

Rapport final

IA214196:

*Charte de gestion de *Dicyphus hesperus* en production de tomate de serre*

Responsable scientifique

Éric Lucas:

Université du Québec à Montréal :

19 octobre 2017

Section 1 - Chercheurs impliqués et responsable autorisé de l'établissement (ces personnes doivent également faire parvenir un courriel pour attester qu'ils ont lu et approuvent le rapport.)

Éric Lucas – UQAM

Section 2 – Partenaires

Les Serres Lufa, 201-1400 Antonio-Barbeau, Montréal.
Personne contact : Janvier Campos

L'Abri Végétal, 350 Chemin Drouin Compton.
Personne contact : Frédéric Jobin-Lawler

Section 3 – Fiche de transfert (max 2 à 3 pages)

Est-ce possible de prévoir les dommages aux tomates par *Dicyphus hesperus*?

Fournier et Lucas

No de projet : (réservé à l'administration)

Durée : 08/2014 – 09/2017

FAITS SAILLANTS

En laboratoire, nos résultats ont montré que 5 larves d'aleurodes par jour par punaise adulte prévient l'apparition des dommages aux fruits. Les dommages augmentent linéairement avec la diminution de la densité de proies. En serre commerciale, les dommages aux fruits prennent 2 semaines à se développer. Les ratios proie-prédateurs calculés sur l'ensemble de la rangée sont plus fortement corrélés aux dommages aux fruits que les ratios calculés sur des plants individuels. Un ratio de 5 proies par prédateur est le seuil où les dommages commencent à apparaître en serre. Par contre, une distribution contagieuse des aleurodes ("hot spot") fait augmenter la valeur du seuil d'intervention à une valeur plus grande que 5. L'utilisation du ratio calculé sur des plants individuels redonne des valeurs de seuil autour de 5 larves d'aleurode par prédateur. Si dans une rangée les populations d'aleurodes sont uniformes, le ratio calculé sur l'ensemble de la rangée est à privilégier. Par contre, dans une distribution contagieuse ou il y a beaucoup d'aleurodes dans une partie de la rangée, le ratio calculé sur des plants individuels est plus représentatif. Un traitement au savon Saver® sur le bas et le milieu du plant de tomate réduit de 71% les populations de *Dicyphus* et fait augmenter les ratios proie-prédateur. Il n'est pas nécessaire d'éliminer toute la population de punaises pour éliminer les dommages aux fruits. Un traitement au savon insecticide à une valeur proche du ratio de 5 proies par prédateur retarde l'apparition des dommages aux fruits.

OBJECTIF(S) ET MÉTHODOLOGIE

Le but du projet est d'élaborer une charte décisionnelle pour la punaise *Dicyphus hesperus* afin d'aider les producteurs de tomates de serre. Les objectifs sont: 1) de déterminer la densité de proies et de prédateurs à laquelle les dommages commencent à apparaître en laboratoire; 2) de valider en serre commerciale a) le seuil de dommages et b) et la fiabilité de la charte décisionnelle. En laboratoire nous avons mis dans une cage une grappe de fruits, deux couples de *Dicyphus* et des aleurodes, les densités suivantes ont été utilisées soit 0, 20, 40 80 et 160 ainsi qu'un témoin sans prédateur. Une fois par semaine, chez deux producteurs de tomates du début mai à fin août, nous avons dénombré le nombre d'aleurode (larve et adulte), le nombre de *Dicyphus* (petites, grosses larves et adultes) sur 2 feuilles à la base du plant, 2 feuilles dans la section médiane et 2 feuilles dans la partie supérieure. Nous comptons également le nombre de piqûres sur les fruits.

RÉSULTATS SIGNIFICATIFS POUR L'INDUSTRIE

En laboratoire, le nombre de piqûres total par la punaise sur la grappe de fruits diminue avec l'augmentation des densités d'aleurodes. Les densités de 80 et 160 aleurodes ne sont pas significativement différentes du traitement sans prédateur (Figure 1). Un ratio de 5 proies/prédateur par jour est le seuil auquel les dommages apparaissent.

En serre, les corrélations entre le ratio proie-prédateur et les dommages aux fruits sont plus fortes après deux semaines (semaine courante : $R^2 = 0$ $p = 0,97$; dommage + 1 semaine : $R^2 = 0,168$, $p = 0,0001$; et dommage + 2 semaines : $R^2 = 0,229$, $p = 0,0001$). La piqûre dans un fruit vert mature prend 2 semaines avant que la décoloration blanche ne se forme. Le ratio proie-prédateur peut être calculé de plusieurs façons

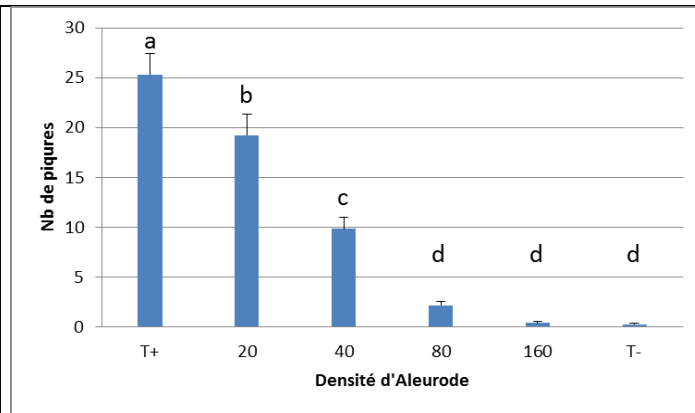


Figure 1, Dommages aux fruits vs densité d'aleurode

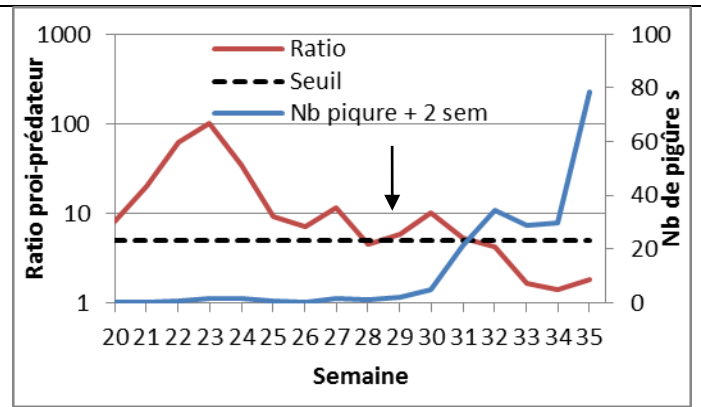


Figure 2. Ratio proie-Prédateur et nb de piqûres aux fruits durant la saison de production

soit individuellement pour chaque plant expérimental, soit en se basant sur le nombre total de prédateurs et de proies dans la rangée de plants. Les corrélations entre le ratio proie-prédateur et les dommages aux fruits après 2 semaines sont significatifs (ratio individuel : R^2 0,08, $p = 0,01$; ration sur la rangée : R^2 0,25, $p = 0,0001$). Les ratios calculés sur la rangée sont plus fortement corrélés aux dommages, que les ratios calculés sur les plants individuels. Par contre, dans une rangée où il y a une quantité plus élevée d'aleurodes dans une partie spécifique de la rangée, les corrélations sont semblables mais la valeur du ratio est supérieure à 5 proies/prédateur pour le ratio calculé sur la rangée. Par contre, les dommages commerciaux commencent à apparaître dès que le ratio individuel est proche de 5 proies/prédateur. La figure 2 présente les dommages aux fruits en fonction du ratio proie-prédateur. Nous nous étions fixés un seuil d'intervention à 5 proies par prédateur. La flèche indique le premier traitement au savon Safer® des deux tiers inférieurs du plant (bas + milieu) à la semaine 29. Le traitement a diminué de 71% la population de *Dicyphus* dans la rangée la semaine suivante et le ratio proie-prédateur a augmenté à une valeur supérieure à 10 proies par prédateur à la semaine 30. Il n'avait pratiquement plus de *Dicyphus* à la base du plant de tomate la semaine suivant le traitement.

APPLICATIONS POSSIBLES POUR L'INDUSTRIE ET/OU SUIVI À DONNER

Il est possible de prévenir les dommages aux tomates en diminuant les populations de punaises avec un traitement au Savon Safer®. Le ratio proie-prédateur est le facteur qui explique le mieux l'apparition des dommages aux fruits. Pour prendre une bonne décision afin de réduire la population de punaises prédatrices, il faut être en mesure de bien évaluer la population de prédateurs et de proies. Le dépistage utilisé dans le cadre de ce projet donne une très bonne estimation des populations, mais demande néanmoins trop de temps pour être utilisable par les producteurs. Nous n'avons pas trouvé un moyen simple permettant de prédire les populations d'aleurodes. Nous avons observé des punaises sur les fruits uniquement lorsque les populations de *Dicyphus hesperus* étaient élevées et que les populations d'aleurodes étaient très basses. De ce fait, la solution pourrait simplement consister à faire un dépistage régulier de la présence des *Dicyphus* sur les fruits et de décider de réduire les populations de *Dicyphus hesperus* après plusieurs relevés positifs. Néanmoins, cette méthode devrait en premier lieu être évaluée expérimentalement.

POINT DE CONTACT POUR INFORMATION

Nom du responsable du projet : Éric Lucas
 Téléphone : (514) 987-3000 #3367
 Télécopieur (514) 987-4647
 Courriel : lucas.eric@qam.ca



REMERCIEMENTS AUX PARTENAIRES FINANCIERS

Ces travaux ont été réalisés grâce à une aide financière du Programme de soutien à l'innovation en agroalimentaire, un programme issu de l'accord du cadre *Cultivons l'avenir* conclu entre le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation et Agriculture et Agroalimentaire Canada.

Section 4 - Activité de transfert et de diffusion scientifique

Fournier et Lucas. 2017. Projets de recherche - SERRES 2017. Laboratoire de Lutte Biologique – UQAM. Journée d'échange du RAP serre. Saint-Bruno-de-Montarville, 14 février 2017.

Fournier et Lucas. 2017. Chartes de gestion de *Dicyphus hesperus* en serre de tomate. 144^e réunion annuelle de la Société d'entomologie du Québec. Longueuil, 23-24 Novembre 2017.

Principaux résultats inclus dans la présentation de Liette Lambert au colloque bio 2017 du 7 novembre 2017.

Section 5 - Activités de diffusion et de transfert aux utilisateurs (joindre en annexe la documentation en appui)

Principaux résultats. Ils seront inclus dans la présentation de Liette Lambert au colloque bio 2017 du 7 novembre 2017.

Fiche de transfert incluant les principaux éléments. Le document sera élaboré et diffusé sur Agri-Réseaux et sur le site du laboratoire de lutte Biologique de l'Université du Québec à Montréal.

Section 6 – Grille de transfert des connaissances

1. Résultats Présentez les faits saillants (maximum de 3) des principaux résultats de votre projet.	2. Utilisateurs Pour les résultats identifiés, ciblez les utilisateurs qui bénéficieront des connaissances ou des produits provenant de votre recherche.	3. Message Concrètement, quel est le message qui devrait être retenu pour chacune des catégories d'utilisateurs identifiées? Présentez un message concret et vulgarisé. Quels sont les gains possibles en productivité, en rendement, en argent, etc.?	4. Cheminement des connaissances a) Une fois le projet terminé, outre les publications scientifiques, quelles sont les activités de transfert les mieux adaptées aux utilisateurs ciblés? (conférences, publications écrites, journées thématiques, formation, etc.) b) Selon vous, quelles pourraient être les étapes à privilégier en vue de maximiser l'adoption des résultats par les utilisateurs.
L'importance du ratio proie-prédateur pour expliquer les dommages	Producteurs de tomate Conseillers	1 -Le ratio proie-prédateur est le facteur qui explique le mieux les dommages aux fruits, 2 - Une gestion de <i>Dicyphus hesperus</i> est possible sans dommage aux fruits 3 - Il faut agir avant l'apparition des dommages. 4 - Pas de perte de vente par déclassé des fruits attaqué.	a) Producteur = Fiche technique Conseiller = conférence b) Étape 1 faire de la promotion de la fiche technique. Un envoi par e-mail de la fiche aux producteurs. Étape 2 Faire connaître l'information aux conseillers des compagnies de distribution agent de lutte biologique comme Plant Prod ou Anatis Bioprotection.
Le seuil intervention est de 5 proies par prédateur	Producteurs de tomate Conseillers	1 – le seuil intervention est la 5 proies par prédateur 2 – le calcul du ratio sur des plants individuel est mieux dans le cas une distribution contagieuse des aleurodes	Le même cheminement que le point précédent

Section 7 - Contribution et participation de l'industrie réalisées

Les deux entreprises ont acceptées que les expériences se déroulent dans leurs serres. Ils ont contribué en nature par l'hébergement du projet dans leurs serres. Ils ont participé également aux réunions de planification des expériences en début de saison de production. Nous avons échangé sur la logistique et les aspects scientifiques du projet. Des résumés hebdomadaire a été fait avec les participant du projet. Les participants étaient responsables de faire les traitements pour diminuer les populations de *Dicyphus* dans les rangées appropriées. Ils nous ont également donné du matériel (crochets et clips) pour l'expérience en laboratoire.

.

Section 8 - Rapport scientifique et/ou technique (format libre réalisé selon les normes propres au domaine d'étude)

Introduction

Dicyphus hesperus est une punaise (Hemiptera : Miridae) prédatrice qui s'alimente également de matériel végétal (zoophytophage). Elle contrôle efficacement les aleurodes (McGregor et al. 1999, 2000), les tétranyques à 2 points (McGregor et al. 1999) et les thrips (Shipp et Wang 2006) en production de tomate de serre. Plus spécifiquement, au Québec, cette punaise contrôle efficacement les populations d'aleurodes dans les productions de tomate de serre (Lambert et al. 2003). Par contre, une piqûre de la punaise dans le mésophile du fruit cause une décoloration et une piqûre plus profonde (dans le méristème) cause une malformation du fruit (Castañé et al. 2011). Même si *Dicyphus* préfère les feuilles aux fruits (McGregor et al. 2000), elle peut endommager les fruits quand les populations sont élevées. Jusqu'à 20% des fruits peuvent être ainsi déclassés (Shipp et Wang 2006). Il n'existe pas au Québec de charte décisionnelle pour décider quand les producteurs devraient réduire les populations de la punaise. D'autres chartes décisionnelles existent pour d'autres Miridae sur tomate : *Dicyphus tamaninii* (Alomar et Albajes 1996), et *Nesidiocoris tenuis* (Sanchez 2009)

Le but du présent projet est d'élaborer une charte décisionnelle québécoise de la punaise *Dicyphus hesperus* afin d'aider les producteurs de tomates de serre. Les objectifs sont: 1) de déterminer la densité de proies et de prédateurs à laquelle les dommages commencent à apparaître en laboratoire (serre expérimentale); 2) de valider en serre commerciale a) le seuil de dommages obtenu en laboratoire et b) d'évaluer la fiabilité de la charte décisionnelle; 3) de proposer l'utilisation d'une méthode d'échantillonnage simplifiée.

Matériel et Méthode

En laboratoire (serre expérimentale).

Nous avons mis en fonction une serre expérimentale de 30 m² constituée de 4 rangées doubles de 10 plants de tomate à grappe de variété *Merlice*. Nous avons appliqué la régie de culture décrite par Turcotte et collaborateurs (2015). Nous introduisons dans une cage de mousseline 2 couples de *Dicyphus* adultes, une grappe de 4 fruits du plant de tomate de la serre et de deux petits plants de tomate en pot préalablement infestés avec des larves de stade 4 d'aleurode de serre. La durée du test était de 4 jours. Nous avons testé 5 densités soit 0, 20, 40, 80 et 160 larves d'aleurode en plus d'un témoin négatif (sans prédateur, ni aleurode). À la fin de test, nous dénombrons le nombre de larves d'aleurode vivantes, et 2 à 3 semaines plus tard, nous évaluons les dommages aux fruits.

En serre commerciale.

Nous avons collaboré avec deux producteurs de tomate de serre. Le premier participant était l'Abri Végétal situé à Compton dans les Cantons-de-l'Est. Le deuxième participant était les Fermes LUFA qui ont une serre en biculture à Laval. Ces producteurs utilisent une régie biologique et ont déjà eu des pertes économiques dues à l'utilisation de *Dicyphus hesperus* pour le contrôle des aleurodes. Dans chaque serre, nous avons choisi au hasard 17 plants de tomate que nous avons suivi tout l'été du début mai à la fin août (période la plus propice aux dommages). Nous avons inspecté les plants une fois par semaine. Nous comptons les insectes à l'aide d'une loupe entomologique, sur les trois folioles terminaux sur 2 feuilles à la base du plant, sur 2 feuilles dans la section médiane et sur 2 feuilles dans la partie supérieure. Nous comptons le nombre d'aleurode (larve et adulte), le nombre de *Dicyphus* (petites larves (stades 1 et 2), grosses larves (stades 3 et 4) et adultes). Nous comptons également le nombre de piqûres sur les fruits.

Nous avons 3 traitements;

1) : un TÉMOIN ou traitement sans intervention où nous avons laissé les populations de *Dicyphus* sans tenter de les contrôler,

2) un traitement de GESTION des populations de *Dicyphus* où nous réduisons les populations de punaises, avec une application de Savon Safer®, dès que le ratio atteignait 5 proies par prédateur. Nous avons utilisé la formule suivante pour calculer le ratio proie/prédateur : Ratio As ajusté/ Dh ajusté = $(\text{Nb As adulte total} + (\text{Nb larve As sur le haut du plant}/4) + \text{Nb de larve sur le milieu et le bas du plant}) / ((\text{Nb total de Dh petite larve}/4) + (\text{Nb total de Dh grosse larve}/2) + (\text{nb total d'adulte}))$ sur le totale de la rangée. Nb = nombre; As = Aleurode de serre; Dh = *Dicyphus hesperus*. Nous avons également utilisé deux autres façons de calculer le ratio proie-prédateur soit Ratio As / Dh = $(\text{Nb As adulte totale} + \text{Nb larve As total}) / (\text{Nb total de Dh petite} + \text{Nb total de Dh grosse} + \text{nb d'adulte de Dh})$ sur le totale de la rangée et ratio individuel $((\text{Nb As adulte totale} + \text{Nb larve As total}) / (\text{Nb total de Dh petite} + \text{Nb total de Dh grosse} + \text{nb d'adulte de Dh}))$ pour chaque plant.

3) Le troisième traitement était un ÉCHANTILLONNAGE SIMPLIFIÉ. À chaque semaine, nous avons échantillonné 6 feuilles dans le bas du plant pour les 17 plants de tomate choisis. Nous notions la présence ou l'absence de prédateur. Pour évaluer le nombre d'aleurode sur les plants, nous avons utilisé des pièges collants jaunes coupés en deux et accrochés à 20 cm de la tête de la plante. Nous avons placé 3 pièges par rangée soit au quart, à la moitié et au trois-quarts de la rangée. Nous avons placé également 3 pièges dans le traitement TÉMOIN sans intervention et le traitement GESTION de *Dicyphus* pour corrélérer le nombre d'adultes sur la tête des plants et le nombre d'adultes sur les pièges collants. À chaque semaine, nous comptons le nombre de piqûres sur les fruits.

Nous avons utilisé des ANOVA pour comparer les dommages aux fruits pour les expériences en laboratoire. Et une régression entre le nombre de larves d'aleurodes consommées et les dommages aux fruits, nous a permis de déterminer le ratio proie-prédateur auquel les dommages apparaissent. Pour évaluer le temps entre les piqûres et l'apparition des dommages aux fruits, nous avons utilisé des corrélations entre le ratio proie-prédateur et le nombre de dommage aux fruits à la semaine courante, puis les dommages après 1 semaine, puis les dommages après 2 semaines. Nous avons utilisé des corrélations entre les dommages aux fruits et différentes façons de calculer le ratio proie-prédateur afin d'évaluer la meilleure façon de calculer cet indice. Les ratios ont subi une transformation logarithmique. Nous voulions utiliser des modèles de régressions multiples pour identifier les variables qui influencent les dommages aux fruits. Ce modèle requiert que les variables indépendantes ne soient pas corrélées ensemble. C'était le cas dans notre étude. Nous avons donc utilisé un arbre de régression multivarié pour évaluer les variables qui expliquent le mieux les dommages aux fruits. Cette analyse divise en deux groupes le plus homogène un jeu de donné selon la variable la plus explicative. Chaque groupe peut-être subdivisé en deux avec la même ou avec une autre variable explicative jusqu'à la formation un arbre à plusieurs niveaux.

RÉSULTATS en serre expérimentale de l'UQAM

Le nombre de piqûres total sur la grappe de fruits diminue avec l'augmentation des densités d'aleurodes ($F = 75.1$, $df = 5,70$, $p = 0.0001$; Figure 1). Les densités de 80 et 160 aleurodes ne sont pas significativement différentes du traitement sans prédateur (Figure 1).

Le pourcentage de fruits attaquées diminue également avec l'augmentation des densités d'aleurode ($F = 107.6$, $df = 5,70$, $p = 0.0001$; Figure 2). La densité de 160 aleurodes n'est pas significativement

différente du traitement sans prédateur. Finalement, il existe une relation significative entre le nombre de piqûres et le nombre d'aleurodes consommés ($R^2 = 0.65$, $p = 0.0001$). L'équation inscrite à la figure 3 nous permet d'estimer qu'une valeur de 77,7 aleurodes donnerait une valeur de zéro dommage aux fruits.

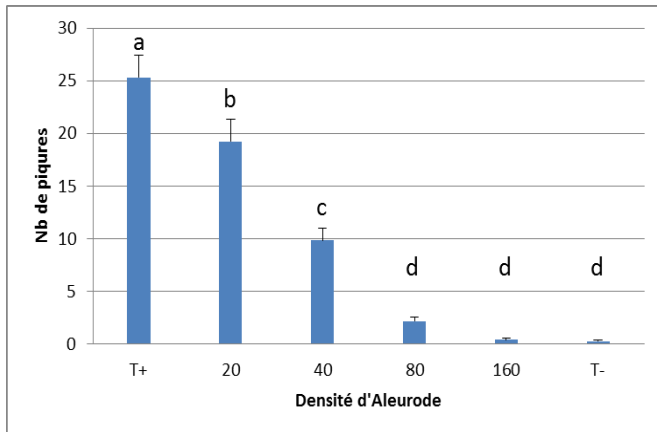


Figure 1. Nombre total de dommages aux fruits par deux couples de *Dicyphus hesperus* pour une période de 4 jours selon des densités de 0, 20, 40, 80 et 160 aleurodes et dans un traitement sans prédateur. Les valeurs sont les moyennes et les erreurs-types. Les traitements avec une lettre différente sont significativement différents ($p < 0.05$).

Une disponibilité de 80 proies pour 4 jours pour 4 prédateurs génère des dommages équivalents au traitement sans prédateur. La régression nous indique qu'une densité de 78 proies ne génère aucun dommage aux fruits. Ces deux valeurs sont très proches donc la densité de 5 larves d'aleurode/jour/prédateur sera le seuil minimal avant l'apparition des dommages aux fruits.

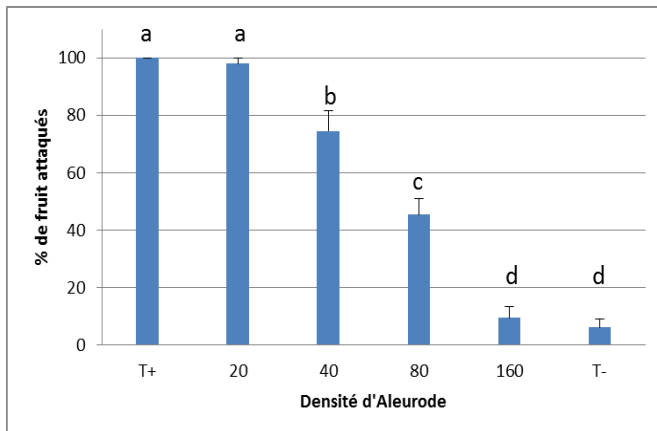


Figure 2. Pourcentage de fruits attaqués par deux couples de *Dicyphus hesperus* pour une période de 4 jours selon des densités de 0, 20, 40, 80 et 160 aleurodes et dans un traitement sans prédateur. Les valeurs sont les moyennes et les erreurs-types. Les traitements avec une lettre différente sont significativement différents ($p < 0.05$).

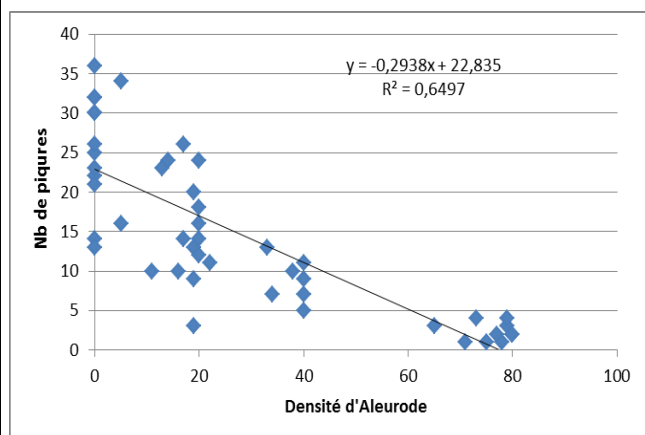


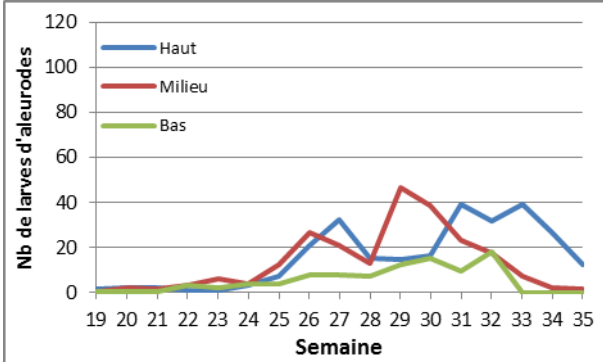
Figure 3. Relation entre le nombre de piqure total sur les fruits et le nombre d'aleurodes consommés.

RÉSULTATS en serre commerciale

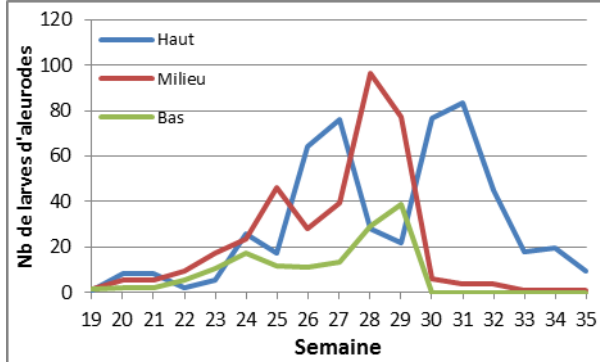
Les figures 4 et 5 présentent l'évolution des populations des larves d'aleurode dans le haut, le milieu et le bas du plant de tomate, des adultes d'aleurodes et des populations de punaise prédatrice pour le traitement TÉMOIN (Sans intervention) et le traitement (GESTION de *Dicyphus*) pour les deux serres commerciales partenaires. On remarque que les deux traitements expérimentaux aux serres Lufa ont hébergé des populations très faibles de *Dicyphus hesperus*. Nous avons retrouvé seulement 4 punaises dans le traitement GESTION de *Dicyphus* et 3 punaises dans le traitement TÉMOIN sans intervention durant tout l'été. À partir du début juin, une population élevée d'acariens responsables de l'acariose bronzée s'est installée dans les parcelles expérimentales. Pour l'instant, aucun agent de lutte biologique n'est efficace contre ce ravageur. Les producteurs ont dû utiliser des traitements à base de soufre en poudre du début juin à la fin août pour lutter contre ce ravageur. Le soufre est reconnu pour être nocif pour les agents de lutte biologique. Les populations de *Dicyphus hesperus* n'ont pu s'établir dans la culture et par conséquent n'ont pas pu causer de dommage aux fruits.

Nous avons eu des conditions plus favorables à l'Abri Végétal. Les rangées expérimentales étaient distantes de 11 rangs. La figure 5 montre qu'une petite quantité de *Dicyphus* est présent au début de l'expérience au début du mois de mai dans le traitement GESTION de *Dicyphus*, et les populations commencent à augmenter à la semaine 24 (15 juin). Dans le traitement TÉMOIN sans intervention, les populations de *Dicyphus* s'installent plus tard. Elles augmentent seulement vers la semaine 31 (4 août). Il y a également beaucoup plus d'aleurodes dans le traitement TÉMOIN sans intervention que dans le traitement GESTION de *Dicyphus* ($F = 61,8$; $df = 1,541$; $p = 0,0001$). Vous remarquerez que la population de mouche blanche est constante dans la rangée gestion de *Dicyphus* durant toute la saison. Tandis que pour le traitement TÉMOIN sans intervention les populations d'aleurode adultes et larves diminuent rapidement avec l'augmentation de la population de *Dicyphus* vers la semaine 33. De façon générale, dans le TÉMOIN, une application par semaine de savon Safer® a été utilisée pour réduire les densités d'adultes d'aleurodes sur la tête des plants de tomates en attendant l'augmentation des densités de punaise. Les punaises prédatrices ont migré de rangée en rangée jusqu'à ce qu'elles atteignent la rangée TÉMOIN sans intervention. Elles ont pris 7 semaines pour parcourir 11 rangées. Ce qui représente une vitesse de 1,6 rangée par semaine.

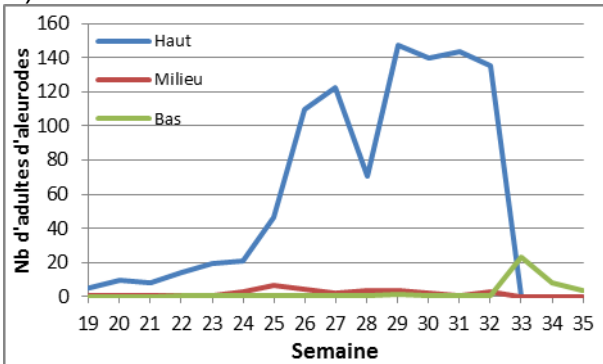
A) GESTION LUFA



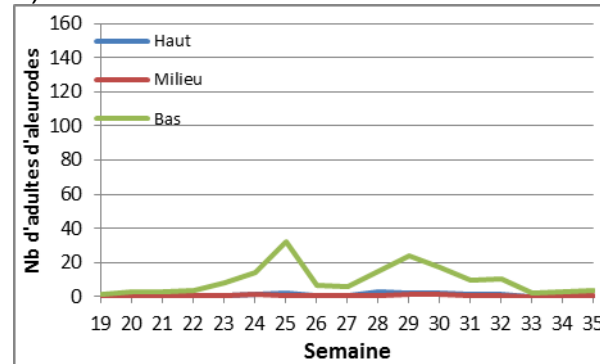
a) TÉMOIN LUFA



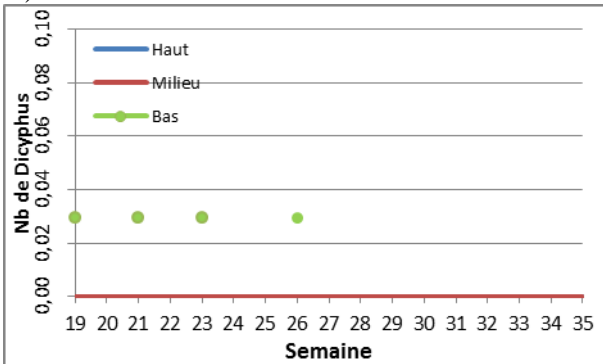
B)



b)



C)



c)

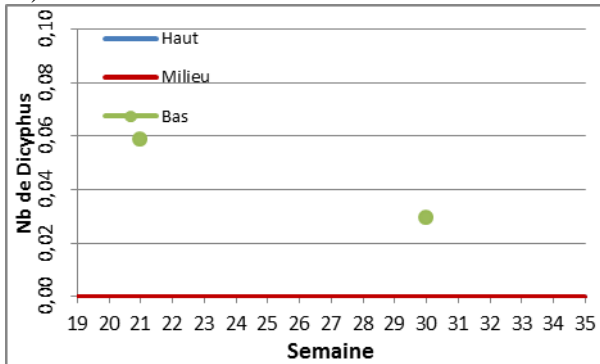
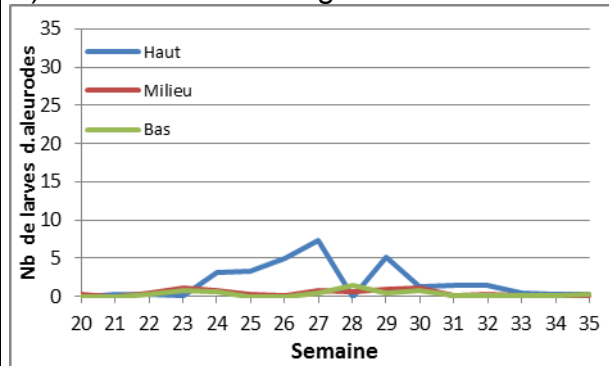
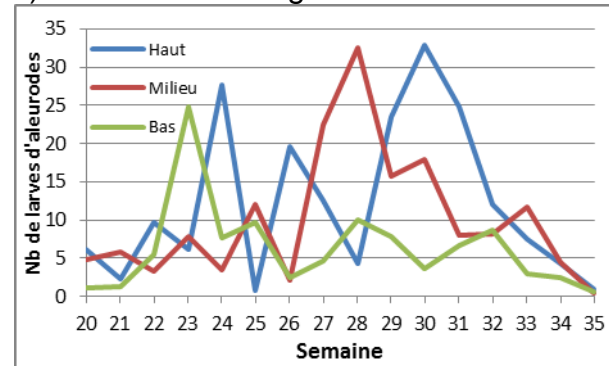


Figure 4. Nombre moyen de larves d'aleurodes (A et a), Nombre d'adultes d'aleurodes (B et b) et Nombre moyen de punaises (C et c) pour le haut, le milieu et le bas du plant de tomate. Les lettres majuscules représentent le traitement GESTION de Dicyphus et les lettres minuscules représentent le traitement TÉMOIN sans intervention chez les Serres Lufa.

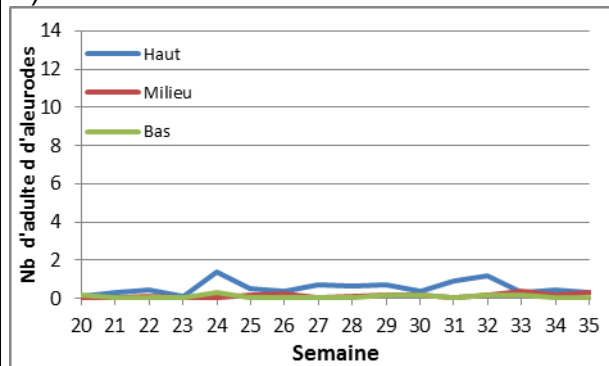
A) GESTION Abri Végétal



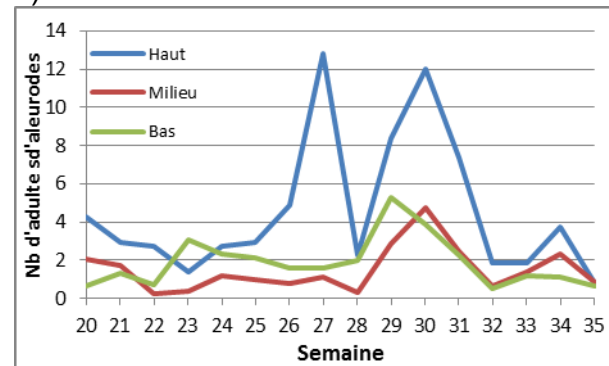
a) TÉMOIN Abri Végétal



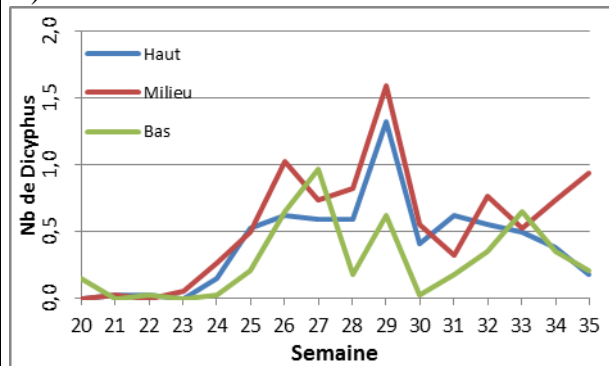
B)



b)



C)



c)

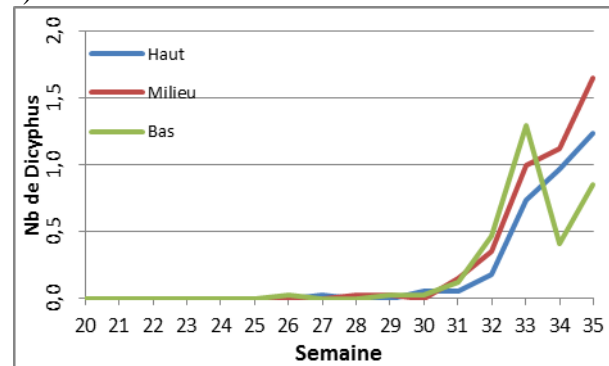
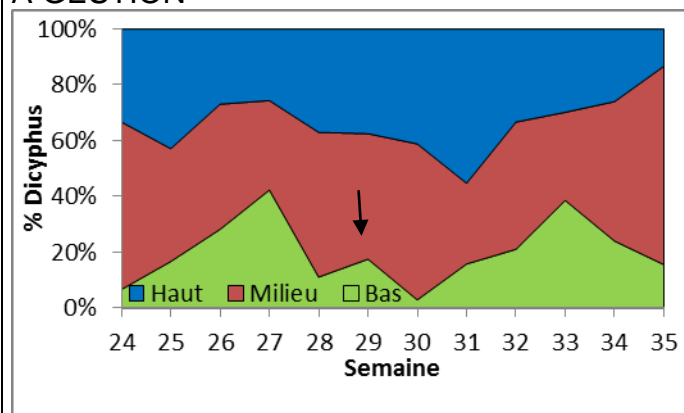


Figure 6. Nombre moyen de larves d'aleurodes (A et a), Nombre d'adultes d'aleurodes (B et b) et Nombre moyen de punaises (C et c) pour le haut, le milieu et le bas du plant de tomate. Les lettres majuscules représentent le traitement GESTION de *Dicyphus* et les lettres minuscules représentent le traitement TÉMOIN sans intervention chez l'Abri Végétal.

Sanchez et collaborateur (2002) ont démontré que les *Dicyphus* se retrouvent principalement dans le milieu du plant. La figure 7 nous indique la proportion des *Dicyphus* à travers le plant. Les *Dicyphus* sont répartis à travers tout le plant dans le traitement TÉMOIN sans intervention. Dans le TÉMOIN, on a considéré les 5 semaines où il y a plus de 10 *Dicyphus* par rangée et calculer le % de répartition dans les trois parties du plant (bas, milieu, haut). Les moyennes sont de 33,1 % dans le bas du plant, de 40,5% dans le milieu du plant et de 26,4%% dans le haut du plant. Ces données ne sont pas significativement différentes d'une répartition uniforme des *Dicyphus* dans la plante qui serait de 33,3%. (Bas : $W = 0,5$, $df = 4$, $p = 0,99$; Milieu : $W = 6,5$, $df = 4$; $p = 0,12$; Haut : $W = 5,5$, $df = 4$, $p = 0,12$).

=4; $p = 0,18$). Pour le traitement de GESTION de *Dicyphus*, les moyennes avant le premier traitement (semaine 29) pour les 6 semaines où les populations ont été supérieures à 10 *Dicyphus*, sont de 20,4 % dans le bas du plant, de 45,7 % dans le milieu du plant et de 33,9 % dans le haut du plant. Ces données ne sont pas significativement différentes d'une répartition uniforme des *Dicyphus* dans le plant qui serait de 33,3%. (Bas : $W = 2,5$, $df = 4$, $p = 0,83$; Milieu : $W = 9,5$, $df = 4$; $p = 0,06$; Haut : $W = 8,5$, $df = 4$; $p = 0,09$).

A GESTION



B TÉMOIN

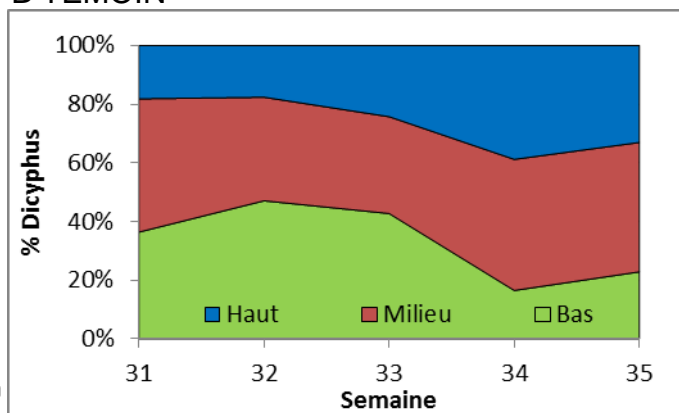


Figure 7 Pourcentage de répartition des *Dicyphus* à travers le plant de tomates. La figure A est le traitement de GESTION de *Dicyphus* et la figure B est le traitement TÉMOIN sans intervention. La flèche représente le moment du traitement pour diminuer la population de *Dicyphus*.

Il existe deux types de dommage que *Dicyphus* peut occasionner aux tomates. Premièrement, quand les fruits sont piqués durant la phase de grossissement, la piqûre va produire un petit point noir circulaire. Ce type de dommage va être masqué par le rougissement du fruit. Par contre, ces dommages seront apparents pour les variétés de tomate jaunes ou roses. Deuxièmement, quand le fruit est piqué durant la phase de maturation, la piqûre va produire une décoloration blanche qui est visible quand le fruit mûrit. Le tableau 1 représente les corrélations entre la transformation logarithmique du ratio proie-prédateur et les dommages aux fruits pour la semaine courante (Dommage + 0), pour la semaine suivante (Dommage + 1 semaine), et pour les dommages après 2 semaines (Dommage + 2 semaines).

Pour le traitement GESTION de *Dicyphus*, la corrélation est la plus forte pour la semaine courante. Ce résultat est surprenant dans la mesure où les dommages prennent du temps à se former. Nous n'avons pas actuellement d'hypothèse pour expliquer cette relation.

Pour le traitement TÉMOIN sans intervention, la corrélation n'est pas significative à la semaine 0. Si on regarde les dommages après 1 ou 2 semaine(s), La corrélation est plus forte entre la population de *Dicyphus* et les dommages après 2 semaines pour les 2 traitements (excluant la semaine courante pour le traitement GESTION). Shipp et Wang (2006) ont démontré que les dommages aux fruits après 2 semaines sont le plus fortement corrélés avec les populations de *Dicyphus*. Nos résultats vont dans le même sens.

Tableau 1. Corrélation entre la transformation logarithmique du ratio proie-prédateur et les dommages aux fruits pour la semaine courante, pour les dommages une semaine plus tard (dommage + 1 sem) et pour les dommages deux semaines plus tard (Dommage + 2 sem.). Les valeurs sont les R² et la probabilité de signification.

	TÉMOIN		GESTION	
	R ²	p	R ²	p
Sem 0	0	0,97	0,262	0,0001
Sem 1	0,168	0,0001	0,177	0,0001
Sem 2	0,229	0,0001	0,182	0,0001

Le ratio proie-prédateur peut être calculé de plusieurs façons, soit individuellement pour chaque plant expérimental ou en se basant sur le nombre total de prédateurs et de proies dans la rangée de plants. Il est possible aussi de pondérer le nombre de punaise pour la taille des larves de *Dicyphus* par exemple 4 petites larves = 2 grosses larves = 1 adulte ou encore prendre le nombre total. Nous pouvons faire la même chose pour les larves d'aleurode 4 stade 2 = 1 stade 4, inclure ou non les adultes puisqu'ils sont des proies plus difficiles à capturer. Nous avons observé des adultes d'aleurodes morts et complètement vidés encore attachés par le stylet à la feuille de tomates. Nous avons également observé à trois occasions une larve et deux adultes de punaises en train de s'alimenter sur les adultes d'aleurode. Nous avons donc inclus les adultes d'aleurode dans le calcul du ratio proie-prédateur. Le tableau 2 représente les corrélations entre trois ratios proie-prédateur et les dommages aux fruits à 2 semaines. Toutes les corrélations testées sont significatives. Les ratios calculés sur la rangée de plants sont plus fortement corrélés aux dommages que les ratios calculés sur les plants individuels. Les *Dicyphus* sont mobiles à l'intérieur de la rangée et peuvent se déplacer. La population sur un plant à un instant précis n'est pas assez représentative de la population durant toute la semaine. L'évaluation sur toute la rangée est plus représentative puisque les larves de *Dicyphus* peuvent se déplacer à l'intérieur de la rangée mais peuvent difficilement migrer vers une autre rangée.

Dans le traitement TÉMOIN sans intervention, c'est la relation entre les dommages aux fruits et le ratio du nombre total d'aleurodes pondéré sur le nombre total de *Dicyphus* pondéré dans la rangée qui a eu le R² le plus élevé. Pour le traitement GESTION de *Dicyphus*, c'est la relation entre les dommages aux fruits et le ratio du nombre total d'aleurodes (sans pondération pour la taille) sur le nombre de *Dicyphus* (sans pondération pour la taille) dans la rangée qui a eu le plus fort R². Les deux méthodes sont fortement corrélées ensemble (Traitement TÉMOIN sans intervention : R² = 0,91, p = 0.0001; traitement GESTION de *Dicyphus* R² = 0,94, p = 0.0001) donc les deux calculs peuvent être utilisés pour l'évaluation du ratio proie-prédateur. Nous suggérons de prendre les données sans pondération puisqu'elles sont plus corrélées avec les différentes variables d'abondance de *Dicyphus* (données non présentées).

Tableau 2. Corrélation entre trois différents ratios proie-prédateur et les dommages aux fruits pour les dommages deux semaines plus tard (Dommage + 2 sem.). Les valeurs sont les R² et la probabilité de signification.

Ratio	TÉMOIN		GESTION	
	R ²	p	R ²	p
Total	0,229	0,0001	0,182	0,0001
Pondéré	0,247	0,0001	0,145	0,0001
individuel	0,079	0,01	0,051	0,002

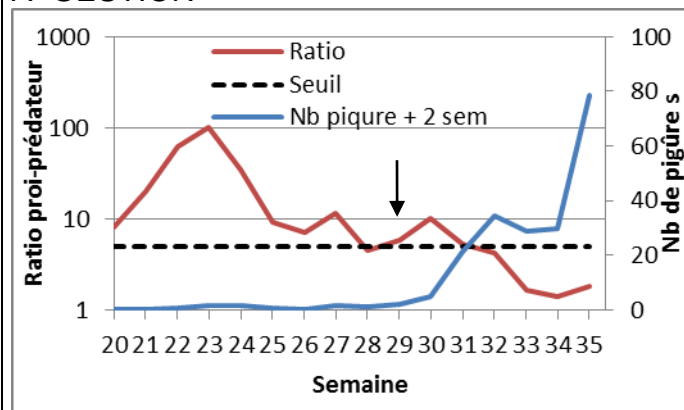
La figure 8a présente les dommages aux fruits en fonction du ratio proie-prédateur pour le traitement de GESTION de *Dicyphus*. Nous nous étions fixés un seuil d'intervention à 5 proies par prédateur. La flèche indique le premier traitement au savon Safer® des deux tiers inférieurs du plant (bas + milieu) à la semaine 29. Si on regarde attentivement la figure 8a, on note que le seuil est en dessous du seuil minimal à la semaine 28 et proche du seuil à la semaine 29 (ratio non pondéré). Durant l'expérience, nous avons choisi une autre façon d'évaluer le ratio proie-prédateur (pondéré). Alors cette évaluation pondérée ne demandait pas de traitement à la semaine 28, mais en demandait un à la semaine 29 (données non présentées). Le traitement a diminué de 71% la population de *Dicyphus* dans la rangée la semaine suivante et le ratio proie-prédateur et à augmenter drastiquement à une valeur supérieure à 10 proies par prédateur à la semaine 30. Il n'y avait presque plus de *Dicyphus* dans la base du plant de tomate la semaine suivant le traitement (figure 7A et 6C). À la semaine 31, nous avons recommandé un traitement parce que le ratio proie-prédateur était près du seuil. Pour des raisons de mise de marché, les propriétaires n'ont pas fait de traitement. Dans une saison normale, les tomates de champs sont disponibles de la mi-juillet à la fin août. La grande majorité de la production de tomates de serre est alors donnée à des entreprises sociales comme Moisson-Estrie. Parce que seules des tomates de grande qualité sont commercialisables et exigent fréquemment des traitements contre la punaise. Avec le printemps 2017 anormalement pluvieux, les tomates de champs n'ont pas envahi le marché et les acheteurs prenaient toute la production en serre peu importe la qualité des fruits. La gestion des dommages de *Dicyphus* est devenue alors un facteur moins important que lors des saisons de production passées. La décision a été prise de ne plus faire d'intervention pour la répression de *Dicyphus*. Après la semaine 31, les dommages augmentent en flèche. Le traitement à la semaine 29 a retardé l'augmentation en flèche des dommages.

Dans le traitement GESTION, les 2 premiers niveaux de l'arbre de régression multivarié sont basés sur le ratio proie-prédateur. Le modèle statistique global explique 33% de la variance ($R^2 = 0,33$; voir annexe 1). Le première niveau de l'arbre sépare les données en deux groupes soit les données avec un ratio proie-prédateur supérieur à 4,5 avec peu de dommage ($\bar{X} = 3,1$ piqûres) et un autre groupe avec un ratio inférieur à 4,5 avec beaucoup de dommages ($\bar{X} = 43$ piqûres). Ce premier groupe peut être divisé en deux sous-groupes, un sous-groupe avec de ration supérieur 5,9 avec peu de dommages ($\bar{X} = 1,4$ piqûres) et l'autre sous-groupe avec un ratio inférieur 5,9 et beaucoup de dommage ($\bar{X} = 11,2$ piqûres).

Un ratio entre 5 et 6 délimite donc la frontière entre l'apparition ou non des dommages aux fruits. Le seuil de 5 proies par prédateur déterminé en laboratoire, permet de réduire les dommages aux fruits en condition de production commerciale.

La figure 8B indique les dommages pour le traitement TÉMOIN sans intervention. Vous noterez que les dommages augmentent en flèche lorsque le ratio proie-prédateur est vers 16 aleurodes par prédateur. Ce qui est un ratio plus élevé que dans le traitement GESTION de *Dicyphus*. La distribution des aleurodes n'était pas uniforme à l'intérieur de la rangée. Il y avait un "hot spot" sur le dernier quart de la rangée où les densités d'aleurodes étaient de 6 à 9 fois supérieures au reste de la rangée. Même si une grande majorité de la rangée n'avait que peu d'aleurodes, les deux derniers plants dans le bout de la rangée augmentaient de façon considérable le ratio proie-prédateur.

A GESTION



B TÉMOIN

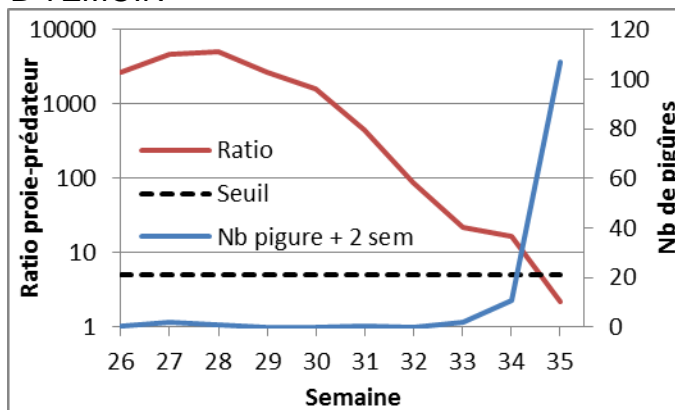


Figure 8. Relation entre le ratio proie-prédateur durant l'été ainsi que le nombre de dommages aux fruits plus 2 semaines. La figure A est le traitement de GESTION de *Dicyphus* et la figure B est le traitement TÉMOIN sans intervention. La flèche représente le moment du traitement pour diminuer la population de *Dicyphus*.

Si on considère les ratios calculés sur toute la rangée pour le traitement TÉMOIN, les 2 premiers niveaux de l'arbre de régression multivarié sont le ratio proie-prédateur. Le modèle explique 52% de la variance statistique globale ($R^2 = 0,52$; voir annexe 1). Le premier niveau sépare les données en deux groupes, le premier groupe avec les données correspondant à un ratio supérieur à 16,5 avec peu de dommages ($\bar{X} = 1,2$ piqûres), et le second groupe avec un ratio inférieur à 16,5 avec beaucoup de dommages ($\bar{X} = 107$ piqûres). Ce premier groupe peut être divisé en deux sous-groupes, un sous-groupe avec de ratio supérieur à 22,2 avec peu de dommages ($\bar{X} = 0,6$ piqûres) et l'autre sous-groupe avec un ratio inférieur à 22,2 avec beaucoup de dommages ($\bar{X} = 10,6$ piqûres). Les résultats sont sensiblement les mêmes entre les deux traitements à l'exception des valeurs des ratios qui sont plus élevés pour le traitement TÉMOIN sans intervention. Pour diminuer le poids des deux derniers plants, nous avons utilisé le ratio individuel (ratio calculé pour chaque plant) et refait l'analyse.

Si on considère maintenant les ratios individuels (par plant) pour le traitement TÉMOIN, le premier niveau de l'arbre de régression multivarié est comme précédemment le ratio proie-prédateur. Le modèle explique cette fois 23% de la variance statistique globale ($R^2 = 0,23$; voir annexe 1). Les données peuvent être séparés en deux groupes : le premier groupe basé sur les données avec un ratio inférieur à 4,6 avec beaucoup de dommages ($\bar{X} = 52$ piqûres) et le second groupe avec un ratio supérieur à 4,6 avec peu de dommages ($\bar{X} = 1,1$ piqûres). Nous retrouvons ici un ratio proie-prédateur proche de 5 proies par prédateur comme seuil où les dommages commencent à apparaître. Par contre, le R^2 est plus petit que si les ratios sont calculés sur la rangée entière. Nous allons continuer à travailler sur les données afin de trouver le moyen le plus efficace pour pondérer les données pour pouvoir utiliser les ratios calculés sur toute la rangée.

Le ratio proie-prédateur est le facteur le plus important pour expliquer l'apparition des dommages aux fruits en serre commerciale de tomates. Un ratio de 5 proies par prédateur est le seuil pour prévenir les dommages aux fruits. Le ratio calculé sur l'ensemble de la rangée prédit mieux l'apparition des dommages aux fruits, mais la distribution contagieuse des aleurodes fausse le calcul du seuil d'intervention et l'augmente d'une façon non prédictible. À défaut d'une meilleure méthode, il est préférable de prendre le ratio individuel pour calculer le seuil d'intervention utilisé pour prendre une décision de diminuer les populations de *Dicyphus*.

Il est essentiel d'évaluer correctement le ratio proie-prédateur afin de prendre une décision éclairée pour la diminution ou non de la population de *Dicyphus hesperus*. La méthode utilisée pour évaluer

le ratio proie-prédateur dans ce projet demande trop de temps (entre 5 et 10 minutes/ plant dépendant de la densité d'aleurode) pour être utilisable par les producteurs sur une base régulière. C'est pour cela que nous avons testé un ÉCHANTILLONNAGE SIMPLIFIÉ. Dans le protocole, nous devons évaluer la présence/absence de *Dicyphus* et des larves de mouche blanche pour évaluer le ratio proie-prédateur. Nous nous sommes vite aperçu que les larves d'aleurode mangées par *Dicyphus* principalement les pré-pupes et pupes demeurent sur la feuille et ressemblent énormément à des pré-pupes ou pupes saines. Nous devons inspecter la feuille avec attention avec une loupe pour être capable de distinguer si les larves étaient consommées ou non. Cette étape était aussi longue que la méthode exacte. Par contre, l'évaluation de la présence ou absence de *Dicyphus* pouvait se faire en moins de 5 secondes. Nous avons utilisé une autre méthode pour estimer la population d'aleurode sur le plant. Alomar et Albajes (1996) utilise le nombre d'aleurodes sur la tête du plant de tomate pour faire la gestion d'une espèce européenne de *Dicyphus* (*D. tamaninii*). Le dénombrement des adultes dans la tête peut être une méthode également assez longue. Nous avons opté pour l'utilisation de trois pièges collants jaunes répartis dans toute la rangée de plants. Nous avons également mis trois pièges collants dans la rangée dans le traitement TÉMOIN sans intervention et dans le traitement GESTION de *Dicyphus* pour évaluer la corrélation entre les adultes dans les têtes et le nombre effectif d'aleurodes capturés dans la rangée. Le tableau 3 représente les corrélations entre le nombre moyen d'aleurodes adultes sur les pièges et le nombre moyen dans la tête du plant pour les deux serres et les deux traitements. Aucune corrélation significative n'a été trouvée entre ces deux variables pour les deux traitements chez les Serres Lufa et à l'Abri végétal. Nous n'avons pas pu trouver un moyen efficace pour l'évaluer le ratio proie-prédateur.

Tableau 3. Corrélation entre la moyenne d'aleurode adulte sur les pièges collants dans une rangée et la moyenne d'aleurode adultes dans la tête du plant pour les serres Lufa et à l'Abri Végétal. Les valeurs sont les R² et la probabilité de signification.

	Moyenne d'aleurodes sur les pièges jaunes							
	Lufa				Abri Végétal			
	TÉMOIN		GESTION		TÉMOIN		GESTION	
	R ²	p	R ²	p	R ²	p	R ²	p
Moyenne aleurode tête du plant	0,002	0,85	0,09	0,24	0,23	0,06	0,04	0,41

Nous n'avons pas pris de mesure sur la présence des *Dicyphus* sur les fruits; néanmoins nous n'avons observé de punaise sur les fruits que uniquement lorsque que les populations de *Dicyphus* étaient élevées et que les populations d'aleurodes étaient très basses. La solution pourrait constituer alors simplement en un dépistage de la présence des *Dicyphus* sur les fruits comme indice pour décider ou non de réduire les populations du prédateur et éviter les dommages aux fruits.

Conclusion.

1. Un ratio de 5 proies par prédateur est le seuil où les dommages apparaissent en laboratoire.
2. Les dommages aux fruits prennent 2 semaines à se développer en serre commerciale.
3. Un ratio de 5 proies par prédateur est le seuil où les dommages commencent à apparaître en serre commerciale.
4. Les ratios calculés sur l'ensemble de la rangée sont plus fortement corrélés aux dommages aux fruits que les ratios calculés sur des plans individuels.

5. Une distribution contagieuse des aleurodes fausse la valeur du seuil d'intervention. Par contre, la valeur du ratio calculé sur des plans individuels est également de 5 proies par prédateur.
6. Les *Dicyphus* sont répartis uniformément sur tout le plant de tomate.
7. Un traitement au savon Saver® sur le bas et le milieu du plant de tomate réduit de 71% les populations de *Dicyphus*.
8. Une intervention à une valeur de ratio de 5 proies par prédateur retarde l'apparition des dommages aux fruits.
9. Nous n'avons pas trouvé une façon simple pour évaluer le ratio proie-prédateur. Par contre la présence de la punaise sur les fruits pourrait être évaluée comme un moyen simple pour la prise de décision de réduire ou non la population de prédateurs.

Références

Alomar O., Albajes R. 1996. Greenhouse whitefly (Homoptera : Aleyrodidae) predation and tomato fruit injury by the zoophytophagous predator *Dicyphus tamaninii* (Heteroptera : Miridae). In Alomar O., Wiedenmann R.N. eds. Zoophytophagous Heteroptera : Implications life history and Integrated pest Management. Thomas Say Publ. Entomol. Lanham M.D., pp 155-177.

Castañé C., Arno J. Gabarra R. Alomar O. 2011. Plant damage to vegetable crops by zoophytophagous mirid predators. Biol. Control. 59 : 22-29.

Lambert L., Chouffor T., Turcotte G., Lemieux M., Moreau J. 2003. Contrôle de l'aleurode (*Trialeurodes vaporariorum*) avec *Dicyphus hesperus* pour la tomate de serre sous éclairage d'appoint et en contre-plantation au Québec (Canada). Colloque international tomate sous abris. Protection intégrée - Agriculture biologique. 17-19 septembre. Paris, France.

McGregor R.R., Gillespie D.R. Quiring D.M.J. Foisy M.R.J. 1999. Potential use of *Dicyphus hesperus* Knight (Heteroptera : Miridae) for biological control of pest of greenhouse tomatoes. Biol. Control. 16 : 104-110.

McGregor R.R., Gillespie D.R., Park C.G., Quiring D.M.J., Foisy M.R.J. 2000. Leaves or fruit? The potential for damage to tomato fruits by the omnivorous predator, *Dicyphus hesperus* Entomol. Exp. Appl. 95 : 325-328.

Sanchez J.A., McGregor R.R., Gillespie D.R. 2002. Sampling Plan for *Dicyphus hesperus* (Heteroptera : Miridae) on Greenhouse Tomatoes. Environ. Entomol. 31 : 331-338.

Sanchez J.A. 2009. Density thresholds for *Nesidiocoris tenuis* (Heteroptera : Miridae) in tomato crops. Biol. Control. 51 : 493-498.

Shipp J.L., Wang K. 2006. Evaluation of *Dicyphus hesperus* (Heteroptera : Miridae) for biological control of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera : Thripidae) on greenhouse tomato. J. Econ. Entomol. 99 : 414-420.

Turcotte G., Larouche R., Carrier A. et Lambert L. 2015. Production de la tomate de serre au Québec. Agrysis consultants inc. 297 p.