

**UTILISATION DE L'EUPÉODE D'AMÉRIQUE (DIPTERA : SYRPHIDAE) CONTRE LE PUCERON DU  
MELON EN CONCOMBRE DE SERRE**

**18-009-UQAM**

DURÉE DU PROJET : JANVIER 2020 / JANVIER 2022

**RAPPORT FINAL**

Réalisé par :  
Arlette Fauteux, Marc Fournier et Éric Lucas  
Université du Québec à Montréal

Mars 2022

Les résultats, opinions et recommandations exprimés dans ce rapport émanent de l'auteur ou des auteurs et n'engagent aucunement le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation.

# TITRE DU PROJET : UTILISATION DE L'EUPÉODE D'AMÉRIQUE (DIPTERA : SYRPHIDAE) CONTRE LE PUCERON DU MELON EN CONCOMBRE DE SERRE

18-009 UQAM

## RÉSUMÉ DU PROJET

Le puceron du melon, *Aphis gossypii* est un ravageur important en culture biologique et conventionnelle de concombres de serre. Il est vecteur de nombreuses maladies virales, développe des résistances aux pesticides et se reproduit rapidement. Actuellement, la majorité des producteurs biologique utilisent une combinaison du parasitoïde *Aphidius colemani* ou *A. matricariae* et du prédateur, *Aphidoletes aphidimyza*. L'efficacité de cette méthode est toutefois variable et les populations du puceron du melon peuvent exploser malgré des lâchers inoculatifs.

Les larves de certaines espèces de syrphes sont très voraces et pourraient constituer une alternative pour le contrôle des pucerons en serre. Le syrphe d'Amérique, *Eupeodes americanus* s'est précédemment montré très efficace pour le contrôle du puceron de la digitale, *Aulacorthum solani*, sur le poivron avec un système de plantes réservoirs. L'écologie du syrphe d'Amérique est encore mal connue et le présent projet visait, à établir son potentiel avec un système de plantes réservoirs pour lutter contre le puceron du melon en serres de concombres.

Le 1<sup>er</sup> objectif visait à établir la capacité de développement et la voracité du syrphe sur le puceron du melon. Le syrphe d'Amérique se développe et consomme un nombre plus élevé de ravageurs que de proies réservoirs (puceron bicolore des céréales sur la plante réservoir). Une larve de syrphe d'Amérique consomme plus de 1500 pucerons durant son développement.

Le 2<sup>nd</sup> objectif était de comparer trois plantes candidates pour être des plantes-réservoir. Étant donnée sa voracité très élevée, la plante réservoir utilisée doit être capable de soutenir une population de pucerons importante pendant une longue période. Parmi les trois espèces de graminée testées, l'éleusine est la meilleure plante, car elle supporte une charge maximale de puceron et résiste mieux aux dommages des pucerons que les plantes d'orge et de maïs.

Le 3<sup>ème</sup> objectif à tester le système en conditions de production en serre. L'utilisation de plantes réservoirs a permis de maintenir une population de syrphes durant 7 à 8 semaines, mais la population s'est effondrée par la suite. De plus amples recherches doivent être effectuées pour évaluer les causes de ce phénomène. Le présent projet permet de démontrer le potentiel d'agent de lutte du syrphe d'Amérique, extrêmement vorace et polyphage, et fournit des outils supplémentaires pour raffiner les systèmes de plantes réservoirs.

## OBJECTIFS

L'objectif global du projet était d'évaluer l'efficacité du syrphe d'Amérique en système de plantes réservoirs pour lutter contre le puceron du melon en serres de concombres. Le projet était divisé en deux volets. Le premier volet, visait l'élaboration en laboratoire d'un système de plante réservoir optimal pour la lutte contre le puceron du melon par le syrphe d'Amérique et le deuxième volet visait à évaluer l'efficacité de ce système en conditions de production en serre.

Le premier volet était divisé en trois sous-objectifs :

1) Évaluer le développement de l'agent de lutte sur le ravageur (*A. gossypii*) et sur la proie réservoir (dans les plantes réservoirs, = puceron bicolore des céréales, *Rhopalosiphum padi*);

- 2) évaluer la voracité de l'agent de lutte sur ces deux mêmes proies et
- 3) évaluer la performance de trois espèces végétales en tant que plantes réservoirs.

Le deuxième volet de l'étude était divisé en deux sous-objectifs :

- 4) Évaluer le contrôle du puceron du melon par le syrphe d'Amérique en système de plante réservoir dans des serres de concombre et
- 5) dans un contexte de plants engagés ou librement accessibles en serre.

## MÉTHODOLOGIE

Volet 1. Évaluation des composants du système de plante réservoir.

### a) Développement du Syrphe d'Amérique

**Contexte.** L'efficacité du contrôle peut dépendre de la qualité respective de la proie réservoir et du ravageur. Si le ravageur est de qualité inférieure à la proie réservoir, le syrphe prédateur pourrait uniquement s'intéresser aux plantes réservoirs et abandonner le puceron du melon sur le concombre. *Rhopalosiphum padi* est la proie réservoir. Il a été sélectionné, car il est commercialement disponible et utilisé comme proie dans des systèmes de plantes réservoirs d'orge. C'est également le puceron d'élevage du syrphe d'Amérique au laboratoire de lutte biologique de l'UQAM depuis 2014, il représente donc également une proie de qualité élevée pour le développement du syrphe.

**Méthodologie.** Des larves de moins de 24h ont été placées dans des Petri aérés de 9 cm de diamètre avec de l'Agar et une feuille de concombre pour *A. gossypii* ou quelques feuilles d'orge pour *R. padi*. Les pucerons ont été fournis *ad libitum* (non compté) à la larve, jusqu'au début de sa nymphose. Chaque jour, la survie/mortalité de la larve était notée ainsi que son stade de développement selon la technique développée par [Fauteux et al. 2022](#). La larve était également pesée au 0,01 mg avec une balance de précision. Les Petri étaient changés tous les 2 jours afin d'éviter la formation de moisissure. Les pucerons étaient ajoutés quotidiennement. À la fin de l'expérience, le poids des pupes était noté, puis elles étaient transférées individuellement sur de la terre noire humide afin d'imiter leurs conditions naturelles. Un total de 24 et 27 répétitions ont été effectuées respectivement pour *R. padi* et *A. gossypii* (34 et 40 en considérant la mortalité). L'expérience s'est déroulée en chambre de croissance à une température de 25 °C, 60% R.H. et 16:8 L:N. Les manipulations se sont déroulées au courant des années 2019-2020.

**Analyses statistiques :** Le temps de développement et le poids larvaire (après transformation logarithmique du temps de développement) ont été évalués par deux modèles linéaires mixtes distincts avec l'espèce de proie et le stade de développement comme effets fixes ainsi que l'identité des individus (ID) comme effet aléatoire. Le taux de survie a été évalué par une régression logistique à effets mixtes avec l'espèce de proie et le stade de développement (larve ou pupa) comme effets fixes et l'ID comme effet aléatoire. Le stade larvaire n'a pas pu être inclus comme variable explicative en raison du faible taux de mortalité. Les régressions logistiques supposent que moins de 20 % des groupes du tableau de contingence ont une fréquence inférieure à cinq et l'inclusion du stade larvaire dans le modèle n'aurait pas respecté les assumptions du test. Pour la même raison, les déformations sont survenues trop rarement (2,70 %) pour être interprétées statistiquement.

### b) Voracité du syrphe d'Amérique:

Contexte. La voracité du prédateur est de façon générale un bon indicateur de l'efficacité du contrôle biologique (mais pas le seul bien entendu). La voracité du syrphe d'Amérique sur le ravageur pourra être comparée à celle sur la proie réservoir. Sachant que le syrphe d'Amérique a démontré une haute voracité sur *R. padi* dans de précédentes expériences (données non publiées), cette comparaison nous permettra d'extrapoler sur la capacité de contrôle du ravageur.

Méthodologie : Nous avons utilisé le même protocole que pour l'objectif 1a, à l'exception du fait que les pucerons étaient dénombrés chaque jour. Nous avons fourni entre 100 et 1200 pucerons de stade 2 (*R. padi* ou *A. gossypii*) par jour selon le stade des larves. Le nombre de pucerons fournis était ajusté à la consommation des larves selon les stades en supposant que si un minimum de 15 % des pucerons fournis quotidiennement n'était pas consommé après 24 heures, la larve mangeait à capacité maximale. Ces quantités ont été établies préalablement à l'aide de prétests. La biomasse était évaluée en multipliant le nombre de pucerons consommé par la valeur moyenne du poids de 50 pucerons (n = 20) pour les deux espèces. Deux témoins correspondants au nombre de pucerons fournis étaient produits tous les jours et permettaient de contrôler (correction d'Abbott) pour la mortalité naturelle des pucerons. Pour des raisons logistiques (approvisionnement en pucerons et temps de manipulations), la voracité a été évaluée en continu sur les mêmes individus du premier à la fin du deuxième stade, mais la voracité des troisièmes stades a dû être évaluée séparément. La voracité pour le troisième stade a été mesurée aux mêmes conditions expérimentales pour les larves de stades 1 et 2. Au total, pour le premier et le deuxième stade, 14 répétitions ont été effectuées pour *R. padi* et 13 répétitions pour *A. gossypii* respectivement. Pour le troisième stade, 10 répétitions ont été effectuées par proie (en raison du nombre colossal de pucerons nécessaires).

Analyses statistiques. Les analyses statistiques de la voracité des premier et deuxième stades ont été réalisées séparément de celles du troisième stade larvaire puisque les données du premier et deuxième stade ont été prises sur les mêmes individus, mais pas celles du troisième stade. L'effet de l'espèce de proie sur la voracité et la biomasse consommée par les larves de premier et deuxième stade a été évalué par des modèles linéaires mixtes avec l'espèce de proie et le stade de développement comme effets fixes et l'identité de la larve comme effet aléatoire. L'effet de l'espèce de proie sur la voracité des larves de troisième stade a été testé avec un test de Student. L'effet de l'espèce de proie sur la biomasse de pucerons consommée par les larves de troisième stade a été testé avec un test non-paramétrique de Wilcoxon.

### c) **Performance des plantes réservoir :**

#### i) Temps de renouvellement et charge maximale en pucerons

Contexte. Une densité élevée de pucerons peut tuer la plante hôte. Un système de plante réservoir performant devrait tolérer une quantité élevée de pucerons (charge) durant une longue période. La période entre l'introduction de la plante réservoir en serre et la sénescence de la plante est le temps de renouvellement. Trois plantes ont été sélectionnées pour cette expérience : l'orge, le maïs et l'éleusine. L'orge est commercialement disponible, mais elle résiste mal aux températures élevées en serre durant l'été. L'éleusine et le maïs sont, effectivement, plus résistants aux conditions de serres que l'orge et constituaient deux candidats intéressants.

Méthodologie: Des plants cultivés en régie biologique de maïs d'environ 90 cm ainsi que d'orge et d'éleusine de 25-35 cm ont été inoculés avec 1000 pucerons bicolores des céréales. Le nombre de pucerons et l'état de la plante ont été évalués chaque semaine, jusqu'à la sénescence des plantes. L'état de la plante était évalué sur une échelle de 0 à 100%; un pot dont toutes les tiges étaient vigoureuses avec beaucoup de pucerons recevait un score de 100% et un score de 0%, si toutes les tiges étaient mortes. Les cages étaient composées

d'une structure de bois mesurant 25 cm de large sur 25 cm de long et 100 cm de haut. Elles étaient recouvertes de mousseline et une porte composée de mousseline et de velcro donnait accès à la plante. L'expérience s'est déroulée à une température de 25 °C, à une humidité relative de 50% et une photopériode de 16:8 L:N. Au total, 17 répétitions ont été effectuées avec l'orge, 15 avec l'éleusine et 15 avec le maïs.

Analyses statistiques : Les moyennes des charges en pucerons et le temps de renouvellement des trois espèces de plantes ont été comparés avec des tests de Kruskal-Wallis. Des tests post-hoc de Dunn avec correction de Bonferroni ont été utilisés pour identifier les différences significatives entre les traitements. La différence dans l'évolution des charges de pucerons dans le temps entre les trois espèces végétales a été évaluée par un modèle additif généralisé avec le temps, les espèces végétales et l'interaction entre le temps et les espèces végétales comme effets fixes et l'identité de la plante (ID) comme effet aléatoire. La différence entre les trois espèces de plantes en ce qui concerne la dégradation de l'état de la plante dans le temps a été évaluée par un modèle quadratique avec le temps, la plante et l'interaction entre le temps et la plante comme effets fixes et l'ID comme effet aléatoire. Les variables réponses des deux modèles, nombre de pucerons par plante et état de la plante, ont préalablement subi une transformation racine carrée pour une meilleure normalité des résidus.

## ii) Production de syrphes

Contexte. Un système de plante réservoir efficace doit être capable de produire un nombre élevé d'agents de lutte biologique. La plante hôte peut influencer la qualité des pucerons produits et par conséquent le nombre de prédateurs produits. Les trois mêmes plantes que précédemment ont été sélectionnées pour cette expérience, soit l'orge, le maïs et l'éleusine.

Méthodologie : Des plantes de maïs (90 cm), d'orge et d'éleusine (25 à 30 cm) ont été inoculées avec 25% de leur charge maximale de pucerons (évalué au volet précédent) et placées dans des cages de bois recouvertes de mousseline (25 cm x 25 cm x 100 cm). Trois jours après inoculation des pucerons, une femelle âgée de 3 à 5 jours a été introduite dans la cage. Pour s'assurer de leur accouplement, les femelles ont été gardées avec des mâles à un ratio de 3 femelles pour 2 mâles dans une cage. Une fleur artificielle (tampon démaquillant imbibé d'un mélange d'eau et de miel et couvert de pollen d'abeille) et un pot contenant de l'eau sucrée (10% v/v) étaient fournis dans chaque cage comme nourriture pour les syrphes adultes. Considérant que la durée de vie moyenne des femelles de syrphe d'Amérique est de 18,7 jours, les femelles ont été retirées 2 semaines après leur introduction pour uniformiser la ponte. Après le retrait de la femelle, la cage était inspectée tous les 3 jours. Les nouveaux adultes émergés étaient récoltés, dénombrés, pesés et sexés. Après le retrait de la femelle, nous notions; l'état de la plante (voir section précédente), le nombre d'œufs et de larves de syrphe ainsi qu'une estimation du nombre de pucerons. Vingt-trois répétitions ont été effectuées avec l'orge, 14 avec l'éleusine et 9 avec le maïs. Au terme de ces répétitions, l'expérience a été avortée puisqu'elle entraînait un taux de cannibalisme trop élevé. Les femelles pondaient effectivement abondamment, ce qui générait de grandes populations de larves. La quantité de pucerons présents sur une plante réservoir n'étant pas suffisantes pour nourrir toutes les larves présentes. Elles effectuaient beaucoup de prédation entre elles et les résultats étaient donc biaisés.

## Volet 2. **Expérience en serres.**

### a) **Expérience en serres de concombres.**

Contexte. Un bon système de plante réservoir doit maintenir une population de l'agent de lutte durant une longue période sans réintroduction de prédateur. Le système doit être efficace dans les conditions réelles avec des infestations naturelles de puceron du melon en serres. L'objectif était de comparer des serres avec le syrphe d'Amérique en système de plante réservoir à des

serres témoins (sans plante réservoir), mais soumises aux mêmes conditions (traitements phytosanitaires, température, dimensions, etc.). Pour cette expérience, l'éleusine a été sélectionnée comme plante réservoir, car elle semblait plus avantageuse à la lumière des résultats de l'expérience 1c. À titre comparatif, l'orge a également été utilisée puisqu'il est disponible commercialement.

Méthodologie : Nous avons fait les expériences chez 3 producteurs de concombre de la grande région de Montréal. Chez chaque producteur, nous avons une serre témoin (sans plante réservoir) et une serre expérimentale où nous introduisons quatre plantes réservoirs (2 éleusines et 2 orges) contenant 10 larves de syrphes. Les dimensions des serres étaient de 30 m de long sur 7 m ou 9 m de large. Nous visitons les fermes toutes les semaines. Les expériences ont commencé en juin et se sont terminées avec l'arrêt de production de l'une des deux serres chez un producteur. Dans toutes les serres parmi toutes les plantes présentes, nous échantillons au hasard 20 plants de concombres. Pour chaque plant de concombre, nous échantillonnons deux feuilles dans le haut de la plante, deux dans le milieu et deux dans le bas. Nous dénombrons, le nombre de pucerons, le nombre d'œufs et de larves de syrphes ainsi que la présence d'autres ravageurs (thrips, aleurode et tétranyque) et d'autres ennemis naturels. Chaque semaine toutes les plantes réservoirs étaient inspectées. Nous notions le nombre d'œufs ou de larves de syrphes. Ces expériences se sont déroulées au cours de l'été 2020.

Analyses statistiques : Étant donné que seulement 2 serres sur 6 ont été infestées par des pucerons du melon et que les syrphes n'ont pas réussi à s'établir dans ces deux serres, aucune analyse statistique n'a pu être effectuée sur cet aspect. Néanmoins, des tests de Student et de Wilcoxon (selon les serres) ont été effectués pour vérifier si les syrphes se trouvaient plus fréquemment dans une des deux espèces de plantes réservoirs.

## **2.b) Expérience en serre de fines herbes.**

Contexte. Nous ne pouvions pas introduire du puceron du melon chez les producteurs commerciaux. Des serres de fines herbes ont été sélectionnées pour cette expérience puisque ces plantes aromatiques ne sont pas sensibles aux infestations par le puceron du melon, ce qui nous permettait d'en introduire sans causer de dommage aux cultures. L'idée alors était d'installer dans des serres un dispositif de plante réservoir et d'introduire des plants de concombre infestés de pucerons. Nous voulions suivre l'évolution des colonies de pucerons sur des plants accessibles aux syrphes (posés directement sur la table) et des plants inaccessibles aux syrphes (cage fermée entourée de mousseline). Le maïs a d'abord été sélectionné comme plante réservoir puisque l'orge et l'éleusine n'avaient pas été très efficaces dans l'expérience précédente. Toutefois, les plants de maïs ont été largement utilisés par des cécidomyies prédatrices de pucerons, réduisant ainsi les ressources pour les syrphes. Pour cette raison, le reste de l'expérience a été effectuée avec l'orge.

Méthodologie. Durant deux semaines, 4 plantes réservoirs contenant 10 larves de syrphes chacune ont été introduites dans une serre de fines herbes. La première semaine nous avons également introduit 8 plants d'alyse en fleurs (*Lobularia maritima*) pour toute la durée de l'expérience. À la troisième semaine, nous avons introduit 24 plants de concombres de 4 feuilles inoculés avec 2 pucerons du melon adultes. Douze plants de concombre ont été mis dans des cages de bois recouvertes de mousseline (cage fermée) et douze autres plants déposés directement sur la table de culture qui donnait libre accès au syrphes. Les cages (25 cm x 25 cm x 60 cm) et les plantes ont été disposées aléatoirement dans la serre. Chaque semaine, nous introduisons quatre plantes réservoirs supplémentaires sans prédateur pour fournir assez de proies réservoirs pour la population de syrphes dans la serre. Chaque semaine, nous avons dénombré les pucerons, les œufs et les larves de syrphes sur le concombre et les œufs et larves dans les plantes réservoirs. Nous avons fait trois blocs

temporels en 2021 : bloc 1, du 8 juillet au 12 août; bloc 2, du 9 septembre au 28 octobre et finalement bloc 3, du 18 novembre au 30 décembre. Nous avons utilisé des plants de maïs comme plante réservoir pour le bloc 1 et d'orge pour les blocs 2 et 3.

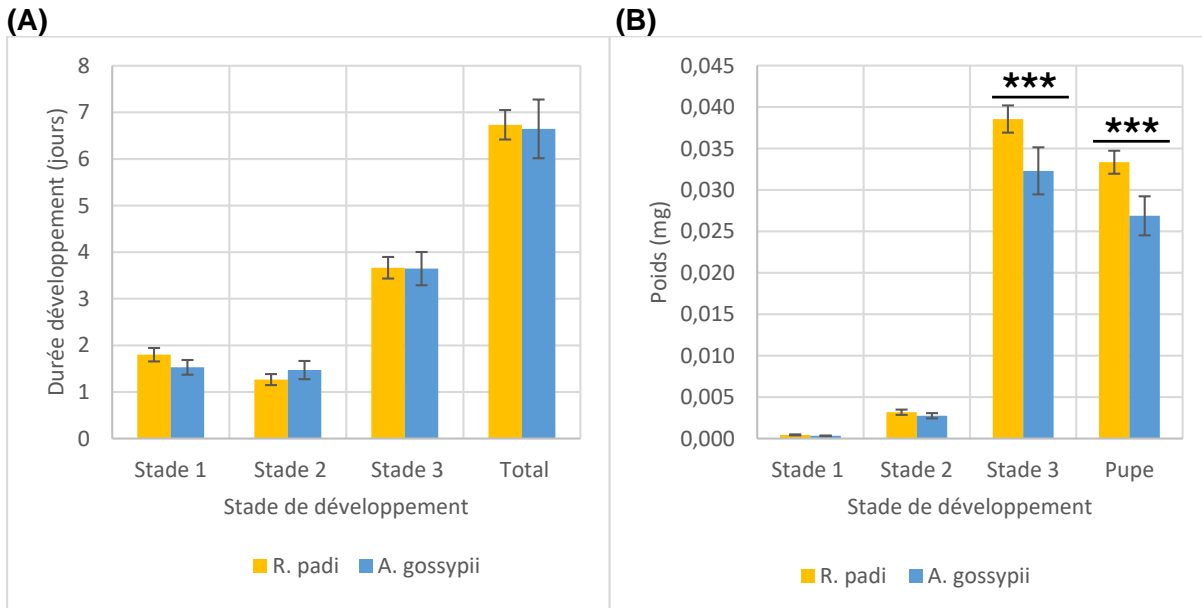
Analyse statistique. Nous avons utilisé des ANOVA en mesure répétée pour analyser les données. La variable dépendante était le nombre de pucerons par plante et les variables indépendantes étaient le traitement (cage fermée ou plante accessible aux syrphes), la semaine et l'interaction traitement\*semaine. Les trois blocs ont été analysés séparément. Les données ont été transformées en log+1 pour rencontrer les assumptions de normalité et homogénéité des variances.

## RÉSULTATS SIGNIFICATIFS OBTENUS

### 2) Expériences en laboratoire

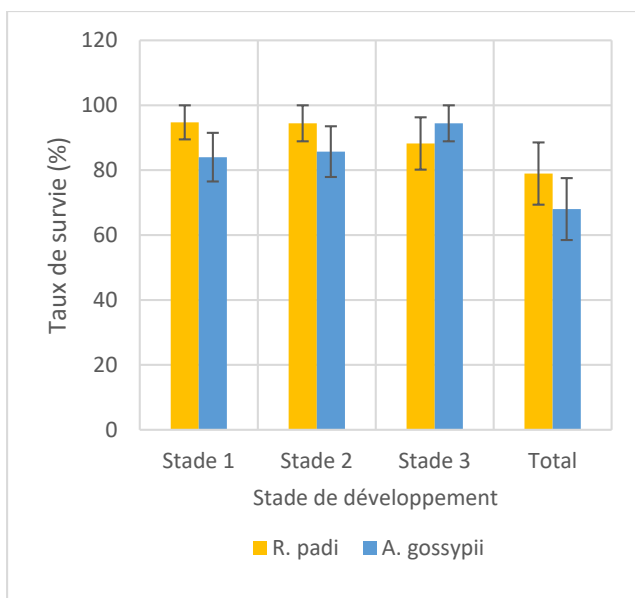
#### Objectif 1) Développement du Syrphe d'Amérique

La durée du développement (figure 1A) n'est pas significativement affectée par l'espèce de la proie consommée ( $F_{1,49} = 0.22$ ,  $p = 0.64$ ). Le poids des larves varie significativement selon le puceron consommé ( $F_{1,49} = 17.9$ ,  $p < 0.001$ ). Les larves s'alimentant de la proie réservoir (*R. padi*) sont significativement plus lourdes au stade 3 et en pupes (figure 1B), que les larves s'alimentant du ravageur (*A. gossypii*) ( $n = 51$ ,  $df = 49$ ,  $t = 6.2$ ,  $p < 0.001$  pour le troisième stade et  $n = 51$ ,  $df = 49$ ,  $t = 5.010$ ,  $p < 0.001$  pour la pupe). En général, les larves et pupes qui viennent du traitement sur proie réservoir sont 20% plus lourdes.



**Figure 1.** Durée du développement (A) et poids (B) des larves de syrphes d'Amérique en fonction d'une diète composée du puceron bicolore des céréales (*R. padi*) ou du puceron du melon (*A. gossypii*). Les valeurs sont les moyennes et les erreurs types.

Le pourcentage de survie n'était pas significativement différent selon la diète (figure 2) ( $n = 74$ ,  $Z = 0.29$ ,  $p = 0.78$ ). Il était légèrement plus élevé lorsque les larves s'alimentaient sur la proie réservoir (*R. padi*,  $78,9 \pm 9,6$  %) que sur le ravageur (*A. gossypii*,  $68 \pm 9,5$  %).



**Figure 2.** Taux de survie moyen des larves de syrphes du stade 1 au stade 3 en fonction d'une diète composée du puceron bicolore des céréales (*R. padi*) ou du puceron du melon (*A. gossypii*). Les valeurs sont les moyennes et les erreurs types.

Au niveau des déformations, seules 2 larves sur un total de 74 répétitions (34 avec *R. padi* et 40 avec *A. gossypii*) présentaient des déformations. Les deux larves s'alimentaient de *A. gossypii* et sont mortes avant la nymphose. Aucune analyse statistique n'a donc pu être effectuée sur cet aspect du développement.

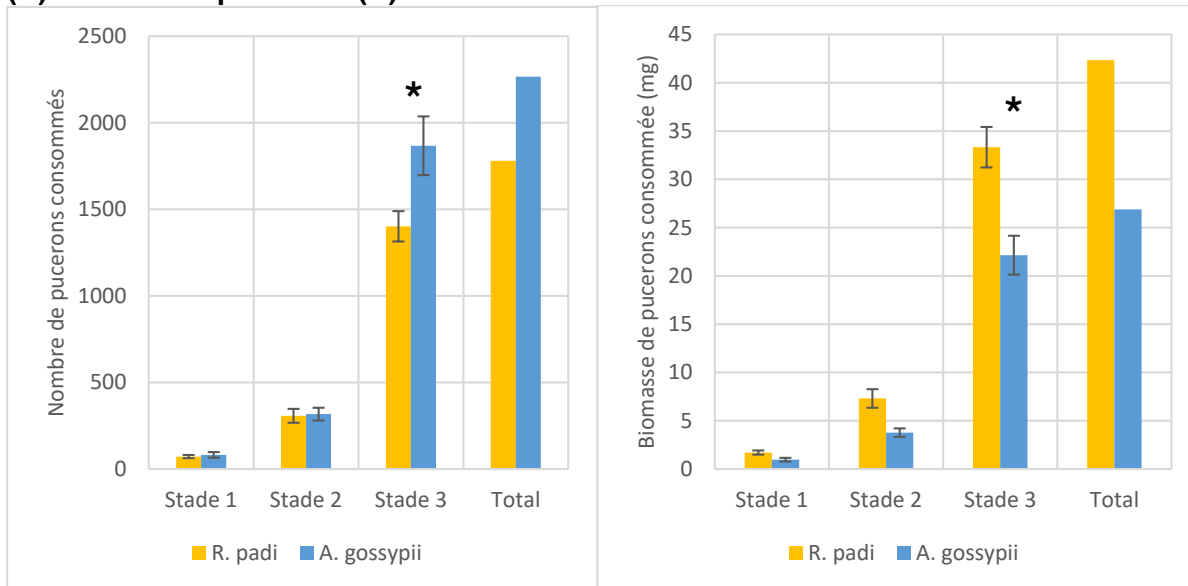
Le puceron bicolore des céréales (puceron réservoir) est une proie de haute qualité. Il soutient une colonie viable de *E. americanus* au Laboratoire de lutte biologique depuis 2014. Le puceron du melon est également adéquat pour le développement du syrphe d'Amérique. En effet, à l'exception du poids larvaire, la qualité du ravageur était similaire à celle de la proie réservoir pour le temps de développement préimaginal, la mortalité et le taux de déformation.

## Objectif 2) Voracité du Syrphe d'Amérique

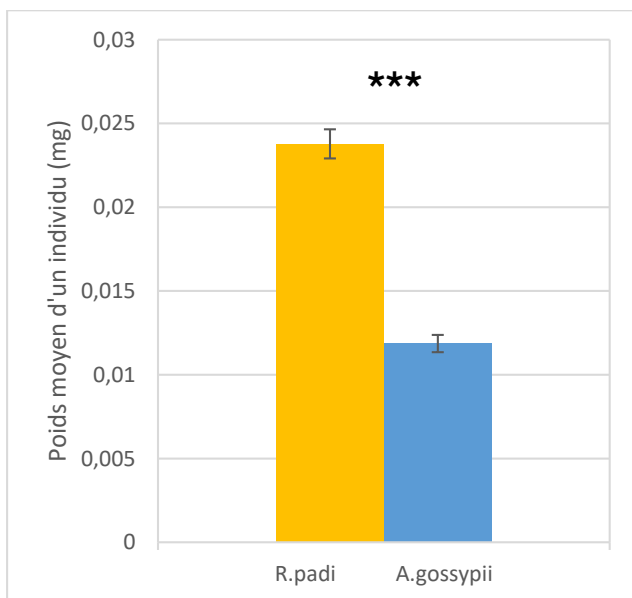
Il n'y a pas de différence significative dans le nombre de pucerons des deux espèces consommés ni pour les stades 1 ni pour les stades 2. Au stade 3 uniquement, le nombre de pucerons du melon consommés par le syrphe d'Amérique est significativement plus élevé que le nombre de pucerons réservoir (puceron bicolore des céréales;  $n = 20$ ,  $df = 18$ ,  $t = 2.44$ ,  $p = 0.03$ ; figure 3A). Au niveau du poids, les jeunes stades du puceron réservoir sont en moyenne deux fois plus lourds que les jeunes stades du puceron du melon ( $n = 10$ ,  $df = 6.49$ ,  $t = 11.80$ ,  $p < 0.001$ ; figure 4). La biomasse moyenne de pucerons consommée par les larves au stade 3 est de ce fait significativement plus élevée (de 33%) lorsque les larves s'alimentent de du puceron réservoir comparativement au puceron du melon ( $n = 20$ ,  $df = 18$ ,  $t = 2.44$ ,  $p = 0.03$ ; figure 3B).



**(A) Nombre de pucerons (B) Biomasse**



**Figure 3.** Nombre de pucerons consommés (A) et biomasse consommée (B) par *E. americanus* par stade selon l'espèce de proie. Les valeurs sont les moyennes et l'erreur type. Le code de signification des étoiles est le suivant : \* $<0,05$  \*\* $<0,01$  \*\*\* $<0,001$ .



**Figure 4.** Poids moyen des jeunes stades de *A. gossypii* et *R. padi*. les valeurs sont les moyennes et les erreurs types. Le code de signification des étoiles est le suivant : \* $<0,05$  \*\* $<0,01$  \*\*\* $<0,001$ .

Malgré une biomasse consommée supérieure sur la proie réservoir, les résultats suggèrent que *Eupeodes americanus* pourrait effectuer un bon contrôle du ravageur puisque le nombre de pucerons du melon consommés est équivalent ou supérieur au nombre de proies réservoir (*R. padi*). Il sera néanmoins important d'évaluer si l'espèce de puceron peut affecter la préférence de ponte du prédateur. Le succès de contrôle du syrphé d'Amérique est grandement dépendant du choix de ponte des femelles puisque les larves sont relativement peu mobiles. Dans le cas où plusieurs pucerons seraient présents dans la serre, tel que dans

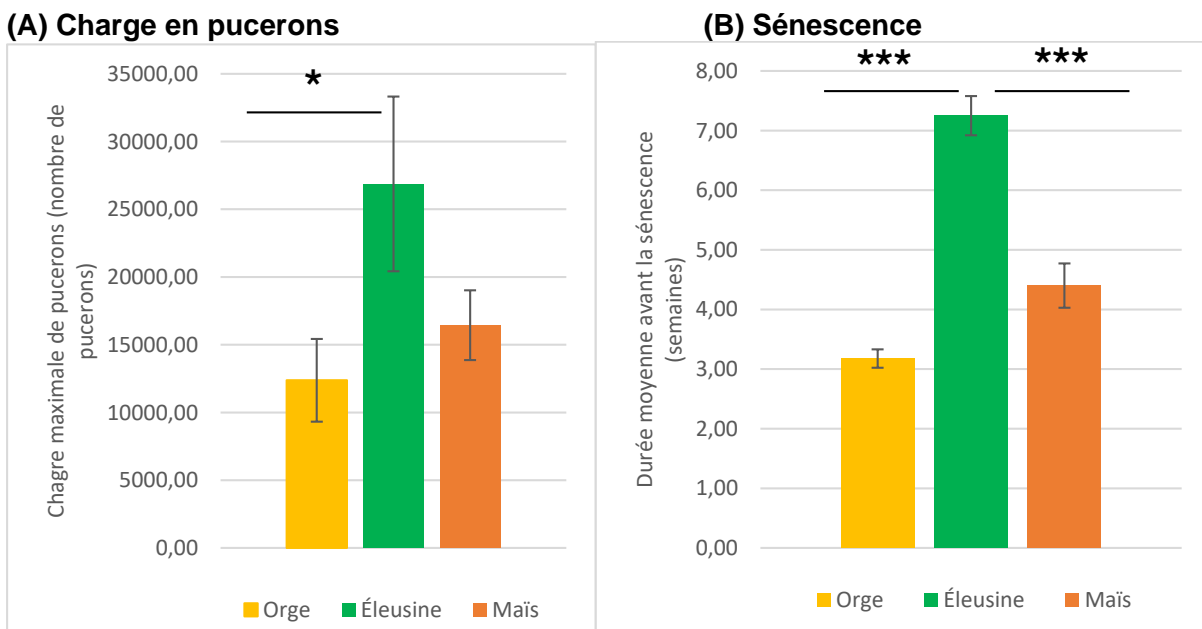
un contexte d'utilisation du syrphé d'Amérique en système de plantes réservoir, il serait fondamental d'évaluer la préférence de ponte du prédateur selon les différentes proies présentes. Une étude récente ([Gonzalez et al. 2023](#)) démontre que *Eupeodes americanus* n'a pas de préférence de ponte entre le puceron vert du pêcher sur poivron versus et le puceron du melon sur concombre. Par contre, l'espèce de plante réservoir affecte la préférence de ponte des femelles. Elles préfèrent pondre sur l'orge que sur le concombre, elle préfère le concombre à l'éleusine et il n'y a pas de différence entre le maïs et le concombre. Elles préfèrent également pondre sur le poivron que sur l'orge. Si ses résultats se confirment en situation de production commerciale, le choix de la plante réservoir devrait être choisi avec soin selon la culture et l'espèce de puceron présent.

### Objectif 3) Performance des plantes réservoirs

#### i) Temps de renouvellement et charge maximale de pucerons :

Les résultats montrent que la charge en pucerons est plus importante sur l'éleusine que sur l'orge, avec une moyenne de  $26867 \pm 6448$  et  $12377 \pm 3055$  pucerons respectivement ( $n = 47$ ,  $Z = 2.59$ ,  $p = 0.03$ ; figure 5A). La charge en pucerons sur le maïs est de  $16441 \pm 2577$  pucerons, et n'est pas significativement différente de celles de l'éleusine et de l'orge ( $n = 47$ ,  $Z = 1.37$ ,  $p = 0,51$  et  $n = 47$ ,  $Z = 1.17$ ,  $p = 0.72$  respectivement).

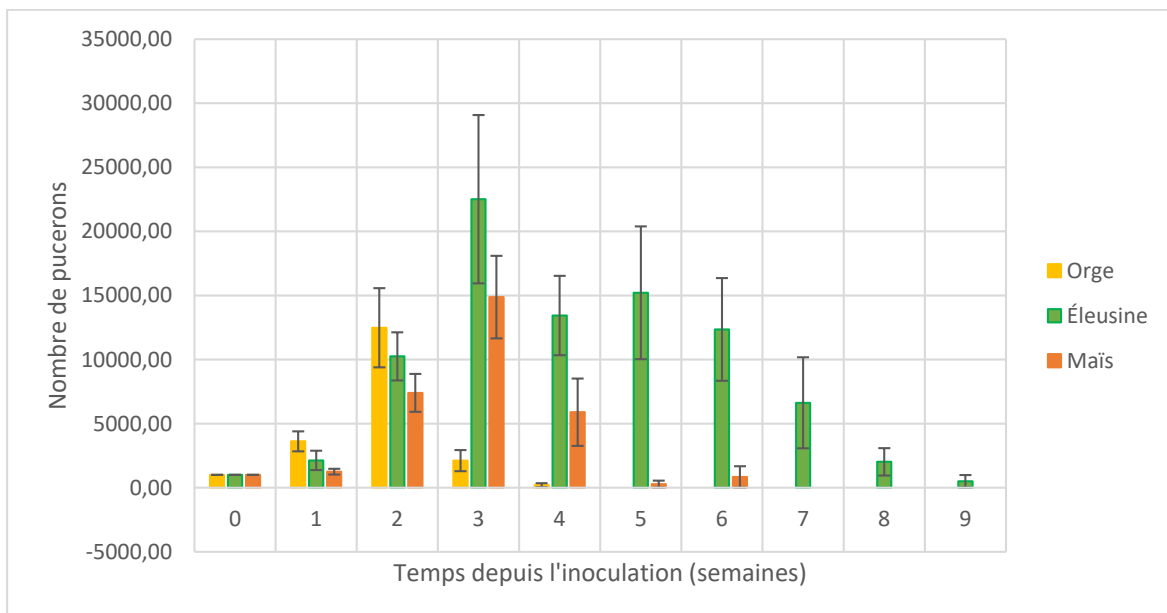
Le temps moyen de renouvellement de l'éleusine est de  $7,3 \pm 0,3$  semaine. Elle résiste aussi significativement plus longtemps à la charge de pucerons (figure 5B) que l'orge ( $n = 47$ ,  $Z = 5.76$ ,  $p < 0,001$ ) avec un temps moyen de renouvellement de  $3,2 \pm 0,2$  semaines et que le maïs ( $n = 47$ ,  $Z = 3.60$ ,  $p < 0.001$ ) avec un temps moyen de renouvellement de  $4,4 \pm 0,4$  semaines. Les temps moyens de renouvellement du maïs et de l'orge ne sont pas significativement différents ( $n = 47$ ,  $Z = 2.05$ ,  $p = 0,12$ ).



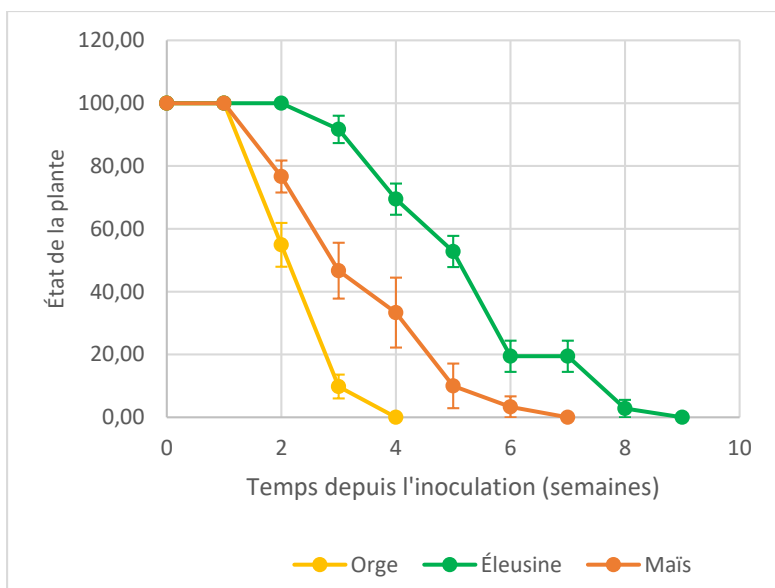
**Figure 5.** Charge maximale de pucerons et durée moyenne avant la sénescence de 3 espèces de plantes réservoirs ayant été inoculée avec 1000 pucerons bicolores des céréales. Les valeurs sont les moyennes et l'erreur type. Le code de signification des étoiles est le suivant : \* $<0,05$  \*\* $<0,01$  \*\*\* $<0,001$ .

Une semaine après l'inoculation, le nombre de pucerons sur les plants était similaire pour les trois plantes (figure 6). Deux semaines après l'inoculation, le nombre de pucerons était significativement plus élevé dans l'orge (Différence Orge-Mais;  $n = 47$ ,  $df = 305$ ,  $t = 6,29$ ,  $p < 0,001$ ; Différence Orge-Éleusine;  $n = 47$ ,  $df = 305$ ,  $t = 9,33$ ,  $p < 0,001$ ) suivie de l'éleusine puis du maïs (Différence Éleusine-Mais;  $n = 47$ ,  $df = 305$ ,  $t = 6,63$ ,  $p < 0,001$ ). À la troisième semaine, le nombre de pucerons était significativement plus élevé dans l'éleusine (Différence Eleusine-Orge  $n = 47$ ,  $df = 305$ ,  $t = 10,24$ ,  $p < 0,001$ ; Différence Éleusine-Mais;  $n=47$ ,  $df = 305$ ,  $t = 8,75$ ,  $p < 0,001$ ) suivie du maïs et de l'orge (Différence Orge-Maïs;  $n = 47$ ,  $df = 305$ ,  $t = 3,91$ ,  $p < 0,001$ ). À la quatrième semaine, le nombre de pucerons était également significativement plus élevé sur l'éleusine (Différence Eleusine-Orge  $n = 47$ ,  $df = 305$ ,  $t = 22,23$ ,  $p < 0,001$ ; Différence Éleusine-Mais;  $n=47$ ,  $df = 305$ ,  $t = 8,95$ ,  $p < 0,001$ ) suivie du maïs et était très bas sur l'orge (Différence Orge-Maïs;  $n = 47$ ,  $df = 305$ ,  $t = 12,91$ ,  $p < 0,001$ ). Tous les plants d'orge étaient morts après la quatrième semaine. Les colonies de pucerons sur l'éleusine étaient significativement plus importantes que sur le maïs à la semaine 5 ( $t = 7,06$ ,  $p < 0,001$ ) et à la semaine 6 ( $t = 4,27$ ,  $p < 0,001$ ). Tous les plants de maïs sont morts après la 6<sup>e</sup> semaine. Certains plants d'éleusine ont survécu jusqu'à 9 semaines.

La figure 7 montre le taux de dégradation des plantes réservoirs dans le temps. L'éleusine garde significative plus longtemps une meilleure qualité que l'orge ( $n = 47$ ,  $df = 302$ ,  $t = -2,57$ ,  $p = 0,01$ ) et que le maïs ( $n = 47$ ,  $df = 302$ ,  $t = 6,26$ ,  $p < 0,001$ ). Par contre, il n'y a pas de différence significative entre l'orge et le maïs ( $n = 47$ ,  $df = 302$ ,  $t = 1,23$ ,  $p = 0,22$  pour l'orge).



**Figure 6.** Évolution des colonies de pucerons bicolores des céréales sur 3 espèces de plantes réservoir. Les valeurs sont les moyennes et les erreurs types.



**Figure 7.** Évolution de l'état de 3 espèces de plantes réservoirs après une inoculation avec 1000 pucerons bicolores des céréales. Les valeurs sont les moyennes et les erreurs types.

Cette expérience montre que l'éleusine est une plante réservoir qui nécessiterait peu d'entretien et fournirait un maximum de proies pour les prédateurs. Considérant l'importante voracité du syrpe d'Amérique, elle pourrait donc être particulièrement appropriée. Néanmoins, selon le contexte et le type de lutte envisagé, des plantes produisant à court terme de grandes quantités de pucerons pourraient aussi avoir un intérêt.

## ii) Production de syrphes :

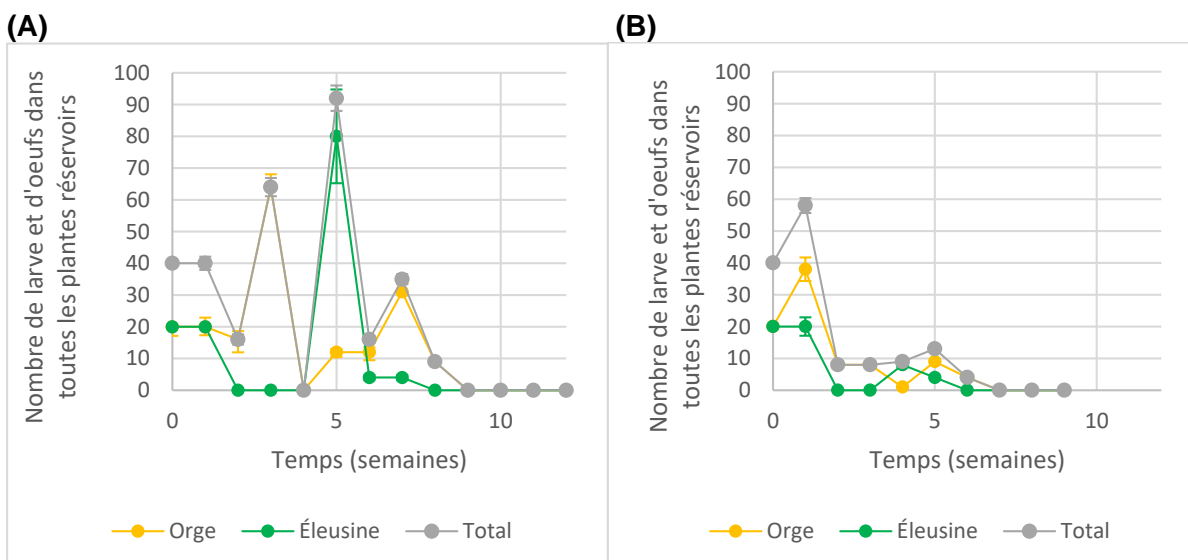
L'expérience sur la production de syrphes n'a pas permis de produire des données exploitables. Il a été constaté qu'une seule plante inoculée n'était pas suffisante pour fournir assez de pucerons pour une génération complète d'une seule femelle. Au départ, les larves avaient tendance à sortir des cages. Des modifications à ces dernières ont donc été apportées. Une fois les cages scellées, les larves ont toutefois commencé à démontrer un comportement de cannibalisme très important. Les larves ne sortaient donc plus des cages, mais une importante diminution dans les colonies de larves était notée au courant de la semaine et très peu d'adultes émergeaient des cages.

Après de nombreux essais, l'expérience a été arrêtée. Il a été estimé que même si plus de plantes étaient fournies aux femelles, l'information retirée de l'expérience ne serait pas pertinente puisqu'elle serait trop peu représentative de la réalité en serre où plusieurs femelles doivent pondre sur la même plante réservoir.

## 2) Expériences en serres

### Objectif 4) Expérience en serres de concombre :

Sur les trois producteurs ayant collaboré à l'expérience en serres de concombres, seulement 2 ont permis l'établissement partiel des colonies de syrphes. Chez le premier producteur, où le système de plantes réservoir a été installé le plus tardivement, les colonies ne se sont jamais effectivement établies, malgré 3 essais d'introduction. Chez le second producteur (figure 8A), les colonies se sont établies durant les premières semaines, mais étaient assez instables et ont chuté à partir de la 8<sup>e</sup> semaine. Chez le troisième producteur (figure 8B), les colonies ont pu s'installer un peu jusqu'à la 7<sup>e</sup> semaine, mais sont restées à très basse densité.



**Figure 9.** Nombre de larves et d'œufs de syrphe d'Amérique total dans les 2 espèces de plantes réservoirs en fonction du temps chez deux producteurs (A et B) de concombre. Les valeurs sont les moyennes et les erreurs types.

Le but de l'expérience était de comparer les infestations du puceron du melon dans les serres de concombre témoins (sans système de plantes réservoirs) à celles dans les serres avec plantes réservoirs. Seulement 2 serres ont été infestées par des pucerons, chez 2 producteurs différents. L'une d'entre elles était la serre où les syrphes ne se sont jamais établis. Les données d'infestations du puceron du melon sont donc trop faibles pour être graphiquement représentées ou statistiquement analysées.

Des tests de Student et de Wilcoxon ont toutefois été effectués pour vérifier si les syrphes se retrouvaient plus dans une des deux espèces de plantes réservoirs insérées dans les serres. Les résultats montrent que le nombre de larves et d'œufs ne diffère pas entre les deux espèces de plantes réservoir chez le premier et le deuxième producteur et lorsque les données sont mises ensemble non plus (respectivement,  $n = 11$ ,  $W = 79$ ,  $p = 0.17$ ,  $n = 8$ ,  $df = 7$ ,  $t = 1.97$ ,  $p = 0.09$  et  $n = 19$ ,  $V = 53$ ,  $p = 0.08$ ).

### Objectif 5) Expérience en serre de fines herbes

La figure 10 présente le nombre de pucerons du melon sur les plants de concombre encagés auxquels les syrphes n'ont pas accès et les plants non encagés et donc accessibles aux syrphes. Pour le bloc 1, il y avait significativement moins de pucerons sur les plants exposés que sur les plants dans les cages ( $F_{1,60} = 346,6$ ;  $p < 0,001$ ; figure 10a). Le nombre de pucerons variait significativement entre les semaines ( $F_{2,60} = 12,4$ ;  $p < 0,001$ ) et l'interaction traitement \* temps était également significative ( $F_{2,60} = 105,4$ ;  $p < 0,001$ ). Des cécidomyies du puceron sont entrées spontanément dans la serre et se sont reproduites sur les plantes réservoirs de maïs de façon spectaculaire (voir la figure 11). Le nombre n'a pas été décompté, mais plusieurs centaines étaient présentes par plante réservoir. Elles ont aussi localisé et contrôlé les pucerons du melon sur les plants de concombre. Au bout de 3 semaines, seuls 2 plants de concombre avaient encore quelques pucerons. Nous avons donc arrêté l'expérience. La population de cécidomyie était bien établie, empêchant de recommencer immédiatement un bloc. Suite à ces résultats, nous avons cherché à éviter la contamination par la cécidomyie. Premièrement, la cécidomyie est sensible aux photopériodes courtes et entre en diapause vers le mois de septembre. Deuxièmement, nous n'avons jamais observé de population

importante de cécidomyies avec l'orge comme plante réservoir. Pour ces raisons, nous avons repris l'expérience en septembre avec l'orge plutôt que le maïs comme plante réservoir.

Le bloc 2 a commencé le 9 septembre. Il y avait significativement plus de pucerons sur les plants dans les cages que sur les plants dans la serre ( $F_{1,182} = 92,6$ ;  $p < 0,001$ ; figure 10b). Le nombre de pucerons variait selon les semaines ( $F_{4,182} = 262,1$ ;  $p < 0,001$ ) et l'interaction traitement \* temps était significative ( $F_{4,182} = 64,5$ ;  $p < 0,001$ ). À partir de la troisième semaine, les deux traitements étaient significativement différents jusqu'à la fin de l'expérience. Nous n'avons retrouvé aucun œuf ou larve de syrphe et aucun autre prédateur ou parasitoïde sur les plants de concombre accessibles dans la serre. La raison exacte expliquant qu'il y ait moins de pucerons sur les plants libres d'accès n'a pas été identifiée. Il y avait une différence marquée de croissance entre les deux traitements. Les plants de concombre accessibles étaient plus petits et les feuilles étaient moins grandes que les plants dans les cages. Le seul autre ravageur présent était l'aleurode de serre (*Trialeurodes vaporariorum*). Les pucerons étaient moins nombreux sur les feuilles où les aleurodes étaient présents. Les mouches blanches ont peut-être induit un retard de croissance, diminuant l'accroissement de la population ou augmentant l'émigration de pucerons du melon.

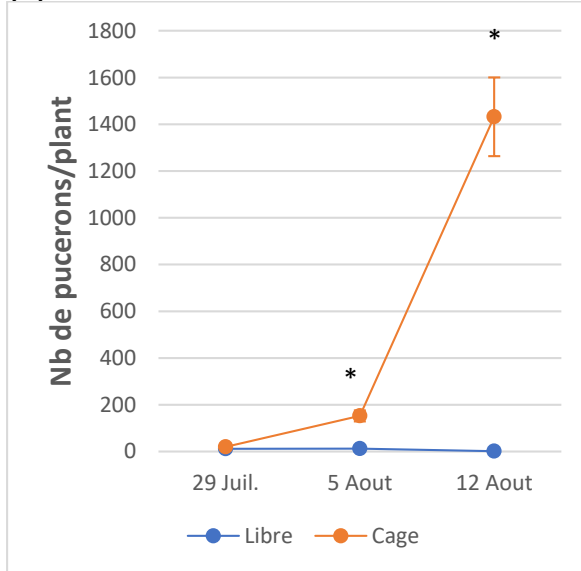
Le bloc 3 a commencé le 18 novembre. Il y avait significativement plus de pucerons sur les plants dans les cages que sur les plants dans la serre ( $F_{1,88} = 4,4$ ;  $p = 0,04$ ; figure 10c). Le nombre de pucerons variait selon les semaines ( $F_{3,88} = 57,5$ ;  $p < 0,001$ ) et l'interaction n'était pas significative ( $F_{3,88} = 0,7$ ;  $p = 0,54$ ). Nous n'avons retrouvé aucun œuf ou larve de syrphe et aucun autre prédateur ou parasitoïde sur les plants de concombre accessibles dans la serre. Les aleurodes étaient encore présents et le même phénomène sur la croissance des plants de concombre a été observé, mais beaucoup moins prononcé.

Suite aux résultats du bloc 1, nous voulions connaître le pourcentage d'émergence des syrphes durant le mois d'août. Des températures élevées pourraient avoir un impact sur l'émergence des adultes. Nous avons introduit 4 plantes réservoirs d'orge contenant 10 larves de stade 2 chacune dans la serre, durant une semaine puis les avons rapportées en chambre de croissance pour dénombrer les adultes de syrphes émergeant des plantes. Le tableau 1 représente le nombre total de syrphes émergés des 4 plantes réservoirs. Très peu de syrphes ont émergé des plantes réservoirs. Dans un autre essai en serre, le nombre moyen était de 7 syrphes par plante réservoir ([Bellefeuille et al. 2021](#)). Nous sommes loin du compte avec une moyenne de seulement de 1,3 syrphe par plante. Nous avons été surpris de voir la présence de parasitoïdes de syrphe du genre *Diplazon* sp. (Ichneumonidae) ainsi que d'adultes d'hémérobes. La réduction de l'émergence pourrait s'expliquer par des causes abiotiques (température élevée) ou par le parasitisme ou la prédation intragilde.

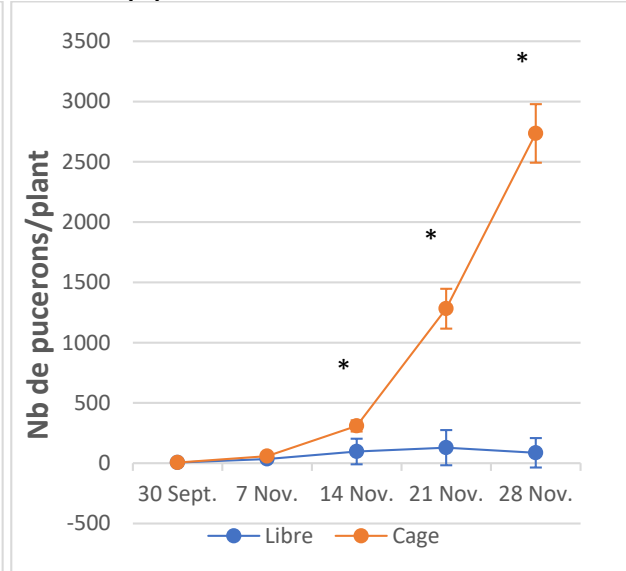
Table 1. Nombre de syrphes et autres ennemis naturels émergés des 4 plantes réservoirs.

Date d'introduction	Nombre de syrphes	Nombre de parasitoïdes	Nombre d'hémérobes
12 Août	5	1	1
19 Août	5	1	0
25 Août	2	5	0
3 septembre	9	1	5

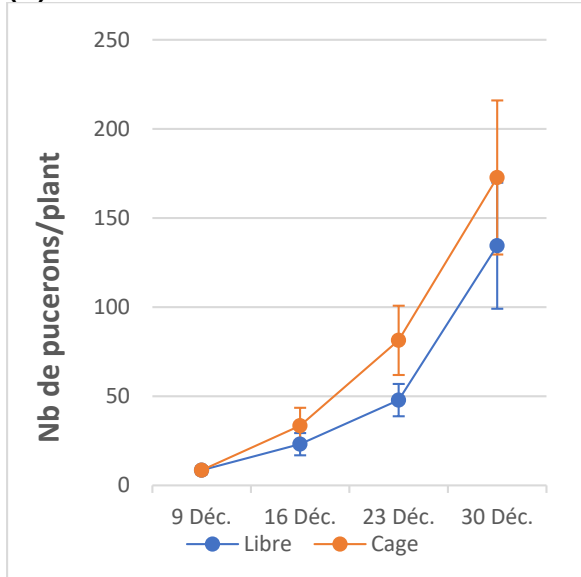
(A) Bloc 1



(B) Bloc 2



(C) Bloc 3



**Figure 10.** Nombre de pucerons du melon sur des plants de concombre encagé ou libre d'accès aux syrphes. A) Bloc 1 Juillet-Août, B) Bloc 2 Septembre-October et C) Novembre-Décembre. Les valeurs sont les moyennes et les erreurs types. Le "\*" représente une différence significative entre les traitements ( $p < 0,05$ ).





Figure 11. Densité de cécidomyies du puceron sur des plantes réservoirs de maïs.



## DIFFUSION DES RÉSULTATS

Estimer le nombre d'entreprises touchées par les résultats du projet	345
--	-----

Les résultats de ce projet ont été présentés aux congrès annuels de la Société Entomologique du Québec en 2020, 2021 et 2022. Un article scientifique a été publié sur la différenciation des stades larvaires du syrpe d'Amérique dans la revue Phytoprotection <https://www.erudit.org/en/journals/phyto/2022-v102-n1-phyto06953/1093947ar/>.

## APPLICATIONS POSSIBLES POUR L'INDUSTRIE

La grande majorité des producteurs de concombre ont des problèmes importants avec le puceron du melon. Le concombre étant une des cultures sous abris les plus importantes au Québec, les nouvelles solutions pour la lutte aux ravageurs dans cette culture peuvent avoir un grand impact. Les résultats du projet démontrent le potentiel d'agent de lutte du syrpe d'Amérique. Une larve peut consommer plus de 2000 pucerons du melon, son temps de développement et sa mortalité sont comparables à la proie réservoir. En général, le puceron du melon semble être une proie de bonne qualité pour le syrpe d'Amérique. Les données recueillies supportent l'hypothèse que l'utilisation de plante réservoir avec le puceron bicolore des céréales pourrait être un système efficace pour contrôler le puceron du melon en serre de concombre. Il est certain toutefois que d'autres expériences sont nécessaires pour vérifier son efficacité en serres. Entre autres, de nouveaux essais devraient être effectués avec l'éleusine qui donnait d'excellents résultats en laboratoire, mais dont l'utilisation en serre n'a pas été concluante dans le cadre de ce projet. De plus amples investigations sur l'occurrence de parasitisme du syrpe seraient aussi essentielles pour confirmer le potentiel de lutte du syrpe d'Amérique durant toute la saison de production. Finalement, il serait intéressant d'étudier la possibilité d'utiliser cet agent de lutte dans d'autres cultures importantes au Québec, telle que la laitue par exemple.

Les résultats sur les caractéristiques des plantes réservoirs sont aussi importants pour une grande partie des producteurs puisque celles-ci sont utilisées dans une vaste gamme de productions. Les résultats mettent effectivement en évidence que l'éleusine est une plante qui pourrait être plus efficace que l'orge puisqu'elle nécessite moins d'entretien et fournit plus de proies réservoir. Ainsi, ces informations permettront aux producteurs d'améliorer leur système pour qu'il soit moins coûteux et plus efficace en fonction de l'agent de lutte qu'ils utilisent et du cycle de culture de leur production.

## PERSONNE-RESSOURCE POUR INFORMATION

Marc Fournier  
Agent de recherche et de planification  
Laboratoire de lutte biologique  
UQAM  
Tél: 514-987-3000 #4799

## **REMERCIEMENTS AUX PARTENAIRES FINANCIERS**

Ce projet a été réalisé dans le cadre du sous-volet 3.1 du programme Prime-Vert – Appui au développement expérimental, à l'adaptation technologique et au transfert technologique des connaissances en agroenvironnement avec une aide financière du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation par l'entremise de la Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture 2011-2021.

Nous aimerions aussi remercier les quatre producteurs qui ont participé à la réalisation de ce projet.

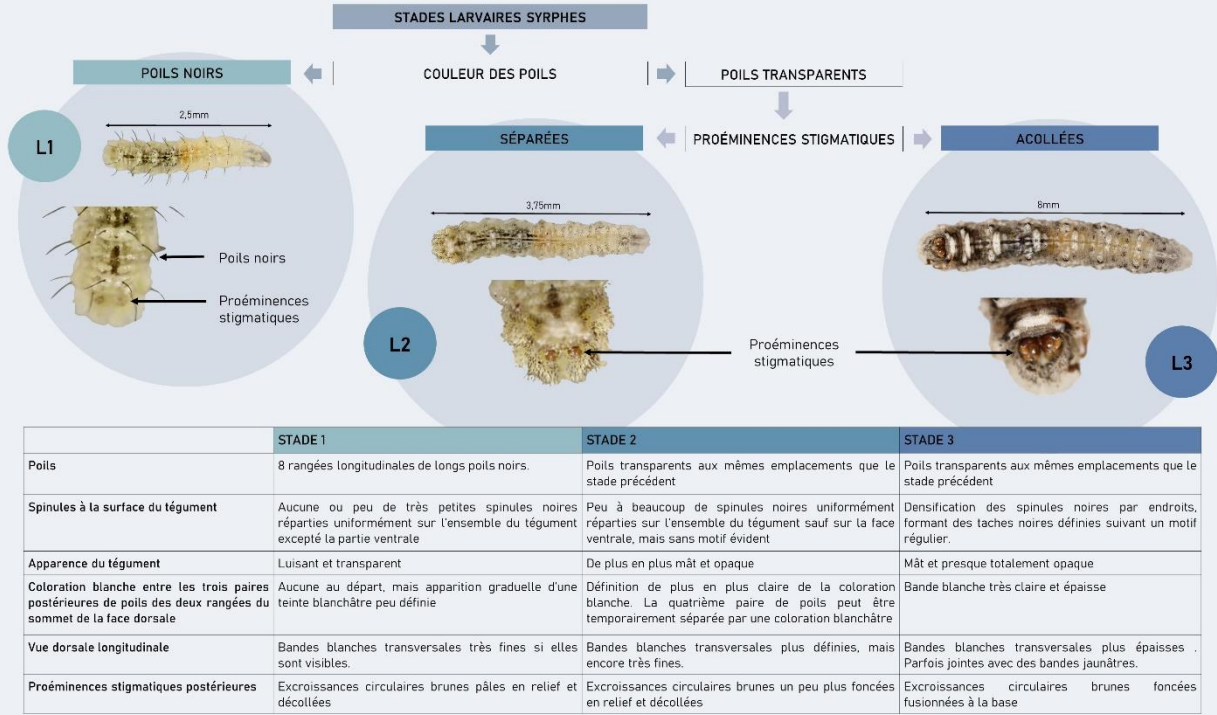
# ANNEXE(S)

## DISCRIMINATION MORPHOLOGIQUE DES TROIS STADES LARVAIRES DU SYRPHÉ D'AMÉRIQUE, *EUPEODES AMERICANUS* (DIPTERA:SYRPHIDAE)



Fauteux Arlette<sup>1</sup>, Gonzalez Noémie, Fournier Marc, Lucas Eric  
 Laboratoire de Lutte Biologique, Département des Sciences Biologiques, Université du Québec à Montréal (UQAM),  
 CP 8888, succursale Centre-Ville, Montréal (Québec, CANADA) H3C 3P8  
<sup>1</sup> fauteux.arlette@courrier.uqam.ca

La famille des Syrphidae (Diptera) est reconnue pour son potentiel en tant qu'agent de lutte biologique et, à moindre degré, en tant que pollinisateur. Plusieurs espèces européennes sont amplement étudiées et se sont avérées très efficaces. En Amérique du Nord, les recherches sont rares mais le potentiel d'agent de lutte du syrphé d'Amérique, *Eupeodes Americanus* Wiedemann, 1830, a récemment été démontré, notamment face au puceron de la digitale. Des informations détaillées sont disponibles sur sa morphologie et son cycle de vie, mais les stades larvaires n'ont jamais été clairement différenciés à ce jour. Grâce à l'observation semi-continue de larves de stade 1, avant, pendant et après leur mue, un tableau de critères morphologiques simples permettant de distinguer les trois stades larvaires par observation des spécimens à la loupe binoculaire a été constitué. Ces données préliminaires seront validées prochainement par le suivi régulier d'une vingtaine d'individus.



**Remerciements**  
 Sincères remerciements à Mathieu Lamineux pour l'aide technique au développement des timelaps et à la prise de photos. Merci à Adonis Charchar pour les recherches photos et à Célestine Fauteux pour l'aide à la conception visuelle de l'affiche. Remerciements à tous les membres du Laboratoire de Lutte Biologique et à UQAM pour leur support ainsi qu'au MAPAQ pour le financement par le programme PRIME VERT.

**References**  
 Ghallou M. L. (1979). Biology, morphology and anatomy of *Solidagoagrus syrphidiferae*. *Parasitology* 2(3): 75-123.  
 Bellefleur, Y., Fournier, M. et Lucas, E. (2019). Evaluation of Two Potential Biological Control Agents Against the Foxglove Aphid at Low Temperatures. *Journal of Insect Science*, 19(1), 1-11.  
 Duménil, L., Lacourcia, M., Reic, C. G. et Latty, T. (2020). Dual ecosystem services of syrphid flies (Diptera: Syrphidae): pollinators and biological control agents. *Pest Management Science*, 76(6), 1973-1979.  
 Rothery, G.E. et Gilbert, F. (2010). *The Natural History of Hoverflies*. Forestry Text, Ceredigion, UK.



**Figure 1. Discrimination morphologique des trois stades larvaires du syrphé d'Amérique.** Dix larves ont été placées sous observation à l'aide de timelaps durant les deux premiers stades larvaires afin de trouver des traits morphologique discriminant clairement les deux premiers stades. La distinction du troisième stade larvaire par les proéminences stigmatiques était déjà connue et a été confirmée par l'observation des larves de stade 2 moins de 6 heures après leur mue. Le tableau morphologique a été validé avec 13 larves qui ont été suivies quotidiennement pour tout leur développement.