone : 819-385-4242, poste 2230
Télécopieur : 819-385-4111
Courriel : dlabarre@cetaq.qc.ca

Ce rapport peut être cité comme suit :

Labarre, D., Gervais, F., Deland, J.P., Cormier, D. et Lucas, E. 2019. Confusion sexuelle multi-espèces pour lutter contre la tordeuse des canneberges et la pyrale des atocas en cannebergères. Rapport final présenté au MAPAQ – Programme d'appui au développement de l'agriculture et de l'agroalimentaire en région. CETAQ. 20 p.

Table des matières

Introduction	- 1 -
Objectifs	- 2 -
Objectif principal :	- 2 -
Objectifs Spécifiques :	- 2 -
Calendrier des réalisations	- 2 -
Matériel et méthodes	- 3 -
Dispositif expérimental	- 3 -
Site	- 3 -
Disposition des parcelles	- 3 -
Application des diffuseurs	- 3 -
Composition des diffuseurs	- 3 -
Mode d'application	- 3 -
Période	- 4 -
Collecte de données	- 4 -
Suivi des populations	- 4 -
Évaluation des rendements et dommages	- 4 -
Analyses statistiques	- 5 -
Résultats	- 5 -
Discussion	- 6 -
Conclusion	- 8 -
Références	- 9 -

Liste des figures :

Figure 1. Disposition des parcelles expérimentales au sein de la cannebergère à l'étude.

Figure 2. Application des diffuseurs en champs à l'aide de la rampe de désherbage (A) et diffuseurs disposés en champs (B).

Figure 3. Dommages aux fruits causés par la pyrale des atocas, *Acrobasis vaccinii* Riley (A) et par la tordeuse des canneberges, *Rhopobota naevana* (Hübner) (B).

Figure 4. Capture de mâles de tordeuse des canneberges, *Rhopobota naevana* (Hübner) (A) et de la pyrale des atocas, *Acrobasis vaccinii* Riley (B) dans les pièges à phéromones au sein des parcelles témoins et sous confusion.

Introduction

La tordeuse des canneberges (*Rhopobota naevana* [Hübner]) et la pyrale des atocas (*Acrobasis vaccinii* Riley) sont des ravageurs majeurs de la canneberge au Québec (Landry et al., 2000; Le Duc et Turcotte, 2004; Drolet et al., 2018). À elles seules, ces deux espèces peuvent occasionner des pertes de rendements d'environ 40 % et 95 %, respectivement (CETAQ, données non publiées) lorsqu'elles ne sont pas contrôlées. Leur gestion pose particulièrement des problèmes en production biologique, où il n'existe qu'un seul insecticide homologué et efficace (Cranberry Institute, 2018). Chaque année, des traitements répétés de cet insecticide sont nécessaires afin de limiter les dommages de ces deux espèces; une pratique qui soulève des inquiétudes quant à la viabilité de la méthode de gestion de ces ravageurs. Dans une optique de lutte intégrée et d'agriculture durable, il est primordial d'explorer et développer des méthodes de lutte alternative pour la gestion des populations de tordeuse des canneberges et pyrale des atocas.

La confusion sexuelle est une méthode de lutte alternative aux insecticides qui consiste à diffuser des phéromones sexuelles d'insecte au sein d'un système agricole dans le but de limiter la capacité de localisation des femelles par les mâles (Miller et Gut, 2015). Interférer avec la capacité de recherche d'un partenaire se traduit par une absence ou un retardement de l'accouplement, réduisant ainsi la fécondité des femelles (Fitzpatrick et al., 1995; Fitzpatrick, 2006; Fadamiro et Baker, 2002). Bien que la méthode soit étudiée depuis plus de 40 ans, les mécanismes d'action de celle-ci demeurent, encore à ce jour, mal compris (Miller et Gut, 2015). Toutefois, la multiplication des essais fructueux suggère qu'une méthode de lutte par confusion sexuelle efficace peut être développée en adoptant une approche expérimentale appliquée (Miller et Gut, 2015). En raison de l'efficacité observée dans le cas de différents ravageurs ainsi que les risques environnementaux et sanitaires extrêmement faibles liés à l'usage de la confusion sexuelle, l'usage de la méthode s'est grandement répandu au cours des dernières décennies (Miller et Gut, 2015).

Bien que l'identité moléculaire et les concentrations des différentes molécules composant les phéromones sexuelles de la tordeuse des canneberges (69,2% Z11-14: Ac, 23,1% Z11-14: OH, 7,7% Z9-12: Ac; Fitzpatrick et al., 1995) et de la pyrale des atocas (96,2% E8, Z10-15: Ac, 3,8% E9-15: Ac; McDonough et al., 1994) soient connues, il n'existe actuellement aucun programme de lutte utilisant la confusion sexuelle pour cette culture. Depuis les années 1990, des essais préliminaires de confusion sexuelle montrant des résultats prometteurs ont été réalisés pour lutter contre la tordeuse des canneberges dans l'Ouest canadien (Fitzpatrick et al., 1995, 2004), aux États-Unis (Baker et al., 1997; Fadamiro et al., 1998) et contre la tordeuse soufrée aux États-Unis (Polavarapu et al., 2001). Plus récemment, Steffan et al. (2017) ont mis à l'essai une formulation de SPLAT (Specialized Pheromone & Lure Application Technology; ISCA Technologies Inc.) et ont observé des réductions de 92 % et 79 % des captures dans les pièges à phéromone respectivement pour *R. naevana* et *A. vaccinii*. Toutefois, l'application de cette matrice de

diffusion nécessite des modifications et l'ajout d'équipement aux rampes de pulvérisation actuellement utilisées (Steffan et al. 2017), ce qui a freiné le processus d'utilisation en cannebergières commerciales.

En raison des obstacles engendrés par le diffuseur à base de SPLAT, il fut suggéré de développer un nouveau mode de diffusion qui soit accessible aux producteurs afin de favoriser l'adoption de la méthode (Steffan et al., 2017). En ce sens, un projet dirigé par le Pr Shawn Steffan de l'Université du Wisconsin-Madison a élaboré de nouvelles matrices de diffusion sous forme granulaire solide. Ces diffuseurs permettraient l'application en champs à l'aide des rampes à épandage d'engrais solide que possèdent déjà les producteurs de canneberges. Ce projet visait donc à évaluer le potentiel de la confusion sexuelle et de ces nouveaux types de diffuseurs en cannebergière au Québec.

Objectifs

Objectif principal :

L'objectif principal du projet est d'évaluer le potentiel de la confusion sexuelle, à l'aide de diffuseurs à matrice solide granulaire, comme méthode de lutte contre la tordeuse des canneberges et la pyrale des atocas au Québec.

Objectifs spécifiques :

1. Évaluer la capacité des diffuseurs à entraîner un arrêt ou une forte diminution des captures dans les pièges à phéromones dans les parcelles sous confusions;
2. Évaluer la capacité des diffuseurs à diminuer les dommages de la tordeuse des canneberges et de la pyrale des atocas.

Calendrier des réalisations

Étape de réalisation	Période
Rencontre de planification et sélection des parcelles.	11 Mai 2018
Application des diffuseurs à phéromones de pyrale des atocas.	9 juillet 2018
Application des diffuseurs à phéromones de tordeuse des canneberges.	13 août 2018
Retrait des diffuseurs et échantillonnage de fruits.	14 Septembre 2018
Analyse des données et rédaction du rapport.	Novembre-Mars 2018

Matériel et méthodes

Dispositif expérimental

Site

Les essais ont été réalisés au sein d'une cannebergière commerciale en régie biologique, Canneberges Bieler (46° 17' 16"N, 71° 58' 47"O) situé à Saint-Louis-de-Blandford, dans la région du Centre-du-Québec. Le site est composé de 16 champs de 5,6 acres (2,27 ha) chacun, disposés en 2 rangées de 8 champs accolés longitudinalement. Les champs de la section ouest ont été implantés en 2005, tandis que ceux de la section est, en 2004. Un mélange de variétés comprenant de la Stevens, Pilgrim, Gryglesky et Bergman est présent dans les deux sections. La ferme a entamé sa transition biologique, de trois ans, en 2015.

Disposition des parcelles

Puisque les phéromones sexuelles sont des molécules volatiles et ont des propriétés attractives pour les mâles des deux espèces ciblées, il était important de disposer les parcelles afin de limiter l'effet du traitement sur la parcelle étudiée et les parcelles avoisinantes. En raison de la présence d'un vent dominant provenant du nord-ouest, il fut jugé préférable de disposer les parcelles traitées au sud-est de la ferme. Cette disposition limitait l'immigration des mâles provenant de l'extérieur de la parcelle puisque seuls des boisés se trouvaient en aval des vents dominants. De plus, une distance d'au moins 100m fut respectée entre les parcelles traitées et les parcelles traitées et témoins. N'étant pas sous confusion, les parcelles témoins ne présentaient pas de risques de biais par une immigration extérieure et n'étaient pas susceptibles d'influencer le comportement des mâles dans les parcelles avoisinantes. La disposition de ces dernières est présentée dans la Figure 1. Chacune d'entre elles possédait une superficie de 1,38 acre (0,55 ha).

Application des diffuseurs

Composition des diffuseurs

Les phéromones sexuelles de la tordeuse des canneberges et de la pyrale des atocas ont été chargées dans des billes de cire d'abeille d'un diamètre moyen de 5mm. Ces dernières ont été disposées en champs à un taux de 5lbs/acre (5,6kg/ha) pour les deux insectes. Les diffuseurs étaient chargés à un taux de matière active de 35g/acre (86g/ha) de phéromones dans le cas de *R. naevana* et 16g/acre (39,54g/ha) de phéromones dans le cas de *A. vaccinii*. Ces concentrations ont été déterminées suite aux tests de diffusion en laboratoire par l'équipe du Pr Shawn Steffan.

Mode d'application

Afin de respecter les exigences d'une autorisation de recherche, les diffuseurs devaient pouvoir être retirés à la fin des essais. Pour cette raison, ils ont été mis à l'intérieur de petites pochettes de mousseline (Figure 2a). Un taux de 1000 points de diffusions par acre (2471/ha) a été jugé optimal pour obtenir une diffusion homogène des phéromones

au sein des parcelles. Pour cette raison, une quantité de 2,27g de diffuseurs a été ensachée dans chacune des pochettes de mousseline. Les pochettes ont par la suite été attachées sur des cordes en nylons distancées de 2m chacune. Les cordes ont été étendues de manière longitudinale directement sur les vignes des parcelles et espacées de 2m. Ainsi, un total de 22 pochettes de large par 62 pochettes de long ont été appliquées dans chacune des parcelles traitées. L'application s'est faite depuis une rampe de désherbage afin d'éviter le piétinement sur la culture (Figure 2b). La Figure 2c illustre l'allure des parcelles à la suite de l'application des diffuseurs.

Période

Dans le cadre de ce projet, des diffuseurs chargés de phéromones de pyrale des atocas ont été appliqués en champs le 9 juillet 2018. Les diffuseurs chargés de phéromones de la tordeuse des canneberges ont été appliqués le 13 août, ciblant ainsi le deuxième vol de l'espèce.

Collecte de données

Suivi des populations

Des pièges à phéromone ont été installés au centre de chacune des parcelles le 2 juillet 2018. Un piège de type *diamond* muni d'une capsule à phéromones synthétiques BHF (ISCA Technologies inc.) a été utilisé pour la tordeuse des canneberges, alors qu'un piège de type *delta* muni d'une capsule à phéromones synthétiques CFW (ISCA Technologies inc.) a été utilisé pour la pyrale des atocas. Les bases collantes des pièges ont été remplacées de façon hebdomadaire, alors que les capsules à phéromones ont été remplacées toutes les trois (3) semaines. Un décompte des mâles capturés dans chacun des pièges fut réalisé de façon hebdomadaire jusqu'au 30 juillet dans le cas de la pyrale des atocas et jusqu'au 4 septembre dans le cas de la tordeuse des canneberges.

Évaluation des rendements et dommages

En fin de saison de croissance, soit le 14 septembre 2018, un échantillonnage aléatoire composé de 10 quadras de 1m^2 au sein desquels tous les fruits ont été récoltés a été réalisé dans chacune des parcelles. Les fruits ont par la suite été triés en laboratoire afin d'évaluer le nombre de fruits endommagés par chacune des espèces à l'étude ainsi que le nombre de fruits sains. Les dommages aux fruits causés par la pyrale des atocas se caractérisent par un trou d'entrée dans le fruit, habituellement circulaire, l'intérieur du fruit est consommé en grande partie et la larve sort habituellement par le même trou (Figure 3a). Les dommages des tordeuses des canneberges sont reconnaissables par un grignotement du fruit, autant la pelure que la chair, sans modus operandi particulier (figure 3b). Par ailleurs, les excréments de la pyrale des atocas sont jaunâtres, pâles et humides, tandis que ceux de la tordeuse des canneberges sont secs et noirs, la somme de ces indices facilite l'identification des dommages.

Les rendements ont été évalués et pesant la totalité des fruits commercialisables se trouvant dans les quadras et en extrapolant la masse par m^2 en une masse à l'acre.

Analyses statistiques

Toutes les analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel d'analyses statistiques R (version 3.5.2; R Core team, 2018). Les résultats ont été considérés significatifs à $P < 0,05$.

Le nombre d'individus capturés dans les pièges pour chacune des espèces a été comparé entre les parcelles sous confusion et témoins pour chacune des semaines utilisant des tests répétés de Kruskal-Wallis.

Les dommages aux fruits causés par la tordeuse des canneberges et la pyrale des atocas ont été comparés entre les parcelles sous confusions et témoins à l'aide d'une régression négative binomiale à effets mixtes. Cette analyse a été réalisée utilisant la fonction *glmer.nb* de la bibliothèque *lme4* (Bates et al., 2015). Ce modèle permet d'analyser des données de dénombrement en prenant en compte la sous-structure occasionnée par plusieurs répétitions au sein d'une même parcelle, évitant ainsi la pseudo-réplication. Le nombre de fruits endommagés a été utilisé en tant que variable réponse, le traitement (sous confusion ou témoin) en tant que prédicteur à effet fixe et l'identité de la parcelle en tant que prédicteur à effet aléatoire.

Une régression linéaire à effet mixte a été réalisée à l'aide de la fonction *lmer* de la bibliothèque *lme4* (Bates et al., 2015) afin de comparer les rendements entre les parcelles sous confusion et témoin. Cette analyse permet également de prendre en compte la sous-structure occasionnée par plusieurs répétitions au sein d'un même parcelle. Les rendements ont été utilisés en tant que variable réponse, le traitement (sous confusion ou témoin) en tant que prédicteur à effet fixe et l'identité de la parcelle en tant que prédicteur à effet aléatoire. La normalité a préalablement été testée à l'aide d'un test de Shapiro-Wilk ($W = 0,984$; $P = 0,407$) et l'égalité des variances à l'aide d'un test F ($F_{39,39} = 0,931$; $P = 0,824$).

Résultats

Les tests de Kruskal-Wallis n'ont révélé aucune différence significative entre le nombre de mâles adultes capturés dans les pièges à phéromones de tordeuse des canneberges entre les parcelles sous confusions et les parcelles témoins le 13 août ($X^2 = 3,607$; $df = 1$; $P = 0,058$) et le 28 août ($X^2 = 4,521$; $df = 1$; $P = 0,078$). Toutefois, des différences significatives entre le nombre de captures entre les deux types des parcelles ont été observées le 21 août ($X^2 = 5,333$; $df = 1$; $P = 0,021$); les parcelles sous confusion ($\mu = 28,25$) présentant significativement moins de captures que les parcelles témoin ($\mu = 4,25$). Il en est de même pour le 4 septembre où les parcelles sous confusion ($\mu = 3,00$) présentaient significativement moins de captures que les parcelles témoins ($\mu = 0,00$; $X^2 = 3,938$; $df = 1$; $P = 0,047$; Figure 4a).

Les tests de Kruskal-Wallis n'ont révélé aucune différence significative entre le nombre de mâles adultes capturés dans les pièges à phéromones de pyrale des atocas

entre les parcelles sous confusions et les parcelles témoins le 9 juillet ($X^2 = 1,349$; $df = 1$; $P = 0,245$) et le 30 juillet ($X^2 = 3,452$; $df = 1$; $P = 0,063$). Toutefois, des différences significatives entre le nombre de captures entre les deux types des parcelles ont été observées le 16 juillet ($X^2 = 5,398$; $df = 1$; $P = 0,020$); les parcelles sous confusion ($\mu = 3,50$) présentant significativement moins de captures que les parcelles témoin ($\mu = 48,00$). Il en est de même pour le 23 juillet, où les parcelles sous confusion ($\mu = 2,25$) présentaient significativement moins de captures que les parcelles témoins ($\mu = 0,00$; $X^2 = 0,781$; $df = 1$; $P = 0,018$; Figure 4b).

La régression négative binomiale a effets mixtes n'a révélé aucune différence au niveau des dommages occasionnés par la tordeuse des canneberges entre les parcelles sous confusion et témoin ($z = 0,851$; $P = 0,395$; $AIC = 312,700$). Toutefois, cette même analyse comparant les dommages occasionnés par la pyrale des atocas a révélé un taux de dommages significativement plus élevé au sein des parcelles sous confusion ($\mu = 0,38\%$) par rapport aux parcelles témoins ($\mu = 0,17$; $z = 2,349$; $P < 0,05$; $AIC = 146,000$).

La régression linéaire à effets mixtes n'a révélé aucune différence au niveau des rendements entre les parcelles sous confusion et les parcelles témoins ($t = 0,253$; $df = 6$; $P = 0,809$).

Discussion

À notre connaissance, le projet présenté dans ce rapport représente les premiers essais de confusion sexuelle en cannebergières au Québec. Il s'agit également des premiers essais de confusion sexuelle utilisant un diffuseur granulaire en cire d'abeille. Nos résultats montrent une diminution significative des captures dans les pièges à phéromones suivant l'application en champ des diffuseurs (Figure 4), ce qui suggère que la méthode est efficace pour interférer avec l'accouplement des espèces ciblées. Une telle réduction de captures a été montrée précédemment dans le cas de la tordeuse des canneberges (Fitzpatrick et al., 1995, 2004; Baker et al., 1997, Steffan et al., 2017) et pour la pyrale des atocas (Steffan et al., 2017).

Dans le cas de la tordeuse des canneberges, l'effet semble s'être dissipé après seulement une semaine, pour refaire surface le 4 septembre. On ne s'attendrait pas à un retour de l'efficacité après que celle-ci ait diminuée dans une méthode de lutte par confusion sexuelle puisqu'il les taux de diffusions de molécules volatiles devraient être en diminution constante. Toutefois, il est possible qu'en raison de conditions climatiques plus pluvieuses, la diffusion ait été être limitée en raison de la mise en sachets des diffuseurs. En effet, les fines mailles de la mousseline, lorsqu'elles sont détrempées, ne peuvent laisser passer des molécules volatiles comme les phéromones aussi facilement qu'en condition sèche. Dans le cas de la pyrale des atocas, la diminution de nombre de captures dans les pièges à phéromones s'est étalée sur 2 semaines.

Nos résultats semblent montrer une efficacité moins longue que les essais de confusion sexuelle réalisés précédemment en cannebergières (Fitzpatrick et al., 1995, 2004; Baker et al., 1997, Steffan et al., 2017). Toutefois, le vol du ravageur a rapidement pris fin suivant l'application des diffuseurs, ce qui rend difficile de tirer des conclusions fiables sur la durée d'efficacité et explique l'absence de regain d'efficacité avec une météo plus favorable. Afin d'évaluer ce facteur, mais également espérer une meilleure efficacité, il serait souhaitable d'appliquer les diffuseurs avant le début de vol de l'espèce, chose initialement prévue, mais rendue impossible par des retards imprévisibles de livraison de matériel. Un modèle de développement en degrés-jours pour l'espèce pourrait être consulté afin de mieux planifier les applications. Un tel modèle a récemment été développé au Wisconsin pour la pyrale des atocas (Chassen et Steffan, 2016; Chassen et Steffan, 2017). Cockfield et al. (1994) ont également développé un modèle prédictif de développement pour la tordeuse des canneberges en Colombie-Britannique. Il serait important de valider ou d'adapter ces modèles pour le Québec afin d'optimiser l'usage de la confusion sexuelle.

Tel que mentionné précédemment, la mise en sachets semble avoir nui à la diffusion, mais cette pratique n'est pas le mode d'utilisation ultimement ciblé. Cette étape représentait une condition à respecter afin de satisfaire aux exigences d'une exemption d'homologation. L'avantage de diffuseurs d'origine organique sous forme granulaire se situe au niveau de la facilité d'application. En effet, ces derniers peuvent être distribués en champs grâce à un épandeur à engrais et laissés en champs. Tel que soulevé par Steffan et al. (2017), le principal frein à l'usage commercial de la confusion sexuelle en cannebergières est le mode d'application. Le type de diffuseur que les travaux en cours proposent fut développé spécialement en réponse à ce problème. Pour cette raison, les essais futurs devraient être réalisés suivant ce mode d'application.

Dans le cadre de ce projet, aucun effet n'a été noté sur les dommages occasionnés par la tordeuse des canneberges. Ce résultat était en fait attendu puisque les parcelles ont été mises sous confusion au moment du second vol de l'insecte. Les œufs pondus par les femelles de deuxième génération entrant majoritairement en diapause (Le Duc et Turcotte, 2004), aucun dommage par cette génération n'est donc attendu au cours de l'année en cours. Il serait toutefois possible d'observer une réduction des populations lors de la première génération l'année suivante. En ce qui concerne les dommages occasionnés par la pyrale des atocas, ceux-ci semblent avoir augmenté dans les parcelles sous confusion. Ce résultat est en contradiction avec l'objectif de réduction des dommages visé par une méthode de lutte. Il est toutefois important de noter que les taux, pour les parcelles sous confusion et témoin, se situent tout deux sous les 1%, ce qui est très faible pour une ferme en régie biologique. De plus, cette augmentation des dommages peut s'expliquer en raison de la petite taille des parcelles et la mobilité de l'insecte. En effet, les phéromones sexuelles, étant des molécules attractives pour les mâles, ont probablement engendré une immigration de mâles provenant de l'extérieur des parcelles. Un tel déplacement peut avoir causé un débalancement du rapport des sexes au sein des parcelles sous confusion, ce qui a pour effet d'augmenter la probabilité

d'accouplement et donc la fécondité des femelles. Ce phénomène a déjà été remarqué dans le cas de la confusion sexuelle au sein d'autres cultures (Cormier, communication personnelle). Il souligne également l'importance d'utiliser la confusion sexuelle à grande échelle, idéalement à l'échelle de fermes entières, limitant ainsi l'immigration de mâles.

Enfin, l'absence d'effet au niveau des rendements était également à prévoir. Les taux de dommages engendrés par les ravageurs étant très faible, il aurait été très surprenant d'observer un effet à ce niveau. De plus, de nombreux facteurs peuvent affecter les rendements, ce qui rend difficile de tirer des conclusions d'efficacité en comparant ce seul facteur. Il pourrait toutefois être pertinent d'en tenir compte au sein d'exploitation présentant de fortes densités de populations des ravageurs et des niveaux de dommages importants.

Conclusion

Ce projet représente les premiers essais de confusion sexuelle en cannebergières au Québec. Les résultats sont en accord avec les essais réalisés dans le passé pour lutter contre la tordeuse des canneberges et la pyrale des atocas. Toutefois, il fut impossible de déterminer avec certitude la durée de l'efficacité ainsi que le niveau de réduction des dommages. Il serait pertinent de valider ou corriger les modèles de développement des ravageurs afin d'appliquer les diffuseurs avant le début de leur vol. Par ailleurs, les prochains essais devraient être faits en utilisant le mode d'application visé par ce type de diffuseur, soit l'épandage en champs. Les essais devraient également être réalisés sur des plus grandes parcelles afin d'évaluer le potentiel de diminution des dommages de la méthode.

Références

- Baker, T. C., Dittl, T., et Mafra-Neto, A. (1997). Disruption of sex pheromone communication in the blackheaded fireworm in Wisconsin cranberry marshes by using MSTRS devices. *Journal of Agricultural Entomology*, 14(4), 449-457.
- Bates, D., Maechler, M., Bolker, B. et Walker, S. (2015). Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67(1), 1-48.
- Chasen, E., et Steffan, S. (2017). Cranberry fruitworm degree-day. Wisconsin Cranberry School.
- Chasen, E. M., et Steffan, S. A. (2016). Temperature-mediated growth thresholds of *Acrobasis vaccinii* (Lepidoptera: Pyralidae). *Environmental entomology*, 45(3), 732-736.
- Cockfield, S. D., Fitzpatrick, S. M., Giles, K. V. et Mahr, D. L. (1994). Hatch of blackheaded fireworm (Lepidoptera: Tortricidae) eggs and prediction with temperature-driven models. *Environmental entomology*, 23(1), 101-107.
- Cranberry Institute. (2018) Canadian cranberry pesticide chart. Carver, Massachusetts, États-Unis.
- Drolet, I., Landry, J-F. et Moisan-De Serres, J. (2018). Insectes ravageurs de la canneberge. Club environnemental et technique atocas Québec (CETAQ) et Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ), Québec, Québec, 202 p.
- Fadamiro, H. Y., Cosse, A. A., Dittl, T., et Baker, T. C. (1998). Suppression of mating by blackheaded fireworm (Lepidoptera: Tortricidae) in Wisconsin cranberry marshes by using MSTRS devices. *Journal of Agricultural Entomology*, 15(4), 377-386.
- Fitzpatrick, S. M. (2006). Delayed mating reduces fecundity of blackheaded fireworm, *Rhopobota naevana*, on cranberry. *Entomologia experimentalis et applicata*, 120(3), 245-250.
- Fitzpatrick, S. M., Troubridge, J. T., et Maurice, C. (2004). Pheromone released from polyvinyl chloride dispensers disrupts mate-finding and pheromone-source location by *Rhopobota naevana* (Lepidoptera: Tortricidae) in cranberries. *The Canadian Entomologist*, 136(1), 91-108.
- Fitzpatrick, S. M., Troubridge, J. T., Maurice, C., et White, J. (1995). Initial Studies of Mating Disruption of the Black headed Fireworm of Cranberries (Lepidoptera: Tortricidae). *Journal of economic entomology*, 88(4), 1017-1023.

-
- Landry, J.-F., Roy, M. et Turcotte, C. (2000). Cranberry Pests of Quebec – an Identification Guide. Club d'encadrement technique Atocas Québec, Notre-Dame-de-Lourdes, Québec, 188 p.
- Le Duc, I. et Turcotte, C. (2004). Manuel de lutte intégrée de la canneberge de l'Est canadien. Club environnemental et technique atocas Québec (CETAQ), Notre-Dame-De-Lourdes, Québec, 148 p.
- McDonough, L. M., Averill, A. L., Davis, H. G., Smithhisler, C. L., Murray, D. A., Chapman, P. S., ... et Averill, M. M. (1994). Sex pheromone of cranberry fruitworm, *Acrobasis vaccinii* Riley (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of chemical ecology*, 20(12), 3269-3279.
- Miller, J. R., et Gut, L. J. (2015). Mating disruption for the 21st century: matching technology with mechanism. *Environmental entomology*, 44(3), 427-453.
- Polavarapu, S., Lonergan, G., Peng, H., & Neilsen, K. (2001). Potential for mating disruption of *Sparganothis sulfureana* (Lepidoptera: Tortricidae) in cranberries. *Journal of economic entomology*, 94(3), 658-665.
- Steffan, S. A., Chasen, E. M., Deutsch, A. E., et Mafra-Neto, A. (2017). Multi-species mating disruption in cranberries (Ericales: Ericaceae): Early evidence using a flowable emulsion. *Journal of Insect Science*, 17(2), 54.
- R Development Core Team (2018) R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. R Foundation for Statistical Computing, Vienna.

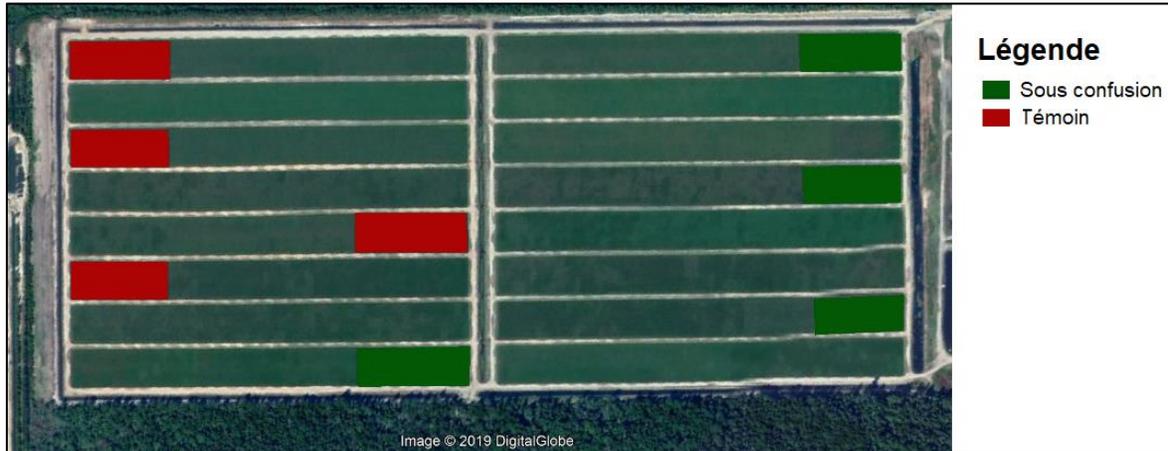


Figure 1. Disposition des parcelles expérimentales au sein de la cannebergière à l'étude.

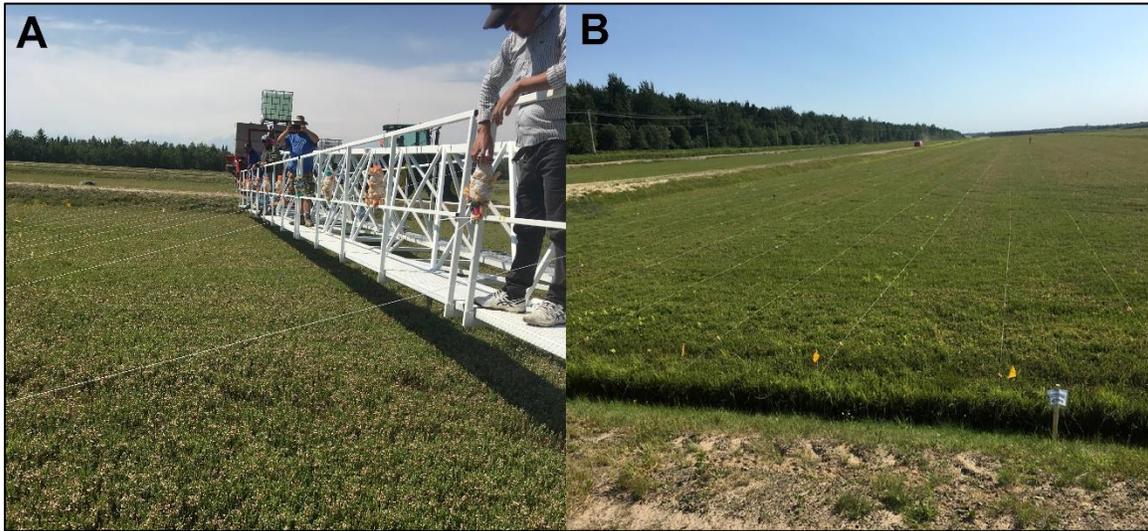


Figure 2. Application des diffuseurs en champs à l'aide de la rampe de désherbage (A) et diffuseurs disposés en champs (B).



Figure 3. Dommages aux fruits causés par la pyrale des atocas, *Acrobasis vaccinii* Riley (A) et par la tordeuse des canneberges, *Rhopobota naevana* (Hübner) (B).

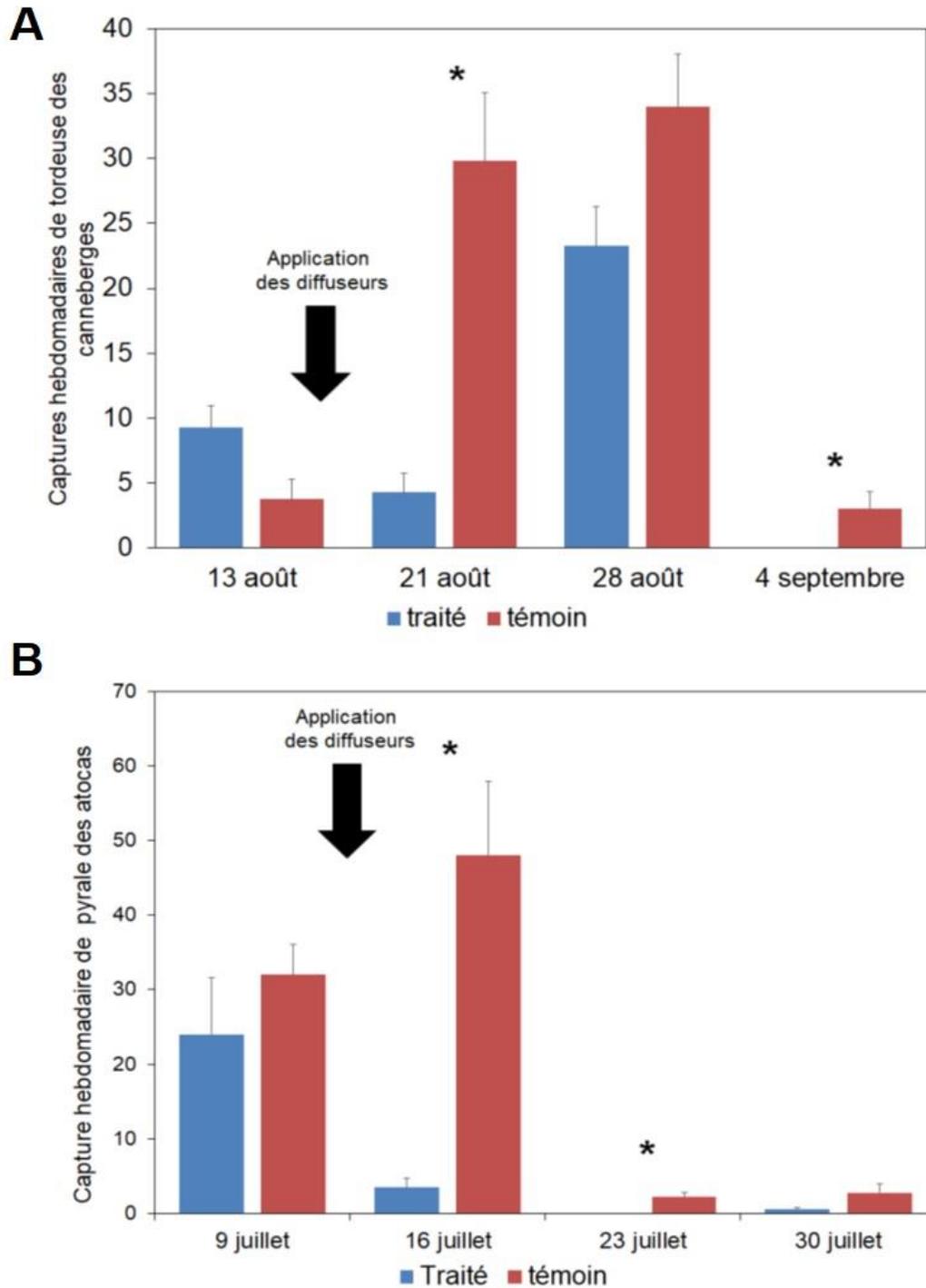


Figure 4. Capture de mâles de tordeuse des canneberges, *Rhopobota naevana* (Hübner) (A) et de la pyrale des atocas, *Acrobasis vaccinii* Riley (B) dans les pièges à phéromones au sein des parcelles témoins et sous confusion.