

Rapport final

No projet : AI216689

Utilisation de cystes d'*Artemia* sp. en tomates de serre pour l'optimisation de la lutte biologique contre les aleurodes par *Dicyphus hesperus*

Éric Lucas & Marc Fournier:

Université du Québec à Montréal :

7 mars 2018

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)

Lucas E. et Fournier M.

No de projet : (réservé à l'administration)

Durée : 06/2016 – 03/2018

FAITS SAILLANTS

L'ajout de cystes d'*Artemia* (œufs de crevette d'eau salée) est couramment utilisé en Europe pour augmenter les populations de punaises prédatrices pour lutter contre les aleurodes en serre de tomates. Au Québec, *Dicyphus hesperus* est nourri sur plants de molène durant la phase d'implantation avec des produits comme Nutrimac ou BugBooster. Ces produits sont à base d'œufs de la pyrale (lépidoptère) méditerranéenne de la farine (*Ephestia*). Ce produit coûte de 1000 à 1250 \$ du kilo. Les cystes d'*Artemia* coûtent dix fois moins, entre 70 et 100 \$ du kilo. Les résultats démontrent que les cystes constituent une nourriture de qualité pour la croissance et la reproduction de *Dicyphus hesperus* sur molène. L'ajout de cystes sur le feuillage des plants de tomate n'a pas donné les résultats attendus. Un bon point, une application hebdomadaire de cystes double la population de punaises. Un désavantage à considérer, les punaises préfèrent consommer les cystes que les mouches blanches, ce qui diminue le niveau de contrôle biologique du ravageur. L'ajout de cystes n'empêche pas les dommages aux fruits. L'application de cystes n'est donc pas une pratique à recommander pour la production de tomate au Québec.

OBJECTIF(S) ET MÉTHODOLOGIE

Le but du projet était d'évaluer la valeur des cystes d'*Artemia* comme proie alternative aux œufs d'*Ephestia*. Plus spécifiquement, les objectifs étaient de 1 – évaluer la croissance et la reproduction en laboratoire sur les deux diètes, 2 – évaluer la croissance sur molène sur les deux diètes et 3 - de valider l'efficacité des applications hebdomadaire de cystes d'*Artemia* sur feuilles de tomate en serre commerciale sur la croissance des populations de *Dicyphus*, sur le contrôle biologique des aleurodes et sur les dommages aux fruits. En laboratoire, nous avons nourri des L1 de punaise avec 3 diètes (cystes d'*Artemia*, œufs d'*Ephestia* ou seulement la plante), nous avons mesuré le temps de développement, et le poids des adultes. Par la suite, nous avons testé la reproduction (nombre d'œufs produits) des femelles sur ces trois diètes. Et finalement, nous avons comparé la croissance des populations sur molène avec les 3 mêmes diètes. En serre commerciale nous avons deux traitements, soit Ajout des cystes ou Sans ajout de cystes. Nous avons dénombré les punaises, les aleurodes et les dommages aux fruits.

RÉSULTATS SIGNIFICATIFS POUR L'INDUSTRIE

La diète sans nourriture alternative est catastrophique; aucune punaise ne complète son développement larvaire et seulement 3% des femelles sont capables de pondre. Une source de nourriture animale est essentielle pour la croissance et la reproduction de *Dicyphus hesperus*. Il n'y a pas de différence pour ce qui est de la survie, du temps de développement larvaire et du ratio des sexes entre les deux diètes animales. Le seul paramètre statistiquement différent est la taille des femelles. Elles étaient plus petites sur cystes d'*Artemia* (Figure 1). Habituellement chez les Arthropodes, la taille est corrélée avec la fécondité. Par contre, les femelles pondent le même nombre d'œufs pour une période de 10 jours. La croissance sur molène nous donne une meilleure idée, les deux diètes animales produisent autant de punaise l'une que l'autre en 75 jours (Figure 2). L'application hebdomadaire de cystes dans les serres commerciales n'a pas donné les résultats escomptés. La population de punaise double dans la rangée avec ajout de cystes (Figure 3) mais les punaises préfèrent manger les cystes que les mouches blanches et conséquemment le contrôle biologique est réduit. La population d'aleurodes augmente. De plus, l'ajout de cystes ne prévient pas les dommages aux fruits (Figure 4).

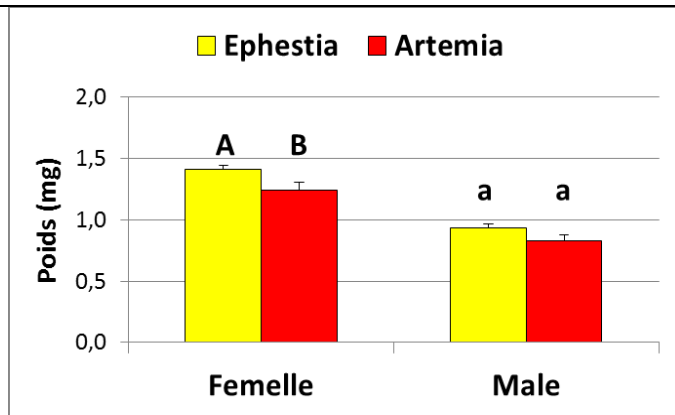


Figure 1. Poids des punaises adultes sur deux diètes (en jaune œufs d'Ephestia et en rouge cystes d'Artemia)

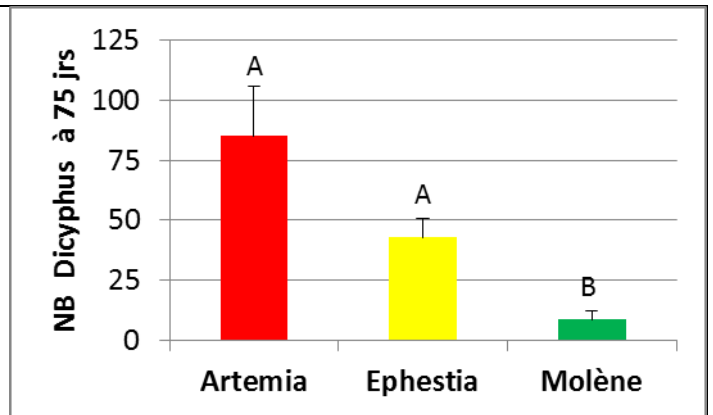


Figure 2. Nombre de punaises après 75 jours en présence des trois diètes

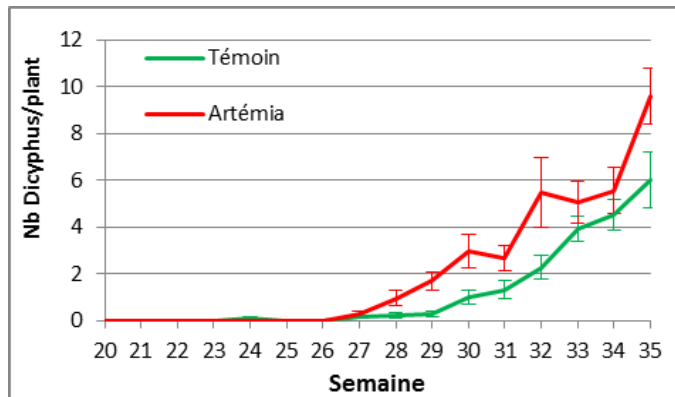


Figure 3. Nombre total de punaises dans les deux traitements.

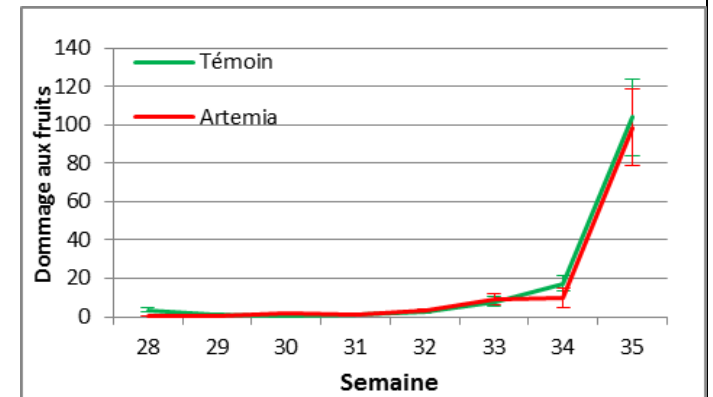


Figure 4. Dommages aux fruits dans les deux traitements.

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

Dicyphus hesperus est souvent considéré comme étant lent à s'implanter en serre. Pour réduire le temps d'implantation, il est essentiel de nourrir les punaises sur les molènes. Un ajout de nourriture, va produire de 5 à 9 fois plus de punaise qu'en absence de nourriture. Les cystes d'Artemia constituent une bonne ressource de remplacement pour les œufs d'Ephestia. Nous encourageons les producteurs à changer pour cette nourriture moins dispendieuse. Par contre, l'ajout de cystes dans la production de tomate n'est pas une pratique recommandée. Il est vrai que les populations de punaise doublent avec l'ajout de cystes, mais le contrôle biologique est relâché et l'application de cystes ne réduit pas les dommages aux fruits.

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 (joindre en annexe la documentation en appui)

Fournier M., Lucas E. 2016. Ponte et survie larvaire du miride *Dicyphus hesperus* sur trois différentes diètes. Réunion Conjointe Société d'entomologie du Québec – Société de protection des plantes du Québec, Nicolet, 2-4 Novembre.

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. Impact d'une nouvelle diète sur le cycle de vie et sur les dommages aux fruits de la punaise zoophytophage *Dicyphus hesperus* en serre de tomates. 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.

Production d'un résumé de deux pages du projet au colloque Bio 2017.

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.
Remplacement des œufs Epehstia par les cystes Artemia	Producteurs de tomate Conseillers	1 – Nourrir les punaises est essentiel pour une bonne croissance des populations. 2 - Les cystes Artemia et une bonne nourriture de remplacement des œufs Epehstia.	a) Producteur = Fiche technique Conseiller = Fiche technique + rapport finale 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

Section 7 - Contribution et participation de l'industrie réalisées

Les deux entreprises ont accepté que les expériences se déroulent dans leurs serres. Ils ont contribué en nature par l'hébergement du projet dans leurs serres. Elles ont pris en charge l'entretien des plants expérimentaux. Elles 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 faits avec les participants du projet.

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

Introduction

Les aleurodes ou mouches blanches sont des ravageurs primaires des plants de tomate en serre. Le rendement diminue avec l'augmentation de la densité d'aleurodes sur le plant (Alomar 1984). Tous les producteurs de tomates de serre doivent gérer ce ravageur. Des parasitoïdes de larves d'aleurodes sont commercialement disponibles pour le contrôle biologique de ce ravageur (*Encarsia formosa* et *Eretmocerus eremicus*). Par contre, *Encarsia* n'est pas efficace sous éclairage artificiel à l'automne et à l'hiver au Québec (Lambert et al. 2003). *Eretmocerus* contrôle l'aleurode sous éclairage artificiel mais la population de mouches blanches augmente rapidement au printemps suite à un relâchement de son contrôle. Donc, les parasitoïdes n'offrent qu'une solution partielle pour la gestion des aleurodes.

L'utilisation de punaises zoophytophage à plusieurs avantages sur d'autres ennemis naturels. Elles constituent des prédateurs importants de plusieurs ravageurs en serre comme les aleurodes, tétranyques, thrips et pucerons. Le fait qu'elles puissent s'alimenter sur les plantes peut prévenir l'extinction dans la serre de leur population. Elles peuvent donc survivre en absence de proie ou quand les populations sont très basses. Un autre avantage est qu'elles peuvent être introduites avant l'apparition des ravageurs. Dans certains cas, les punaises zoophytophages ne s'attaquent pas aux fruits. Par exemple, *Dicyphus tamaninii* contrôle efficacement les populations de thrips dans la culture de concombre de serre sans causer de dommages aux fruits (Gabarra et al. 1995). Mais ce n'est pas toujours le cas, la même espèce peut causer des dommages importants aux fruits dans des cultures de courgettes (Castané et al. 2003). En Amérique, *Dicyphus hesperus* (Heteroptera : Miridae) est un miride indigène qui contrôle efficacement l'aleurode des serres (McGregor et al. 1999, 2000), l'aleurode du tabac (Calvo et al. 2016, 2018), les tétranyques à deux points (McGregor et al. 1999), les thrips (Shipp et Wang 2006) et le psylle de la tomate (Calvo et al. 2016, 2018), dans la production de tomate en serre. Le Québec est l'un des plus grands utilisateurs de *Dicyphus hesperus* au Canada. La grande proportion des 397 producteurs de tomates (ISQ 2016) utilise déjà *Dicyphus hesperus* pour la répression de la mouche blanche. Nous utilisons la molène comme plante réservoir et les punaises sont nourries avec des œufs d'*Ephestia* (très dispendieux plus entre 1000 et 1200 \$/kg). Le temps d'implantation de *Dicyphus hesperus* est lent entre 3 et 7 mois (Lambert 2003). Une piqûre de la punaise dans le mésophile de la plante cause une décoloration et une piqûre plus profonde (méristème) cause une malformation du fruit (Castañé et al. 2011). Même si la punaise préfère les feuilles aux fruits (McGregor et al. 2000), elle peut endommager les fruits quand les populations sont élevées et que la population de proies est faible. Jusqu'à 20% des fruits peuvent être déclassés (Shipp et Wang 2006). Cette situation peut causer des pertes importantes aux producteurs. Un fruit déclassé représente 1 à 1.25\$ Kg de moins à la vente (Comm. pers., Abri Végétal).

Nous savons que d'autres mirides se développent très bien sur les cystes d'*Artemia* sp. (Castané et al 2006), mais également des coccinelles (Riddick et al 2014), des anthocorides (Orius; Bonte et al. 2013) et des acariens prédateurs (Duc et al. 2013). *Artemia salina* est un crustacé de l'ordre des Anostraca qui vit essentiellement dans les lacs salés. En Amérique du Nord, elles sont présentes dans le grand lac salé de l'Utah et dans les lacs salés de la région de San Francisco. Les adultes peuvent atteindre 15 millimètres et s'alimentent des algues du genre *Dunaliella*. Durant l'été, les adultes vont s'accoupler et produire des œufs. Une fois éclos, la larve nupleii va compléter son cycle en une semaine. Les adultes peuvent vivre plusieurs mois et pondre 300 œufs par période de 4 jours (Banister, 1985). Lorsque les conditions du milieu deviennent moins

favorables (diminution de la température, augmentation de la salinité et diminution de la nourriture), les adultes vont produire des cystes. La paroi de l'œuf est entourée d'une membrane très épaisse que l'on nomme cyste. Ils flottent en grand groupe à la surface de l'eau. Ils peuvent être localisés au moyen, de drone ou d'avion et récolter par des bateaux au moyen de filet. Les cystes vont être séchés et emballés. Les cystes d'*Artemia* sont de couleur brune et ont l'aspect d'un ballon de soccer complètement dégonflé (Figure 1 a). Sur le marché, il existe deux formes soit les cystes d'*Artemia* capsulés (Figure 1a) ou les cystes décapsulés (Figure 1c). Les cystes décapsulés sont des cystes donc la capsule a été enlevée par un traitement chimique et on obtient la larve nupléii dans une fine enveloppe. Les cystes décapsulés sont rouge. Les cystes d'*Artemia* sont très résistants et peuvent survivre plus années sous cette forme. Au contact de l'eau, le cyste va se gorger d'eau (Figure 1b) et pourra faire plusieurs cycles d'hydratation et déshydratation sans affecter le pourcentage d'éclosion (Morris 1971). Les cystes décapsulés peuvent également être réhydratés mais ne peuvent pas faire plusieurs cycles d'hydratation-déshydratation. Les cystes d'*Artemia* sont principalement utilisés en aquaculture pour nourrir les alevins de poissons.

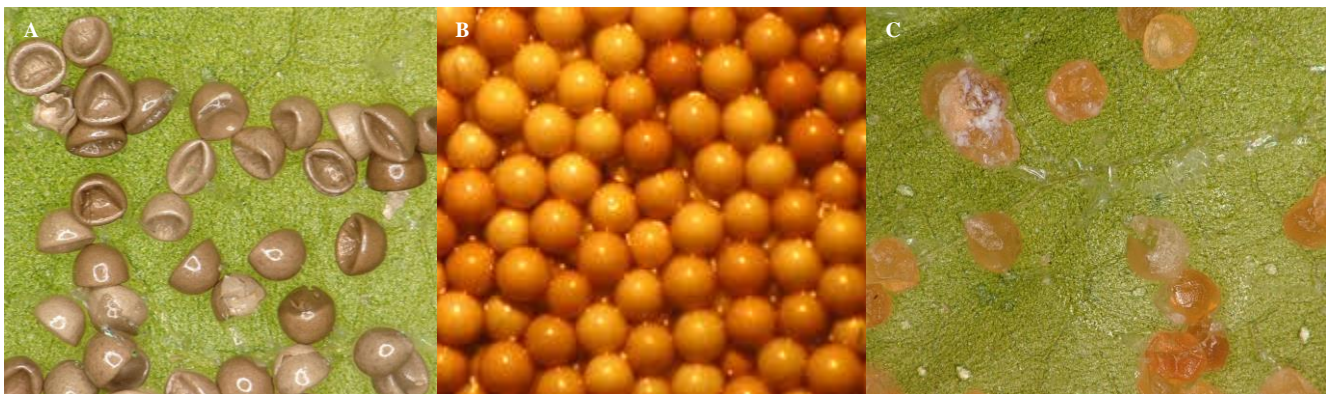


Figure 1. A) À Gauche photo de cystes d'*Artemia* (Capsulés) déshydratés, B) au centre photo de cystes d'*Artemia* (Capsulés) hydratés et c) à droite photo de cystes *Artemia* décapsulés.

Le coût des cystes d'*Artemia* est faible environs 40\$ à 70 \$le kilo et pourrait avantageusement remplacer les œufs d'*Ephestia* en production commerciale de tomate. Il est probable que *Dicyphus hesperus* performe aussi bien sur les cystes d'*Artemia* que sur les œufs d'*Ephestia*. Il faut néanmoins le démontrer aux producteurs pour qu'ils adoptent cette pratique. L'utilisation de cystes d'*Artemia* pourrait diminuer de 90% les frais d'implantation de *Dicyphus* pour les producteurs.

De plus en plus de producteurs Européens utilisent des applications de cystes d'*Artemia* comme nourriture alternative pour augmenter plus rapidement les populations de mirides dans les serres de tomates (Messelink et al. 2014). Une application de 175 g / hectare permet de tripler la population de mirides en serre (van Holstein-Saj et Messelink 2014) et réduire les temps d'implantation. L'application de proies alternatives particulièrement de cystes d'*Artemia* dans les cultures de concombre, augmente l'efficacité de la répression des ravageurs particulièrement du thrips par les punaises (*Orius* et miride; Oveja et al. 2016). Les producteurs du reste du Canada n'utilisent pas *Dicyphus* comme prédateur, parce qu'il est trop lent à s'implanter. Si *Dicyphus hesperus* réagit comme les mirides européens, l'utilisation de cystes d'*Artemia* augmentera les populations plus rapidement et diminuera le temps d'implantation. Cette technique pourrait facilement être utilisée par les producteurs québécois. Plusieurs producteurs utilisent déjà des pulvérisateurs à pollen pour maintenir les populations d'acariens prédateurs. Les cystes d'*Artemia* pourraient être appliqués avec le même pulvérisateur et ainsi être facilement adoptés par les producteurs au Québec. Shipp et Wang (2006) suggèrent que les dommages aux fruits surviennent quand les proies sont rares. L'ajout de proie alternative diminuerait les dommages aux fruits durant les mois de juillet à septembre. *Dicyphus hesperus* est souvent localisé dans le bas

des plants où se trouvent les fruits matures et où il y a peu de feuilles avec des proies accessibles. Un ajout de proies pourrait diminuer les dommages aux fruits.

Matériel et Méthode

En laboratoire. *Temps de développement.* Nous avons introduit une larve de moins de 24 heures de stade L1 de *Dicyphus hesperus* dans un Petri de 5 cm de diamètre. Une feuille de tabac sans nervure était disposée sur gel d'Agar. Les Petri étaient changés deux fois par semaine. Une fois par jour, nous inspectons le Petri pour vérifier si la larve était morte ou vivante, ce jusqu'à la mue imaginale. L'adulte était sexé et pesé au moyen d'une balance de précision au 0.1 mg. Le pourcentage de survie est le nombre de larves de L1 ayant atteint le stade adulte / le nombre total de répétition. Le temps de développement larvaire correspond au nombre de jours entre le début de l'expérience et l'apparition des adultes. Le ratio des sexes est le pourcentage de mâles et de femelles dans un même traitement. Nous avons 3 diètes soit : 1) Oeufs d'*Ephestia ad libitum*, 2) Cystes d'*Artemia ad libitum* et 3) Aucune nourriture (tabac seulement). Nous avons répété l'expérience 30 fois.

Reproduction. Nous avons placé 1 couple de *Dicyphus hesperus* adultes de moins de 24 heures dans un Petri de 5 cm de diamètre. Une feuille de tabac sans nervure était disposée sur gel d'Agar. Les Petri étaient changés deux fois par semaine. Les femelles pondaient à travers la feuille dans le gel. Nous n'avions qu'à retirer la feuille de l'agar et dénombrer les œufs sur la face opposée. Nous déposons la feuille dans un autre Petri sur un coton démaquillant humide. Après 15 jours, nous dénombrons le nombre de larves émergées pour un période de 10 jours. Le pourcentage d'éclosion était calculé comme suit : pourcentage d'éclosion = nombre de larves émergées / nombre d'œufs pondus. Nous avons 3 diètes soit : 1) Oeufs d'*Ephestia ad libitum*, 2) Cystes d'*Artemia ad libitum* et 3) Aucune nourriture (tabac seulement). Nous avons répété l'expérience 30 fois.

Croissance sur Molène. Nous avons mis 3 couples de *Dicyphus hesperus* de moins de 24 heures sur une molène de 25 cm dans une cage de 25 X 25 X 61 cm. Nous avons utilisé 3 diètes soit : 1) 0,05 g d'Oeufs d'*Ephestia* par semaine, 2) 0,05 g de Cystes d'*Artemia* par semaine et 3) Aucune nourriture. Les cages étaient placées dans un incubateur à 24 C, R.H. à 70% et une photopériode de 16 L : 8 D pour une période 75 jours. Nous avons compté le nombre de punaise présent sur la plante à la fin du test. Nous avons répété l'expérience 15 fois.

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 20 plants de tomate que nous avons suivis tout l'été du début mai à la mi-septembre (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 (larves et adultes), 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. À l'Abri Végétal les plants de tomates étaient des tomates à grappe, tandis que chez Les fermes LUFA, les plantes de tomate étaient des tomates cerises.

Nous avons 2 traitements;

1) le traitement ARTEMIA où 0,01 g de cystes d'Artemia était ajouté sur une plante focale et sur les deux plantes adjacentes de chaque côté. La dose de 0,01 g représente une dose d'application de 500 g/ha utilisé en Europe (Pijnakker et al. 2017); et 2) un traitement TÉMOIN où nous n'avons pas ajouté de cystes d'Artemia sur les plantes.

Analyse statistique

Nous avons utilisé des ANOVA pour comparer le temps de développement, le poids, la fécondité et la fertilité des femelles pour les expériences en laboratoire de développement et de reproduction. Nous avons utilisé des transformations Arcsin(x) pour les comparaisons de proportions. Pour différencier les moyennes significatives entre les groupes, nous avons utilisé de test de Tukey. Nous avons utilisé des tableaux de contingence pour comparer le pourcentage des larves ayant complété leur développement, le ratio des sexes et la proportion de femelles ayant pondu des œufs. Pour les données qui ne pouvaient être transformées pour utiliser un test paramétrique, nous avons utilisé un test de Kruskal-Wallis pour le nombre de punaises produites sur les 3 diètes.

Pour les expériences en serre, nous avons utilisé des ANOVA pour comparer les densités d'aleurodes, de punaises, les dommages aux fruits, la moyenne des proportions d'adultes de punaises et des petites larves. Nous avons utilisé des transformations Arcsin(x) pour les proportions. Pour différencier les moyennes significatives entre les groupes, nous avons utilisé de test de Tukey. Nous avons utilisé une table de contingence pour comparer la distribution des punaises entre les deux rangées. Nous avons utilisé un test de Kolmogorov -Smirnov pour identifier les zones statistiquement différentes.

Résultats

En laboratoire.

Temps de développement. Les trois diètes sont différentes pour le pourcentage de L1 atteignant le stade adulte ($\chi^2 = 35.8$, $df = 83$, $p = 0.0001$). Aucune L1 ne s'est rendue au stade adulte sur le tabac sans nourriture. Environ 60% des L1 atteignent le stade adulte sur la diète d'Artémia ou d'Ephestia (Figure 2). Le ratio des sexes n'est pas significativement différent d'un mâle pour une femelle pour les larves nourries avec des cystes d'Artémia ($\chi^2 = 1.0$, $df = 1$, $p = 0.31$) ou des œufs d'Ephestia ($\chi^2 = 0.1$, $df = 1$, $p = 0.81$; Figure 3). Le temps de développement larvaire n'est pas différent entre la diète d'Artemia et d'Ephestia pour les mâles ($F = 0.3$, $df = 13$, $p = 0.60$; Figure 4) et les femelles ($F = 1.9$, $df = 16$, $p = 0.18$; Figure 4). Finalement, le poids des mâles n'est pas significativement différent entre les deux diètes ($F = 3.7$, $df = 13$, $p = 0.08$; figure 5) mais les femelles ayant consommé des d'œufs d'Ephestia sont plus lourdes que les femelles ayant consommé des cystes d'Artemia ($F = 4.7$, $df = 16$, $p = 0,04$; Figure 5).

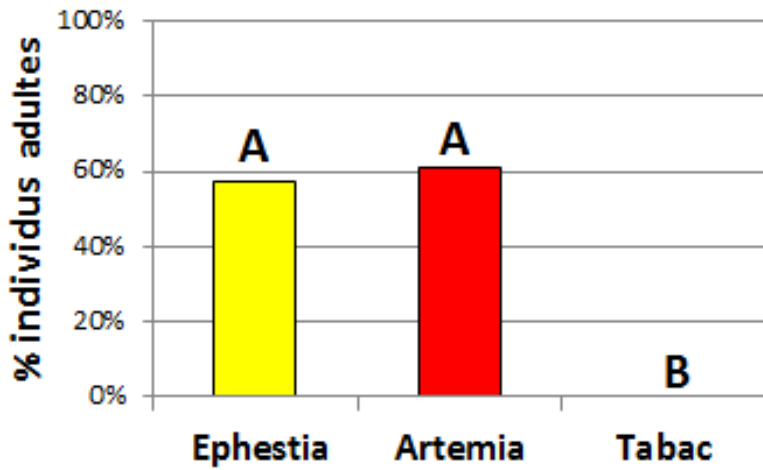


Figure 2. Pourcentage des larves L1 s'étant développé jusqu'au stade adulte sur une diète d'œufs d'Ephestia, une diète de cystes d'Artemia et sur du tabac. Les valeurs sont le pourcentage de survie. Les traitements avec une lettre différente sont significativement différents ($p < 0.05$).

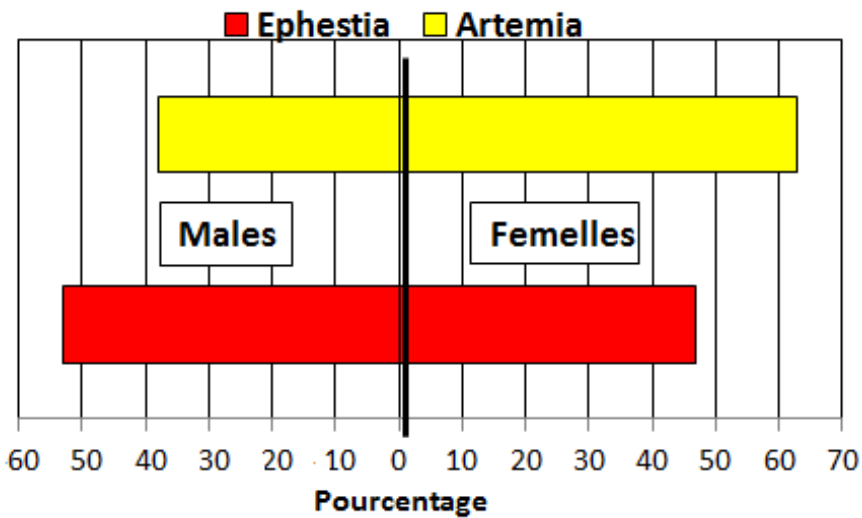


Figure 3. Ratio des sexes des adultes produits sur une diète d'œufs d'Ephestia et une diète de cystes d'Artemia.

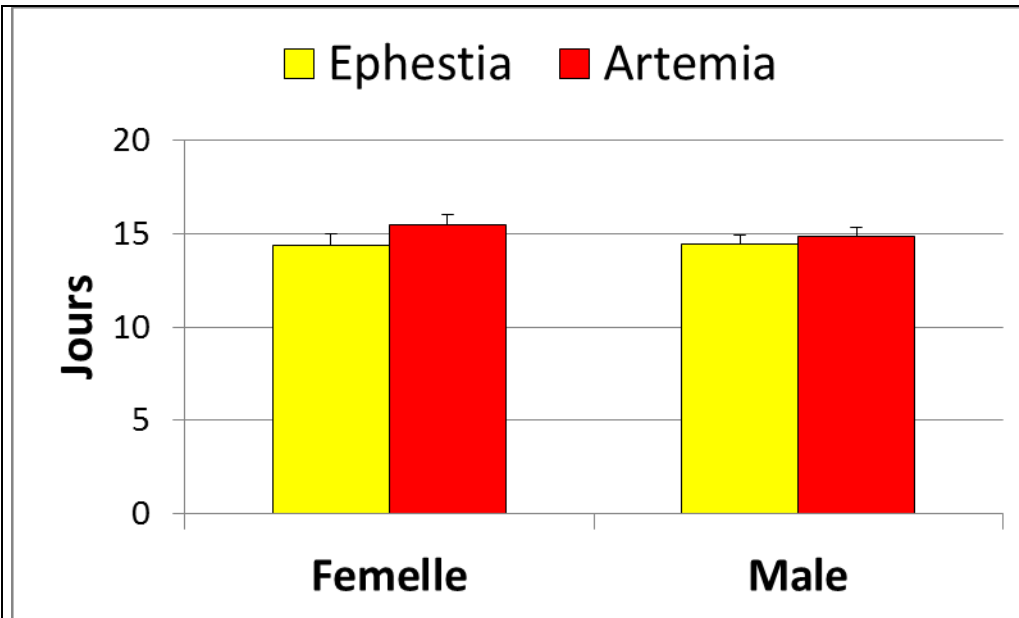


Figure 4. Temps de développement en jour entre le stade L1 et l'adulte (mâle et femelle) sur une diète d'œufs d'Ephestia et sur une diète de cystes d'Artemia. Les valeurs sont les moyennes et erreurs-types.

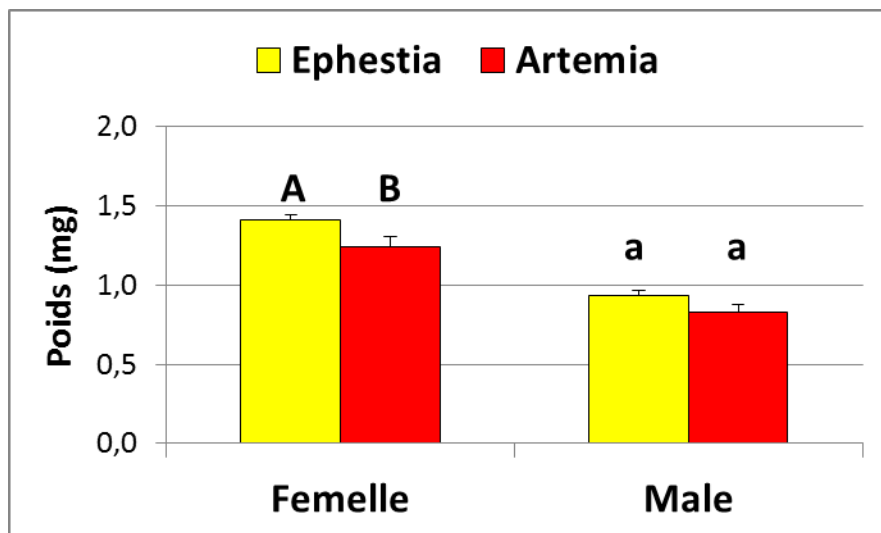


Figure 5. Poids des mâles et des femelles produites sur une diète d'œufs d'Ephestia et une diète de cystes d'Artemia. Les valeurs sont les moyennes et les erreurs-types. Les traitements avec une lettre différente sont significativement différents ($p < 0.05$).

Reproduction. La proportion de femelles ayant pondu est différente entre les trois traitements ($\chi^2 = 26.9$, $df = 2$, $p = 0.0001$). Seule une femelle a pondu sur la diète végétale. Les diètes animales ne sont pas différentes entre elle pour la proportion de femelles ayant pondu ($\chi^2 = 1.7$, $df = 1$, $p = 0.20$; Figure 6). Le nombre d'œufs pondus n'est pas significativement différent entre les deux diètes ($F = 0.4$, $df = 29$, $p = 0.52$; Figure 7), de même que le pourcentage d'éclosion ($F = 2.5$, $df = 29$, $p = 0.12$; figure 7).

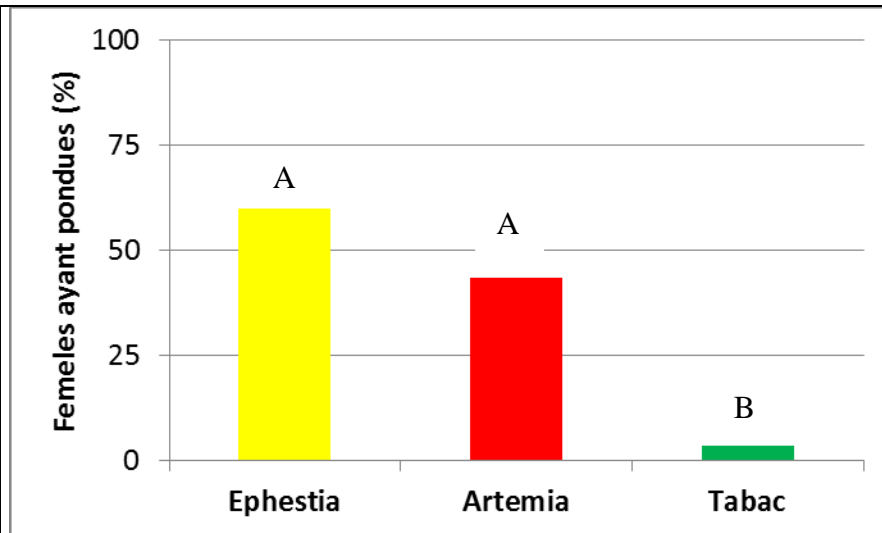


Figure 6. Proportion de femelles ayant pondu pour une période de 14 jours. Les traitements avec une lettre différente sont significativement différents ($p < 0.05$).

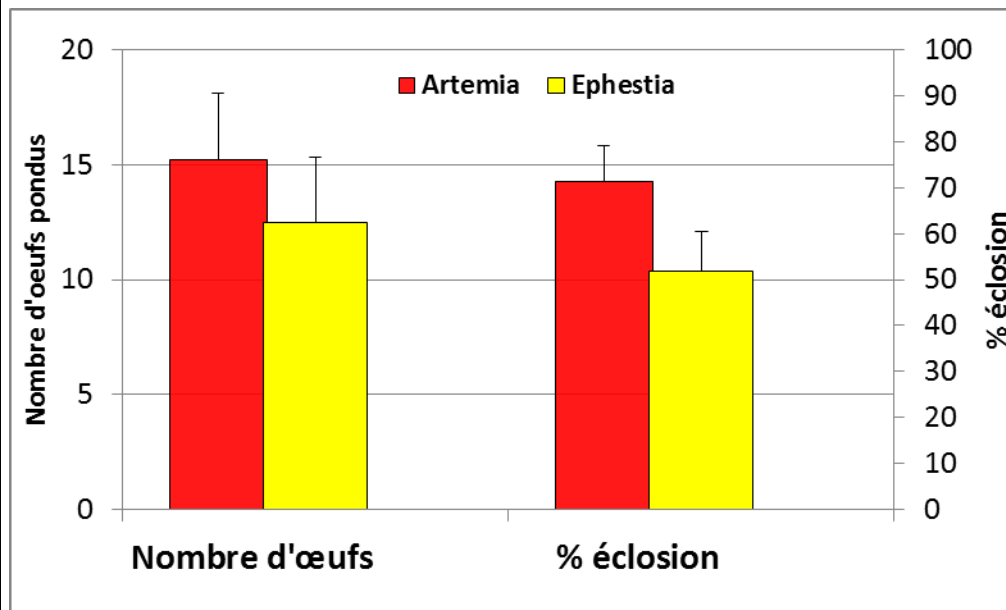


Figure 7. Nombre moyen d'œufs pondus sur une diète d'œufs d'Ephestias et de cystes d'Artemia et pourcentage d'éclosion moyen des œufs pondus sur les deux diètes. Les valeurs sont les moyennes et les erreurs-types.

Croissance sur molène. Le type de diète influence la croissance des populations de punaise ($\chi^2 = 17.3$, $df = 2$, $p = 0.0002$). La population de *Dicyphus* augmente à 9 individus sur des plantes de molène sans nourriture, elle passe à près de 43 lorsque les punaises sont nourries avec des œufs d'Ephestia et à plus de 85 sur cystes d'Artemia (Figure 8). Les traitements Ephestia et Artemia ne sont pas statistiquement différents entre eux mais sont plus élevés que le témoin. En moyenne tous les traitements produisent environ 37 % de femelle ($F = 0.004$, $df = 2$, $p = 0.99$).

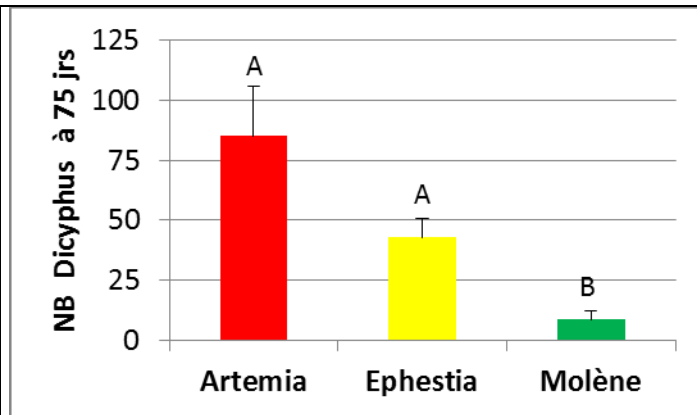


Figure 8. Nombre de *Dicyphus hesperus* produit sur les 3 diètes en 75 jours. Les traitements avec une lettre différente sont significativement différents ($p < 0.05$). Les valeurs sont les moyennes et les erreurs-types.

Serre commerciale.

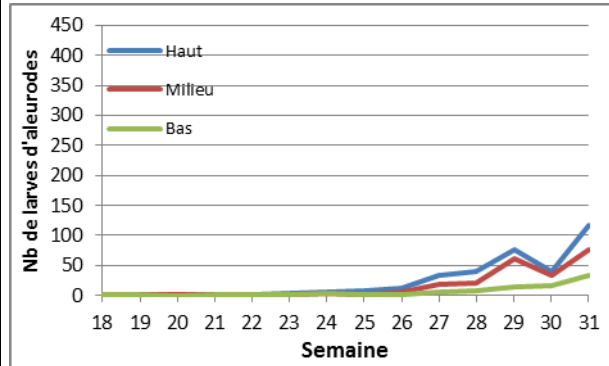
Les figures 9 et 10 représentent l'évolution des populations de larves d'aleurode dans le haut, le milieu et le bas du plant de tomate, des adultes d'aleurodes et des populations de punaises prédatrices pour le traitement TÉMOIN et le traitement ARTEMIA pour les deux serres commerciales partenaires.

Aux fermes Lufa, les traitements étaient séparés par deux rangées. La population d'aleurode est significativement plus élevée dans le traitement TÉMOIN que dans le traitement ARTEMIA pour toute l'expérience ($F = 177.1$, $df = 1$, $p < 0.0001$, Figure 11a). Les populations de punaise commencent à augmenter vers la semaine 24 (15 juin) dans le traitement ARTEMIA et elle reste très faible durant toute la période expérimentale dans la rangée TÉMOIN. Nous avons retrouvé 28 fois plus de punaise dans le traitement ARTEMIA que dans le traitement TÉMOIN. Les populations d'aleurode sont également plus élevées dans le traitement TÉMOIN que dans le traitement Artemia pour les semaines 25 à 31 ($F = 61.9$, $df = 1$, $p < 0.0001$, Figure 11a). Les dommages aux fruits sont restés bas durant toute l'expérience et ne sont pas statistiquement différents entre les deux traitements ($F = 3.0$, $df = 1$, $p = 0.08$; figure 11b). Le gérant de production nous a prié d'arrêter l'expérience à la semaine 28 (15 juillet). Le certificateur Canada GAP demande d'indiquer sur les emballages un risque d'allergène si le producteur utilise des cystes d'Artemia. Il est vrai que 17 % les employés des piscicultures suite à la manipulation répétée de cystes d'Artemia peuvent développer des allergies (Granslo et al. 2009).

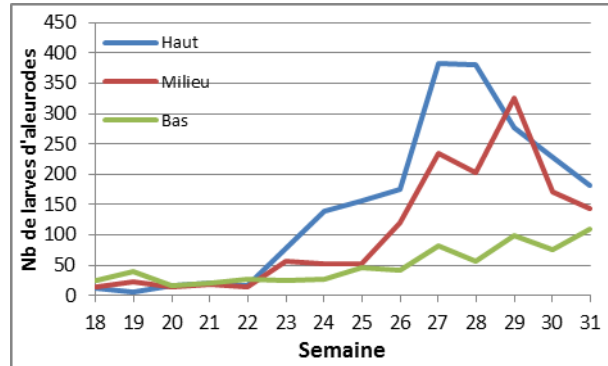
Nous avons eu des conditions plus favorables à l'Abri Végétal. Les rangées expérimentales étaient voisines. La population de *Dicyphus* commence à augmenter à partir de la semaine 26 (30 juin) dans les deux rangées. Il y a significativement plus de *Dicyphus* dans la rangée ARTEMIA que dans la rangée TÉMOIN pour les semaines 26 à 35 (juillet et août; $F = 15.2$, $df = 1$, $p < 0.0001$; Figure 12a). L'ajout de cystes d'Artemia double la population de *Dicyphus*. Il n'y a pas de différence importante dans la population d'aleurode sur tout le plan entre les deux rangées pour les semaines où il n'y a pas de *Dicyphus* (semaine 20 à 26; mi-mai à la fin juin; $F = 2.03$, $df = 1$, $p = 0.16$). Par contre, pour les semaines où il y a des *Dicyphus*, la population d'aleurode est deux fois plus élevée dans le traitement ARTEMIA que dans le TÉMOIN ($F = 20.6$, $df = 1$, $p < 0.0001$). Les adultes représentent 25,0% de la population de *Dicyphus* dans la rangée ARTEMIA et 28,9 % dans la rangée TÉMOIN. Il n'y a pas de différence significative entre les traitements ($F = 0.22$, $df = 1$, $p = 0.64$). Les proportions de petites larves de *Dicyphus* dans les deux rangées ne sont pas significativement différentes non plus ($F = 0.04$, $df = 1$, $p = 0.85$). Les petites larves représentent

55,6% dans la rangée ARTEMIA et 63,5 % dans la rangée TÉMOIN. La répartition des Dicyphus dans le plant est significativement différent entre les deux traitements ($\chi^2 = 43.1$, $df = 2$, $p < 0.0001$). Les Dicyphus sont plus nombreux dans le bas du plant de tomate dans la rangée ARTEMIA comparativement à la rangée TÉMOIN. (Bas : $W = 15$, $df = 7$, $p = 0.039$; Milieu : $W = 14,0$, $df = 7$; $p = 0,054$; Haut : $W = 7$, $df = 7$; $p = 0,38$). Les dommages aux fruits ne sont pas significativement différents entre les deux traitements ($F = 0.23$, $df = 1$, $p = 0.63$; Figure 12b).

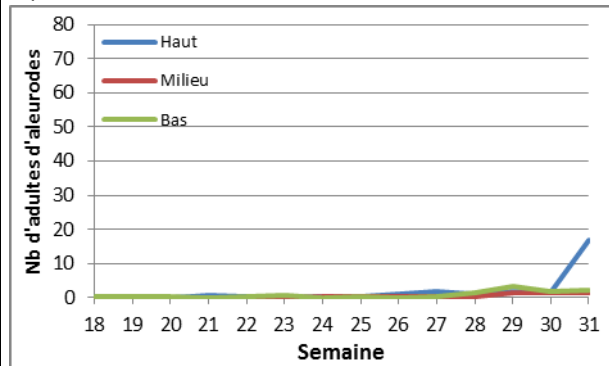
A) ARTEMIA LUFA



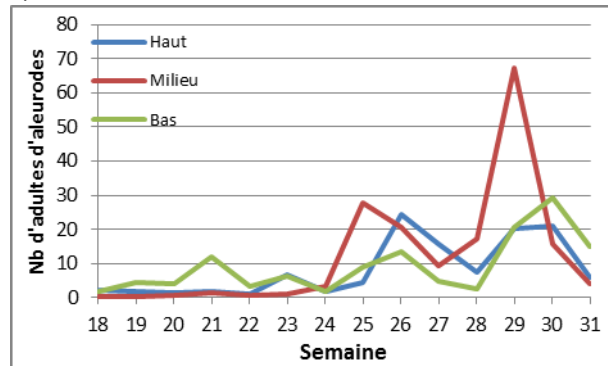
a) TÉMOIN LUFA



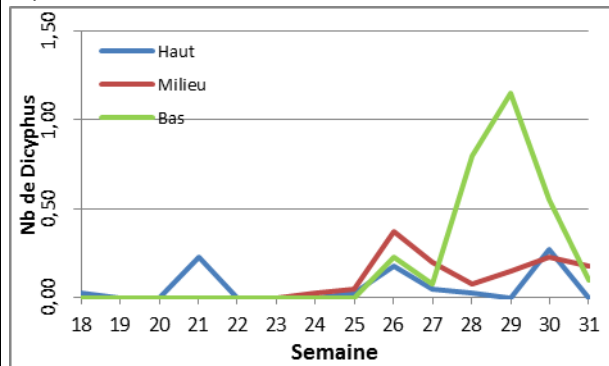
B)



b)



C)



c)

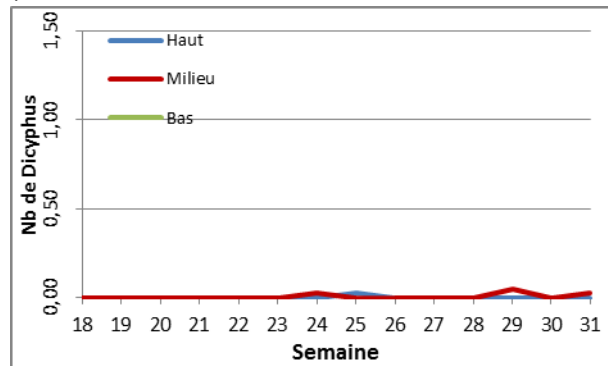
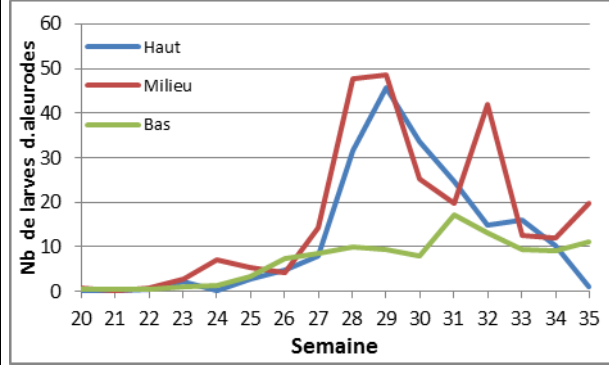
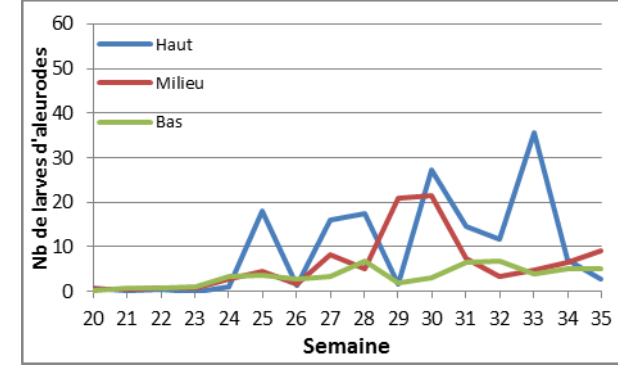


Figure 9. Nombre moyen de larves d'aleurodes (A et a), Nombre d'adultes d'aleurodes (B et b) et Nombre moyen de punaises (C et c) pour le haut, le milieu et le bas du plant de tomate. Les lettres majuscules représentent le traitement ARTEMIA et les lettres minuscules représentent le traitement TÉMOIN au Fermes Lufa.

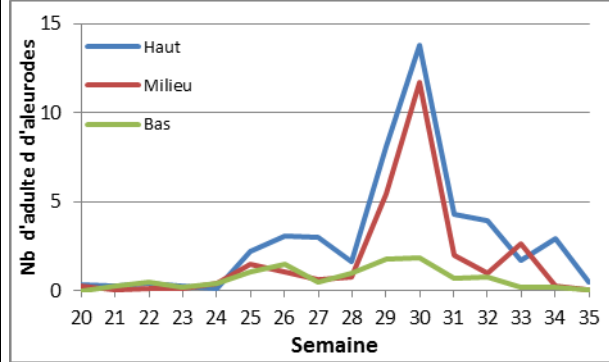
A) ARTEMIA Abri Végétal



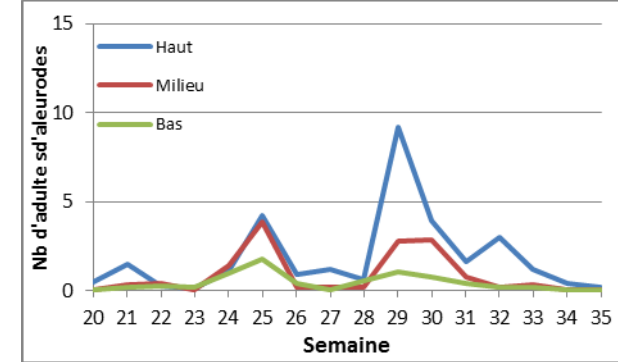
a) TÉMOIN Abri



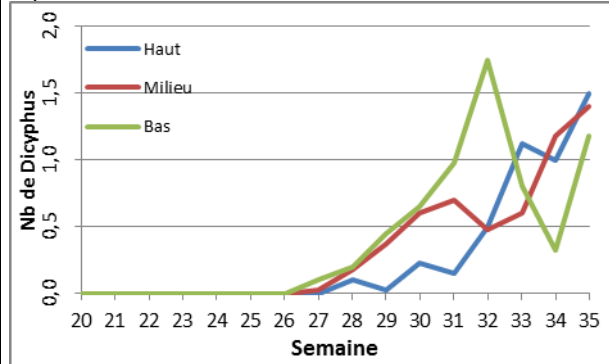
B)



b)



C)



c)

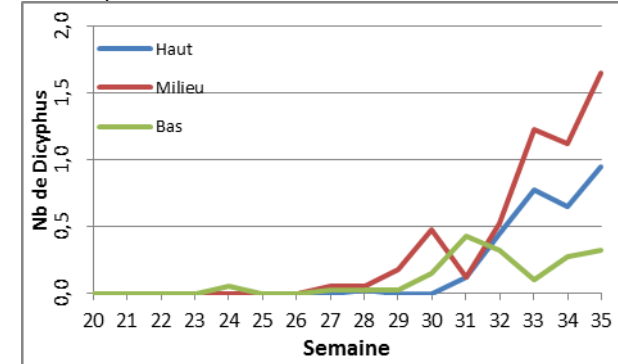
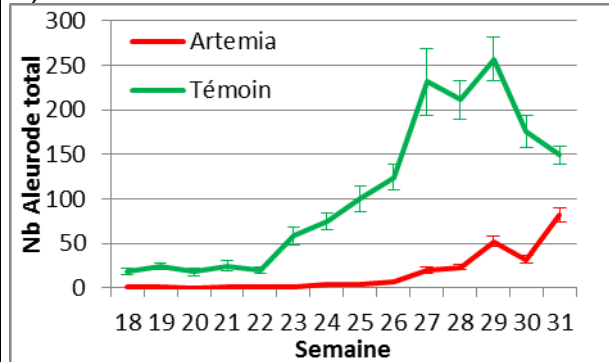


Figure 10. Nombre moyen de larves d'aleurodes (A et a), Nombre d'adultes d'aleurodes (B et b) et Nombre moyen de punaises (C et c) pour le haut, le milieu et le bas du plant de tomate. Les lettres majuscules représentent le traitement ARTEMIA et les lettres minuscules représentent le traitement TÉMOIN chez l'Abri Végétal.

A)



B)

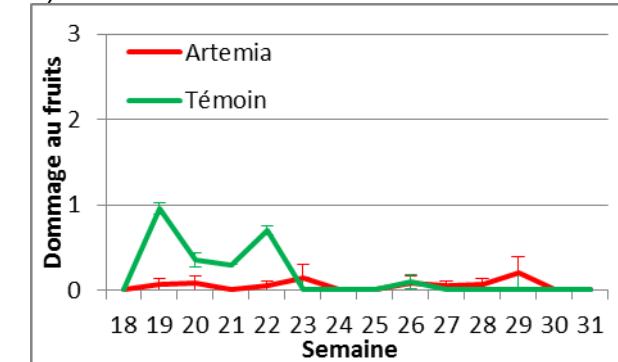


Figure 11. A) Nombre moyen d'aleurodes total sur tout le plant de tomate pour le traitement ARTEMIA et le traitement TÉMOIN chez les Fermes LUFA et B) Dommages aux fruits plus 2 semaines. Les valeurs sont les moyennes et les erreurs-types.

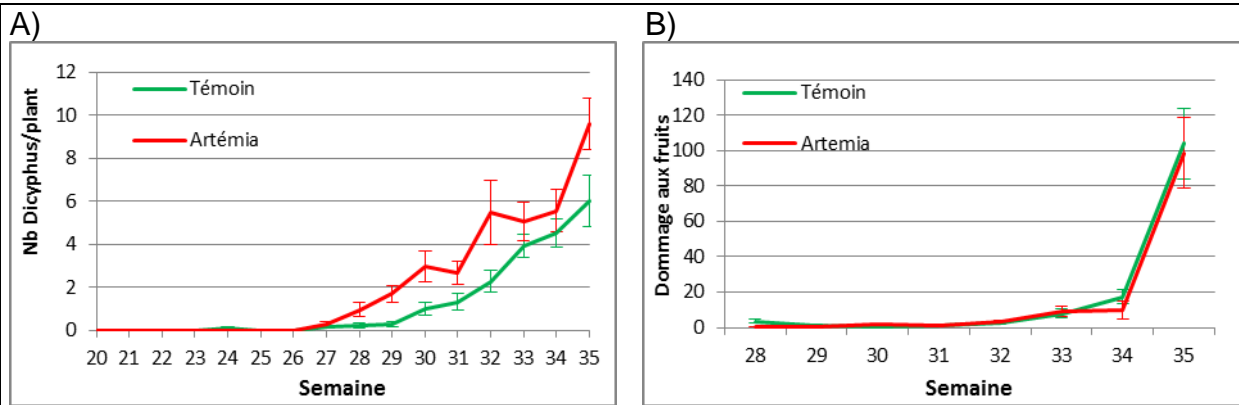


Figure 12. A) Nombre moyen de punaises pour le traitement ARTEMIA et le traitement TÉMOIN chez l'Abri Végétal. B) Dommages aux fruits plus 2 semaines. Les valeurs sont les moyennes et les erreurs-types.

Discussion

*Est-ce utile de nourrir les punaises *Dicyphus hesperus*?*

Tous les résultats en laboratoire démontrent que le tabac n'est pas une plante qui peut supporter à elle seule la croissance de *Dicyphus hesperus*. Le tabac est utilisé comme plante hôte dans les élevages commerciaux de *Dicyphus*. L'ajout d'œufs d'*Ephestia* supporte très bien la croissance de la punaise sur tabac (McGregor et al. 1999, 2000). Une diète animale est essentielle. Pour la molène, Nuyen-Dang et collaborateurs (2016) ont démontré que, sans ajout de nourriture, la molène supporte une faible croissance des populations de *Dicyphus hesperus* tandis que la population diminue sur le poivron ou l'aubergine. Nous avons obtenu les mêmes résultats en deux cycles, la population de *Dicyphus* est passée de 6 à 9 individus en moyenne sur la molène sans nourriture. Par contre, si nous nourrissons les punaises avec une diète animale, la croissance de la population est de 5 à 9 fois plus élevée. Les résultats sont clairs : nourrir les punaises constitue un avantage indéniable.

*Est-ce que les cystes d'*Artemia* peuvent remplacer les œufs d'*Ephestia* comme source de nourriture pour *Dicyphus hesperus*?*

La plupart de paramètres du cycle de vie de *Dicyphus hesperus* sont semblables lorsque sur diète de cystes d'*Artemia* ou sur diète d'œufs d'*Ephestia*. Par contre, les femelles élevées sur cystes d'*Artemia* sont plus petites. Habituellement chez les arthropodes, la taille est corrélée avec le nombre d'œufs pondus (fécondité). Nous nous attendions à ce que la croissance de la population sur molène soit plus faible sur la diète composée de cystes d'*Artemia* que la croissance de la population sur œufs d'*Ephestia*. Nous avons observé une autre situation, la croissance sur molène est semblable sur les deux diètes. D'autres facteurs que la fécondité sont en jeu pour expliquer la croissance similaire des populations. Des petites différences sur la fertilité et/ou la survie larvaire peuvent expliquer ce phénomène. Étant donné que la croissance sur molène est l'expérience la plus représentative des conditions en serre commerciale, nos résultats démontrent que les cystes peuvent remplacer avantageusement les œufs d'*Ephestia* comme nourriture pour *Dicyphus hesperus* sur plantes de molène.

*Est-ce que l'ajout de cystes d'*Artemia* augmente la population de *Dicyphus*?*

Au Fermes Lufa, le traitement ARTEMIA était à côté de deux rangées d'aubergines. Nous n'avons pas pris de données, mais des *Dicyphus* se retrouvent dans les fleurs de l'aubergine et sont capable d'augmenter les populations sur cette plante. La population de *Dicyphus* a augmenté

uniquement dans le traitement ARTEMIA. Les punaises ne se sont jamais rendus dans le traitement TÉMOIN deux rangées plus loin. Chez un autre producteur, les *Dicyphus* peuvent voyager de 1,6 rangée par semaine (Fournier et Lucas, 2017). Nous aurions dû observer des augmentations des populations dans le traitement TÉMOIN une ou deux semaines après l'apparition dans le traitement ARTEMIA mais cela n'a pas été le cas. Les cystes d'*Artemia* pourraient empêcher la dispersion des *Dicyphus* dans les autres rangées. L'ajout de cystes d'*Artemia* sur un plant de concombre n'empêche pas la dispersion de *Macrolophus pygmeus* vers les autres plantes de concombre (Oveja et al. 2016). Les populations d'aleurodes étaient très élevées dans ces rangées, il est plus probable que la migration a été plus lente parce que la ressource nutritionnelle était très abondante.

À L'Abri Végétal, les punaises se sont installées dans les deux rangées de poivrons à l'autre bout de la serre. Nous n'avons pas pris de données mais les punaises se retrouvent dans les fleurs de poivron et sont capables d'augmenter leurs populations sur cette plante. Les *Dicyphus* ont migré dans les rangées de tomates vers la semaine 27 (5 juillet). Et il y avait deux fois plus de *Dicyphus* dans le traitement ARTEMIA que dans le traitement TÉMOIN. L'ajout de proies alternatives augmente le nombre d'individus.

Pour *M. pygmeus* les populations augmentent plus rapidement sur tomate avec des œufs d'*Ephestia* qu'avec des cystes d'*Artemia* (Hilgers et al. 2016). Mais cette étude n'a pas utilisé de traitements sans proie pour voir si l'ajout de proie était bénéfique ou pas. L'ajout de proies est une pratique courante en Europe et augmente les populations de prédateurs (Messelink et al. 2014; van Holstein-Saj et Messelink 2014, Oveja et al. 2016; Pijnakker et al. 2017). Nos résultats vont dans le même sens.

Est-ce une réponse numérique agrégative ou reproductive?

Les populations de *Dicyphus* sont plus élevées dans les rangées avec des cystes d'*Artemia*, mais est-ce que la population augmente réellement plus rapidement (réponse numérique reproductive) ou que les prédateurs se concentrent là où se trouve la nourriture et quittent les plants avoisinants pour se concentrer sur les "patch" de nourriture (réponse numérique agrégative)? Étant donné que nous n'avons pas compté le nombre de prédateurs sur les plantes de tomate sans ajout de cystes d'*Artemia* à l'intérieur du traitement ARTEMIA, nous n'avons pas de données solides de la migration à l'intérieur de la rangée. Par contre, si les adultes des autres rangées étaient attirés par les cystes d'*Artemia*, il y aurait une plus grande proportion d'adulte dans le traitement ARTEMIA que dans le traitement TÉMOIN. Ce n'est pas le cas, la proportion d'adulte est de 25 % dans le traitement ARTEMIA contre 29% dans le traitement TÉMOIN. Les larves ne peuvent pas se déplacer d'une rangée de tomate à l'autre parce qu'elles ne se touchent pas. Les larves peuvent uniquement se déplacer à l'intérieur de la rangée. Les stades L1 et L2 sont très petits et peu mobiles. Ils sont obligatoirement issus de la reproduction des adultes. La proportion de L1 devrait être plus faible, si les larves des punaises avaient migré pour venir s'alimenter des cystes d'ARTEMIA. Là encore, la proportion de petite larve est de 55,6% dans le traitement ARTEMIA et de 63,6% dans le Traitement TEMOIN. La proportion n'est pas significativement différente entre les deux traitements. La grande majorité de punaises retrouvées sont nées sur le plant.

La distribution des punaises à l'intérieur du plant est différente entre les deux traitements. La majorité des punaises sont situés dans le milieu du plant dans le traitement TÉMOIN tandis que la majorité des punaises sont dans le bas du plant dans le traitement ARTEMIA. L'ajout de proie alternative déplace les punaises près du site d'application de cystes d'*Artemia*.

Les résultats supportent que l'augmentation des populations de *Dicyphus* n'est pas une réponse numérique agrégative et que le nombre plus élevé de punaise est le résultat d'une meilleure reproduction des adultes.

Est-ce que l'ajout de cystes d'Artemia augmente le contrôle biologique des aleurodes?

La population d'aleurodes est semblable entre les deux traitements avant l'arrivée des punaises à l'Abri Végétal. Par la suite, la population d'aleurodes augmente plus rapidement dans le traitement ARTEMIA en dépit de la plus grande population de *Dicyphus hesperus*. Habituellement, l'ajout de proies alternatives augmente l'efficacité du contrôle biologique (Messelink et al. 2014, Moerkens et al. 2015; Oveja et al. 2016). Par contre, dans des plantations de tabac de la Caroline du Nord, l'ajout de proies alternatives augmente les populations de punaises prédatrices mais le contrôle biologique n'est pas amélioré (Nelson et al. 2017). Dans notre cas, il est clair que *Dicyphus hesperus* préfère manger des cystes d'Artemia que des aleurodes.

Est-ce que l'ajout de cystes d'Artemia diminue les dommages aux fruits?

Les dommages aux fruits sont identiques dans les deux traitements. L'ajout de nourriture ne prévient pas les dommages aux fruits. Gillespie et McGregor (2000) ont décrit 3 scénarios pour expliquer l'alimentation sur la plante des punaises : 1) les prédateurs s'alimentent sur la plante quand les proies sont rares (une diminution des proies va augmenter les dommages aux fruits), 2) les prédateurs s'alimentent sur la plante pour consommer des proies animales (une densité élevée de proie et de prédateurs vont augmenter les dommages aux fruits) et 3) la consommation de la plante est essentielle pour rechercher certains nutriments (dommages constants durant toute la saison). Dans le cas de *Dicyphus hesperus*, les dommages commencent à apparaître lorsque les proies sont rares. Par contre, les cystes n'étaient pas complètement consommés d'une semaine à l'autre. Les cystes étaient humidifiés une fois par semaine. Il est fort possible que les cystes ne soient hydratés que 1 ou 2 jours par semaine, et que pour avoir un effet sur la diminution des dommages aux fruits, il faudrait les humidifier 2 ou 3 fois par semaine. Étant donné que le contrôle biologique est relâché en présence de cystes d'Artemia, il n'est pas utile de tenter d'améliorer la disponibilité des cystes aux punaises ce qui relâcherait davantage le contrôle des aleurodes. Pourquoi minimiser les dommages aux fruits quand les aleurodes sont si nombreux qu'ils peuvent tuer le plant.

Conclusion

1. Nourrir les punaises avec des œufs d'Ephestia ou des cystes d'Artemia augmentent de 5 à 9 fois le nombre de punaises sur les plants de molène.
2. Les cystes d'Artemia constituent une bonne nourriture de remplacement des œufs d'Ephestia. Les producteurs peuvent utiliser les cystes d'Artemia pour nourrir les *Dicyphus* sur molène.
3. Une application hebdomadaire de cystes d'Artemia : 1) augmente les populations de *Dicyphus hesperus*, 2) relâche le contrôle biologique des aleurodes (le nombre d'aleurode augmente) et 3) ne réduit pas les dommages aux fruits.
4. L'ajout de cystes d'Artemia sur les plants de tomates n'est pas une pratique à promouvoir pour les producteurs de tomate de serre au Québec.

Références

Alomar O. 1984. Effects of glasshouse whitefly (*Trilaleurodes vaporariorum* West.) on the yield of

glasshouse tomatoes. M.Sc. thesis Imperial College, University of London, UK.

Banister K. 1985. Encyclopedia of Aquatic Life. Checkmark Books edition. New York. 384 p.

Bonte J., Maes S., Bonte M., Conlong D., De Clercq P. 2013. Development and reproduction of zoophytophagous predators *Orius thripoborus* and *Orius naivashae* on factitious prey and plant foods. Proceeding of the 4th international symposium on biological control of arthropods, Pucon, Chile. Pp. 120-122.

Castané C., Alomar O., Riudavets J. 2003. Potential risk of damage to zucchinis caused by mirid bugs. IOBC/WPRS Bull. 26 : 135-138.

Castané C., Quero R., Riudavets J. 2006. The brine shrimp *Artemia* sp. as alternative prey for rearing the predatory bug *Macrolophus caliginosus*. Biol. Control. 38 : 405-412.

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

Calvo F.J., Torres-Ruiz A., Velazquez-Gonzalez J.C., Rodriguez-Leyva E., Lomeli-Flores J.R. 2016. Evaluation of *Dicyphus hesperus* for biological control of sweet potato whitefly and potato psyllid on greenhouse tomato. BioControl 61 : 415:424.

Calvo F.J., Torres A., Gonzalez E.J., Valazquez M.B. 2018. The potential of *Dicyphus hesperus* as a biological control agent of potato psyllid and sweetpotato whitefly in tomato. Bull. Entomol. Res. doi:10.1017/S0007485318000020

Duc T.N., Vangansbeke D., De Clercq P. 2013. Performance of *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot and *Amblydromalus limonicus* Garman (Mesostigmata : Phytoseiidae) on factitious foods and pollen. Proceeding of the 4th international symposium on biological control of arthropods, Pucon, Chile. Pp. 123-125.

Fournier M., Lucas E. 2017. Rapport Final IA214196 *Charte de gestion de Dicyphus hesperus en production de tomate de serre*. Programme Innov'Action- Volet 2. MAPAQ. p.21.

Gabarra R., Castañé C., Albajes R. 1995. The mirid bug *Dicyphus tamaninii* as a greenhouse whitefly and western flower thrips predator on cucumber. Biocontrol Sci. Techn. 5 : 475-488.

Granslo J.T. Van Do T., Aasen T.B., Irgens A., Florvaag E. 2009. Occupational allergy to *Artemia* fish fry feed in aquaculture. Occup. Med. 59 : 243-248.

Hilgers J., Gruda N., Noga G. 2016. *Artemia* sp. Cysten als Aufzuchtfutter für *Macrolophus pygmaeus*: eine Evaluation unter Praxisbedingungen. Gesunde Pflanz. 68 : 135-143.

ISQ. 2016. Profil sectoriel de l'industrie horticole au Québec. Québec Canada. 112 p.

Lambert L., Chouffot 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. 5 p.

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.

McGregor R.R. et Gillespie D.R. 2000. The functions of plant feeding in the omnivorous predator *Dicyphus hesperus* : water places limits on predation. Ecol. Entomol. 25 : 380-386.

Messelink G.J., Bennison J., Alomar O., Ingegno B.L., Tavella L., Shipp L., Palevsky E., Wäckers F.L. 2014. Approaches to conserving natural enemy populations in greenhouse crop: current methods and future prospects. BioControl 59 : 377-393.

Moerkens R., Berckmoes E., van Damme V., Ortega-Parra N., Hanssen I., Wuytack M., Wittemans L., Casteels H., Tirry L. De Clercq P., de Vis R. 2016. High population densities of *Macrolophus pygmaeus* on tomato plants can cause economic fruit damage: interaction with Pepino mosaic virus? Pest Manag. Sci. 72 : 1350-1358.

Morris J.E., 1971. Hydration, its reversibility, and the beginning of development in the brine shrimp, *Artemia salina*. Comp. Biochem. Physiol. A Physiol. 39 : 843-857.

Nelson P.N., Burrack H.J., Sorensom C.E. 2017. Plant-provided food increases indirect defense through manipulation of a mutualism: efficacy in the field and potential in the greenhouse. IOBC-WPRS Bulletin (*Working Group: Integrated Control in Protected Crops, Temperate Climate*). 124, 37-43.

Nguyen-Dang L., Vankosky M., VanLaerhoven S. 2016. The effects of alternative host plant species and plant quality on *Dicyphus hesperus* populations. Bio. Control 100 : 94-100.

Oveja M.F., Riudavets J., Arno J., Gabarra. 2016. Does a supplemental food improve the effectiveness of predatory bug on cucumber? Biocontrol. 61 : 47-56.

Pijnakker J., Vangansbeke D., Wäckers F.L., Arijs Y. 2017. Building a "standing army" of beneficials: A reality in greenhouse crops. AFPP – 6e conférence sur les moyens alternatifs de production pour une production intégrée. Lille, France 11 au 23 Mars 2017.

Riddick E.W., Wu Z., Rojas G. 2014. Potential utilization of *Artemia franciscana* eggs as food for *Coleomegilla maculata*. Biocontrol. 59 : 575-583.

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.

van Holstein-Saj R., Messelink G.J. 2014. Verbetering inzet *Macrolophus pygmaeus* in tomaar. Wageningen UR Greenhouse Horticulture, Report 1293, The Netherlands.

