

**IMPLANTATION DE PLANTES PIÈGES/RÉSERVOIRS ET INTRODUCTION DE LA PUNAISE ORIUS
CONTRE LA PUNAISE TERNE EN SERRE DE POIVRONS**

18-013-CRAM

DURÉE DU PROJET : MAI 2020 / MAI 2023

RAPPORT FINAL

Réalisé par :
François Dumont, Ph. D.
Maud Lemay, M. Env.
Caroline Provost, Ph. D.



1^{er} février 2023

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.

IMPLANTATION DE PLANTES PIÈGES/RÉSERVOIRS ET INTRODUCTION DE LA PUNAISE *Orius* CONTRE LA PUNAISE TERNE EN SERRE DE POIVRONS

18-013-CRAM

RÉSUMÉ DU PROJET

Au printemps, la punaise terne *Lygus lineolaris* colonise les serres de légumes et de plantes ornementales. Sa présence en culture de poivrons de serre est particulièrement problématique. La punaise s'attaque aux jeunes tissus causant la croissance de tiges multiples, la déformation des fleurs et des jeunes fruits et la perte de boutons floraux. Présentement, seuls deux insecticides non autorisés en production biologique sont homologués contre ce ravageur. Alternativement, certaines plantes attractives peuvent à la fois servir de plantes pièges pour concentrer les ravageurs et de plantes réservoirs permettant aux prédateurs de s'établir et d'augmenter leur densité. Dans ce projet, nous proposons d'utiliser les plantes pièges/réservoirs pour favoriser l'activité prédatrice de la punaise *Orius insidiosus* contre les punaises ternes en serre de poivrons. Les objectifs étaient de développer une approche avec plantes pièges/réservoirs permettant une intervention rapide contre les premières vagues de punaises ternes dans la culture de poivrons de serre, d'établir un seuil d'intervention pour des lâchers de la punaise prédatrice *Orius insidiosus* et de tester l'efficacité de celle-ci à prévenir la colonisation de la punaise terne en serre de poivrons. Dans un premier volet, nous avons comparé quatre plantes pièges/réservoirs potentielles (alyssum, chrysanthème, géranium et gerbera) sur leur base du choix de site de ponte pour la punaise terne et *Orius*. Ensuite, nous avons déterminé l'effet de la présence de plantes pièges/réservoirs sur la densité et la distribution de la population de punaises ternes en serre de poivrons. Puis, nous avons déterminé, en cage, le taux efficace d'introduction des punaises *Orius* contre la punaise terne. Enfin, nous avons testé l'efficacité du prédateur dans des conditions de serre expérimentale. Les chrysanthèmes et les géraniums favorisaient la ponte des punaises ternes, mais *Orius* exprimait une forte préférence pour la ponte dans les plants d'alyssum. En serre, les bandes pièges d'alyssum attiraient les punaises ternes et les *Orius* de sorte que le ravageur était moins présents sur les plants de poivrons dans les parcelles avec bandes pièges que dans les parcelles témoins. Un taux d'introduction efficace d'un *Orius* pour trois larves de punaises ternes permettait de réduire l'abondance du ravageur de moitié. En serre, l'introduction des *Orius* une semaine avant les punaises ternes permettait au prédateur d'être efficace dans la lutte aux punaises ternes. Les plants d'alyssum favorisaient l'abondance des *Orius* sur les plants de poivrons, mais aussi des punaises ternes adultes. Nos résultats démontrent l'utilité des plants d'alyssum et des punaises *Orius* dans la gestion des punaises ternes en serre.

OBJECTIFS ET APERÇU DE LA MÉTHODOLOGIE

L'objectif principal du projet est de développer une approche misant sur les plantes pièges/réservoirs afin d'accroître la prédation par *O. insidiosus* (ci-après uniquement nommé

Orius) sur les punaises ternes en culture de poivrons de serre afin de réduire le recours aux insecticides de synthèse. Les objectifs secondaires étaient :

- 1) choisir la plante piège/réservoir optimale pour l'approche proposée (parmi le chrysanthème, le gerbera, le géranium et l'alyssum);
- 2) de mesurer l'effet des plantes pièges/réservoirs sur la densité de population et la distribution des punaises ternes en serre et les symptômes associés aux punaises ternes sur les plants de poivrons;
- 3) déterminer un taux efficace d'introduction des punaises prédatrices *Orius* contre la punaise terne; et
- 4) tester l'efficacité des punaises prédatrices contre la punaise terne en culture de poivrons de serre.

Sites d'étude

Les volets 1 et 3 ont été réalisés dans les locaux du Centre de recherche agroalimentaire de Mirabel (CRAM) sous conditions contrôlées (25°C; 60 % H.R.; 16 heures de luminosité). Le volet 2 a été réalisé en grand tunnel faute d'accès aux serres pour la période visée (accès toujours limité par les mesures anti-covid). Le volet 4 a été mené dans une serre expérimentale au Centre de formation agroalimentaire de Mirabel (CFAM).

Design expérimental et suivi des populations

Volet 1 : Choix des plantes pièges/réservoir

Quatre punaises ternes ou *Orius* adultes (deux mâles et deux femelles) étaient introduites dans des cages contenant un jeune plant de poivrons en fleurs et une plante piège/réservoir en fleurs parmi l'une des quatre plantes suivantes : le chrysanthème, le gerbera, le géranium et l'alyssum. Chaque traitement a été répété 12 fois pour les chrysanthèmes et le gerbera et 15 fois pour le géranium et l'alyssum. Des œufs d'*Ephestia* étaient fournis *ad libitum* sur deux Post-it (chacun disposé à proximité des plants offerts). Les cages (32,5 x 32,5 x 77 cm) ont été fermées pendant une semaine permettant aux individus de se reproduire et de pondre leurs œufs. Après 7 jours, la cage a été inspectée minutieusement pour retirer les adultes. Le nombre d'adultes toujours vivants sur les différentes plantes (poivron et plante réservoir) dans la cage a été compté. Les deux plants ont ensuite été séparés dans des cages différentes. Les cages ont été refermées pendant 14 jours pour laisser les larves émerger et croître. Après cette période, les plants et les cages ont été inspectés pour retrouver les larves de punaises ternes ou *Orius*. Le nombre de larves était compté.

Volet 2 : Abondance et distribution des punaises ternes et *Orius*

Dans un design expérimental en jardin commun, 28 parcelles de 10 plants de poivron ont été établies. Les parcelles mesuraient 5 m de long par 1 m de large. Une distance de 5 m entre les parcelles était conservée. Dans la moitié des parcelles, cinq plants d'alyssum étaient disposés entre les plants de poivrons. Les parcelles témoins (sans alyssum) et les parcelles avec alyssum étaient alternées sur les rangs. Un suivi hebdomadaire des populations de

punaises ternes et d'*Orius* a été réalisé du 15 juin au 24 août 2021. Dans chaque parcelle, cinq plants de poivrons étaient échantillonnés. Le décompte des larves et des adultes des deux espèces d'insectes était fait par observation de cinq feuilles par plant. Dans les parcelles avec alyssum, trois plants d'alyssum étaient échantillonnés. Les individus sur le plant et sous le plant (plusieurs individus tombent quand les plants sont manipulés) ont été comptés.

Volet 3 : Taux d'introduction efficace

Le volet 3 a débuté lors de la première année d'essais. Le taux d'introduction efficace d'*Orius* a été déterminé dans des tests en laboratoire. Des *Orius* adultes étaient mises à jeun 24 heures avant les tests. Dans des boîtes de plastique (14 x 14 x 8,5 cm), une feuille de poivron était insérée dans une fiole contenant de l'eau. Quinze larves de punaises ternes de stade L2 étaient introduites sur la feuille. Les punaises *Orius* étaient ensuite introduites à raison d'un, trois ou cinq individus par pot, ce qui donnait des ratios proies-prédateurs de 15 :1, 5 :1, 3 :1, respectivement. Les prédateurs disposaient de 24 h pour se nourrir des proies. Après cette période, les prédateurs étaient retirés et le nombre de proies vivantes était compté.

Volet 4 : Efficacité en serre du système bandes pièges/réservoirs et *Orius*

Deux séries de tests ont été réalisées. La première a eu lieu du 6 juin au 3 août 2022, la seconde du 24 août au 19 octobre 2022. Dans chacune des séries de tests, 64 tentes de fines mousselines ont été installées sur des tables de serre. Chacune des tentes contenait quatre plants de poivrons. Ces plants étaient irrigués par un système de goutte-à-goutte.

Des punaises ternes adultes ont été introduites à la deuxième semaine de l'expérience. Pour la série 1, 15 femelles et 15 mâles ont été introduits dans chaque cage. Pour la série 2, 10 femelles et 5 mâles ont été introduits. Les punaises ternes provenaient d'un élevage local.

Dans la moitié des cages, un plant d'alyssum était disposé au centre des plants de poivrons. Dans la première série, les plants d'alyssum étaient relativement petits, ne mesuraient que 5 cm de hauteur et n'étaient pas nécessairement en fleurs. Ils étaient en fleurs et de bonnes grosseurs dans la série 2 (environ 12 cm de hauteur). De plus, une infestation de pucerons *Myzus persicae* a affligé plusieurs cages durant la série 1. Nous avons introduit des guêpes parasitoïdes *Aphidius colemani* à la semaine 3 (le 22 juin 2022) pour limiter les populations, mais leur effet n'a pas eu le temps d'être significatif. À la dernière semaine de suivi, nous avons évalué le niveau d'infestation de pucerons en utilisant cette échelle : 1) sans puceron; 2) faible quantité de pucerons; 3) forte quantité de pucerons; et 4) très fortes quantités de pucerons (la qualité des plants était réduite par les pucerons).

Les traitements *Orius* suivants ont été appliqués : 1) témoin sans *Orius*; 2) *Orius* introduite 7 jours avant les punaises ternes; 3) *Orius* introduite 7 jours après les punaises ternes; et 4) *Orius* introduite avant et après la punaise terne. Dans chaque cage avec *Orius*, quatre couples étaient introduits. Pour le traitement « avant et après », deux couples étaient introduits avant les punaises ternes et deux couples après. Donc, le taux d'introduction des *Orius* était le même pour tous les traitements. Les *Orius* ont été introduites lors de la

première et/ou de la troisième semaine. Les *Orius* provenaient soit d'un élevage local ou du fournisseur *Anatis bioprotection*. Elles étaient sexées et introduites dans les 24 heures suivant leur réception. Il y avait huit répétitions par combinaison de traitement (*Orius* x Alyssum) par séries de tests.

Le suivi hebdomadaire des punaises ternes a été réalisé à partir de la quatrième semaine jusqu'à la neuvième semaine (six suivis). Une frappe de la tête des quatre plants de poivrons et des alyssums était faite dans chacune des cages. Les stades de punaises ternes, larves L2-L3 ou L4-L5 et adultes, étaient comptés séparément. Les stades larves et adultes d'*Orius* étaient différenciés.

Analyses des données

Volet 1 : Choix des plantes pièges/réservoir.

Des modèles généralisés linéaires (GLM) pour distribution Poisson (avec correction pour la surdispersion) ont été utilisés pour tester l'effet des traitements de plantes ornementales (alyssum, chrysanthème, géranium et gerbera) sur le nombre total de larves de punaises ternes ou d'*Orius* retrouvés sur les deux plantes hôtes disponibles (donc la ponte totale). La significativité statistique des variables explicatives a été déterminée avec un test de ratio de vraisemblance (« likelihood ratio test »). Des tests de comparaisons multiples de Tukey ont été réalisés avec la fonction *glht* (bibliothèque *multcomp*) pour comparer les niveaux des variables fixes catégoriques statistiquement significatives (Hothorn et al. 2016). Des modèles différents ont été réalisés pour chacune des espèces de punaises.

La proportion de larves de punaises ternes ou d'*Orius* sur les plantes ornementales versus le total des larves par cage a été testée avec des modèles GLM pour distribution binomiale (proportionnelle). La variable explication était le type de plante ornementale disponible durant le test. Des tests de ratio de vraisemblance (LRT) ont été utilisés pour définir la significativité de la variable fixe. Des tests de comparaisons multiples de Tukey ont aussi été utilisés pour comparer les niveaux de cette variable.

Volet 2 : Abondance et distribution des punaises ternes et *Orius*.

Des modèles généralisés linéaires mixtes pour distribution binomiale négative (GLMER.nb) ont été utilisés pour tester l'effet des bandes pièges d'alyssum sur l'abondance des punaises ternes ou *Orius* sur les plants de poivrons. La parcelle était incluse comme variable aléatoire dans le modèle pour tenir compte de l'interdépendance des plants dans une même cage. La variable explication était le type de plante ornementale disponible durant le test. Des tests de ratio de vraisemblance (LRT) ont été utilisés pour définir la significativité de la variable fixe. Des tests de comparaisons multiples de Tukey ont été utilisés pour comparer les niveaux de cette variable. Des modèles différents ont été faits pour les stades larvaires et les adultes de la punaise terne et d'*Orius*. Pour chacun des modèles, seules les observations pendant les périodes de pointe ont été conservées (punaises ternes : larves [12 juillet – 17 août]; adultes [6 juillet – 24 août] | *Orius* : larves [18 juillet – 17 août]; adultes [12 juillet – 24 août]).

Des modèles GLMER pour distribution binomiale négative ont aussi été utilisés pour comparer l'abondance des punaises ternes (stade larvaires ou adultes) et *Orius* (stades larvaires ou adultes) en fonction de la plante hôte (plants de poivrons ou d'alyssum) dans les parcelles avec bande piège uniquement. La parcelle était incluse comme variable aléatoire dans les modèles. Des tests de ratio de vraisemblance (LRT) pour définir la significativité de la variable fixe (plantes hôtes) ont été utilisés tout comme des tests de comparaisons multiples de Tukey pour comparer les niveaux de cette variable.

Volet 3 : Taux d'introduction efficace.

L'efficacité des taux d'introduction des *Orius* a été testée avec un modèle GLM pour distribution Poisson. La variable réponse était le nombre de punaises ternes vivantes après 24h de prédation par *Orius*. Des tests LRT et de comparaisons multiples de Tukey ont été utilisés pour définir la significativité statistique de la variable explicative et établir les différences entre les niveaux.

Volet 4 : Efficacité en serre du système bandes pièges/réservoirs et *Orius*

Des modèles GLMER pour distribution binomiale négative ont été utilisés pour tester l'effet des traitements *Orius*, Alyssum et l'interaction entre ces variables fixes sur l'abondance des punaises ternes ou *Orius* sur les plants de poivrons. Le numéro de tente était inclus comme variable aléatoire dans le modèle. La significativité statistique des variables explicatives a été déterminée avec un test de ratio de vraisemblance (« likelihood ratio test »). Des tests de comparaisons multiples de Tukey ont été réalisés avec la fonction *glht* (bibliothèque *multcomp*) pour comparer les niveaux des variables fixes catégoriques statistiquement significatives (Hothorn et al. 2016). Des modèles différents ont été faits pour les stades larvaires L1-L3, L4-L5 et les adultes de la punaise terne et pour les larves et les adultes d'*Orius*. Pour chacun des modèles sur la punaise terne, seules les observations pendant les périodes de pointe ont été conservées (L1-L3 : [semaine 3 à semaine 5]; L4-L5 : [semaine 4 à 6]; adultes : [semaine 5 à 7]). Pour les *Orius*, les six semaines d'observation ont été utilisées dans les modèles.

Des modèles GLMER pour distribution binomiale négative ont aussi été utilisés pour comparer l'effet des traitements *Orius* sur l'abondance des punaises ternes (stades larvaires L1-L3, L4-L5 adultes) et *Orius* (stades larvaires ou adultes) sur les plants d'alyssum uniquement. Le numéro des tentes était inclus comme variable aléatoire dans les modèles. Des tests de ratio de vraisemblance (LRT) pour définir la significativité de la variable fixe (traitement *Orius*) ont été utilisés. Des tests de comparaisons multiples de Tukey ont été utilisés pour comparer les niveaux de cette variable. Pour les modèles sur *Orius*, les tentes témoins n'ont pas été incluses dans le modèle parce que les *Orius* n'étaient pas introduites dans ces tentes.

Toutes les analyses ont été réalisées dans R avec les fonctions des bibliothèques *lme4* et *ggplot2* (Bates et al. 2015; Wickham 2016; R Core Team 2022).

RÉSULTATS SIGNIFICATIFS OBTENUS

Volet 1

Choix des plantes hôtes pour la ponte pour les punaises ternes

Le nombre total de punaises ternes générées dans les traitements avec chrysanthème ou géranium était supérieur aux deux autres traitements ($LRT_3 = 12,60$; $p = 0,006$) (Figure 1A). La proportion de punaises ternes retrouvées sur les plantes pièges était plus basse dans le traitement géranium que dans les traitements chrysanthème et alyssum ($LRT_3 = 16,42$; $p = 0,0009$) (Figure 1B). Ces résultats suggèrent que la ponte de la punaise terne est stimulée par la présence de chrysanthème et de géranium, alors qu'elle est réduite quand les alyssum et les gerbera sont disponibles. Les punaises ternes tendent toutefois à éviter de pondre sur le géranium.

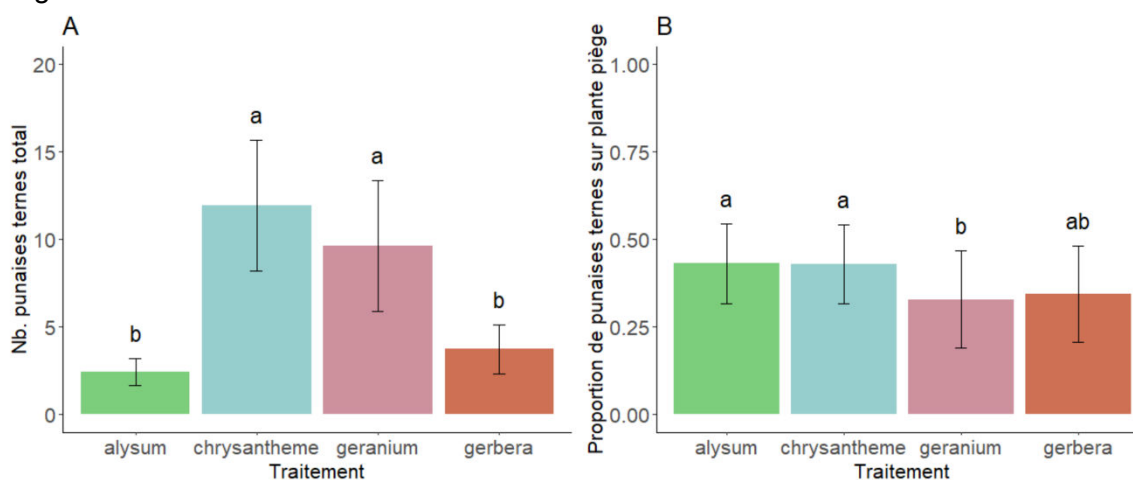


Figure 1. (A) Nombre total de punaises ternes récoltées sur le plant de poivrons et les plantes pièges en fonction du type de plantes pièges disponibles pendant la période de ponte. (B) Proportion des punaises ternes retrouvées sur les plantes pièges en fonction du type de plantes pièges. Les lettres différentes indiquent que les traitements sont statistiquement différents ($\alpha = 0,05$).

Choix des plantes hôtes pour la ponte pour *Orius*

Le traitement plante hôte n'avait pas d'influence sur l'abondance des *Orius* dans les cages ($LRT_3 = 3,25$; $p = 0,35$) (Figure 2A). La proportion d'*Orius* sur les plantes réservoirs était plus élevée dans le traitement alyssum que dans le traitement géranium ($LRT_3 = 9,58$; $p = 0,02$) (Figure 2B). Nos résultats démontrent que la ponte de la punaise *Orius* n'est pas stimulée par la présence de plantes réservoirs, mais qu'*Orius* choisi préférentiellement de les pondre dans les plants d'alyssum plutôt que dans les plants de poivrons.

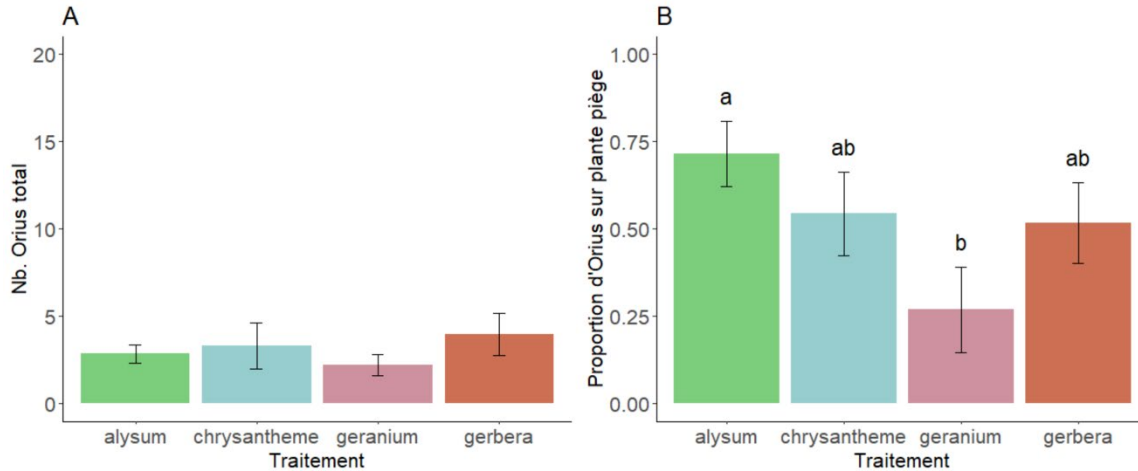


Figure 2. (A) Nombre total d'*Orius* récoltées sur le plant de poivrons et les plantes pièges en fonction du type de plantes pièges disponibles pendant la période de ponte. (B) Proportion d'*Orius* retrouvées sur les plantes pièges en fonction du type de plantes pièges. Les lettres différentes indiquent que les traitements sont statistiquement différents ($\alpha = 0,05$).

Volet 2

Densité et distribution spatiale des populations de punaises ternes

Durant la période d'observation du 15 juin au 28 août 2021, deux périodes d'adultes ont été observées sur poivron (Figure 3a). La première au début de la mi-juillet et la seconde à partir de la mi-août. Entre ces deux périodes, les punaises ternes étaient surtout sous forme de larves avec une pointe à la fin juillet (Figure 3a). La même période de pointe était observée sur les plants d'alyssum, mais à une échelle différente (Figure 3b).

Les larves étaient plus abondantes sur les plants de poivrons dans les parcelles témoins que dans les parcelles avec les plants d'alyssum ($LRT_1 = 5,59$; $p = 0,02$) (Figure 4a). Cet effet des bandes pièges/réservoirs n'était pas observable chez les adultes ($LRT_1 = 0,90$; $p = 0,37$) (Figure 5a).

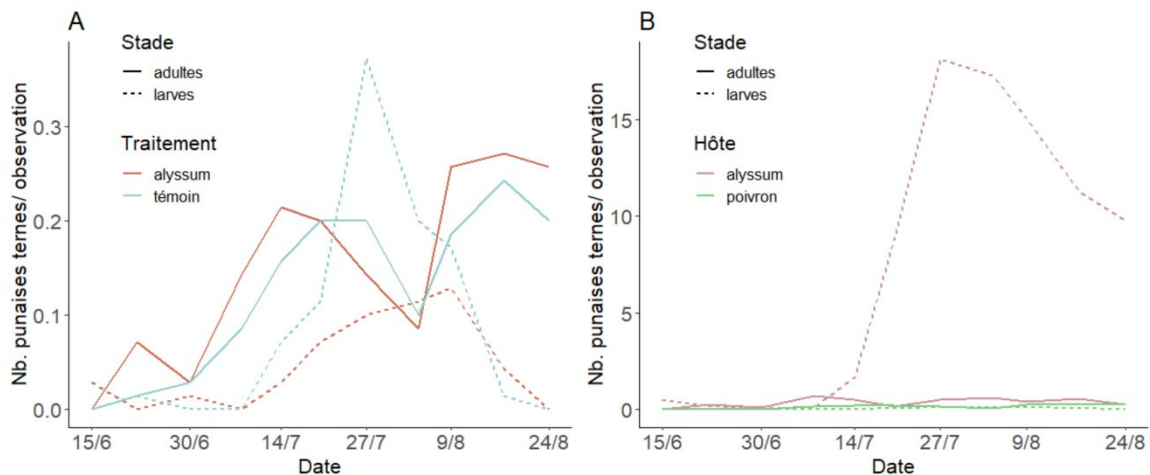


Figure 3. (A) Nombre de punaises ternes par observation sur poivron dans les parcelles avec ou sans alyssum en fonction de la date. (B) Nombre de punaises ternes par observation dans les parcelles avec alyssum en fonction de la plante hôte (poivron ou alyssum) et de la date.

La distribution des punaises ternes était altérée par les plants d'alyssum. Les larves étaient plus fréquentes sur les alyssums que sur les plants de poivrons ($LRT_1 = 5480,6$; $p < 0,0001$) (Figure 4b). Le même schéma était observé pour les adultes ($LRT_1 = 48,66$; $p < 0,0001$) (Figure 5b). Sur l'ensemble de la période d'observation, 98,1 % des larves et 74,4 % des adultes ont été observés dans les parcelles avec alyssum. Dans les parcelles avec alyssum, 1,05 % des larves et 40,6 % des adultes étaient sur les plants de poivrons. L'aménagement de bandes pièges d'alyssum permet donc de moduler la distribution des punaises ternes de façon à créer des foyers d'infestation et des zones protégées. Les punaises ternes préfèrent pondre dans les plants d'alyssum et les larves émergentes d'œufs pondus dans les plants de poivrons semblent descendre sur les plants d'alyssum.

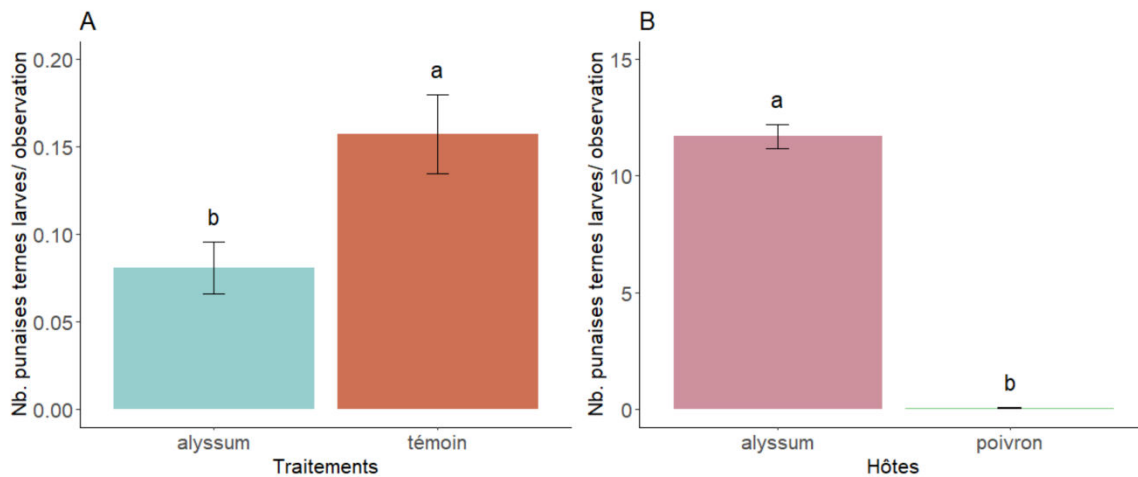


Figure 4. (A) Nombre de larves de punaises ternes par observation sur poivron dans les parcelles avec ou sans alyssum. (B) Nombre de larves punaises ternes par observation dans les parcelles avec alyssum en fonction de la plante hôte (poivron ou alyssum). Les lettres différentes indiquent que les traitements sont statistiquement différents ($\alpha = 0,05$).

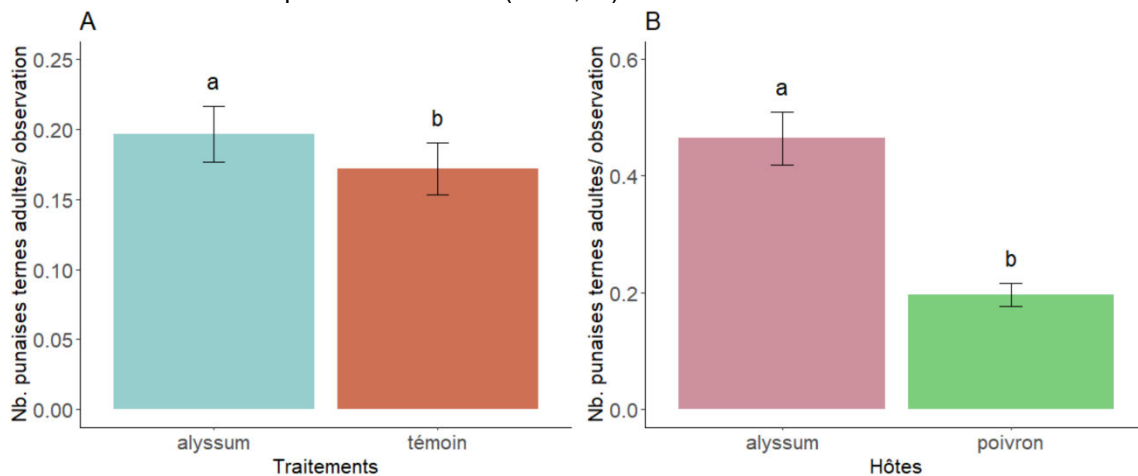


Figure 5. (A) Nombre de punaises ternes adultes par observation sur poivron dans les parcelles avec ou sans alyssum. (B) Nombre de punaises ternes adultes par observation dans les parcelles avec alyssum en fonction de la plante hôte (poivron ou alyssum). Les lettres différentes indiquent que les traitements sont statistiquement différents ($\alpha = 0,05$).

Densité et distribution spatiale des populations d'*Orius*

Du 15 juin au 28 août, une période de pointe de punaises *Orius* a été observée en date du 27 juillet (Figure 6a). L'accroissement de la population débute vers le 14 juillet et diminue considérablement vers le 9 août. Cette période de pointe est synchronisée avec la période d'abondance des larves de punaises ternes. La punaise *Orius* peut donc naturellement contribuer à la régulation des populations de punaises ternes. Le même patron était autant observé sur les plants d'alyssum que sur les plants de poivrons, mais à des échelles différentes (Figure 6b).

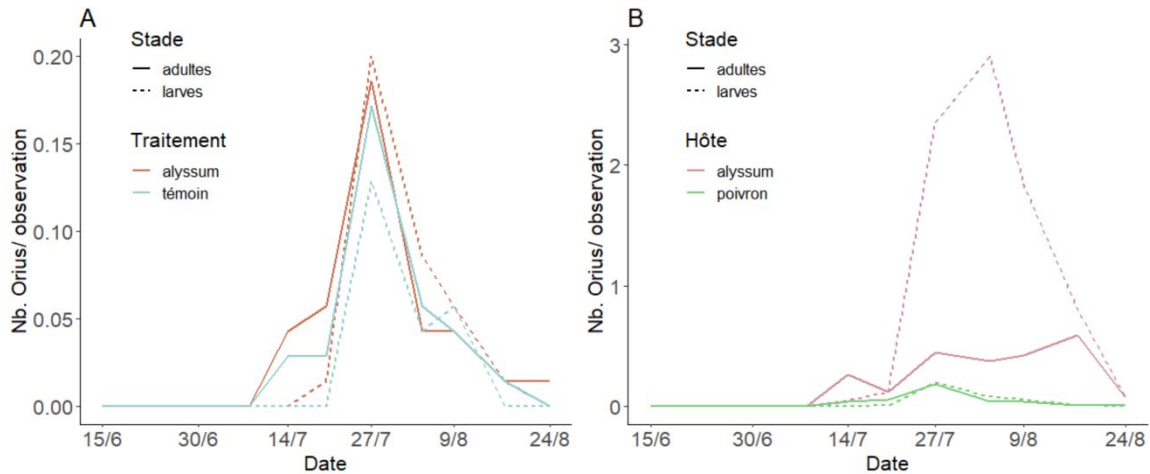


Figure 6. (A) Nombre d'*Orius* par observation sur poivron dans les parcelles avec ou sans alyssum en fonction de la date. (B) Nombre d'*Orius* par observation dans les parcelles avec alyssum en fonction de la plante hôte (poivron ou alyssum) et de la date.

L'abondance des larves d'*Orius* sur les plants de poivrons n'était pas influencée par le traitement de plantes réservoirs ($LRT_1 = 1,37$; $p = 0,24$) (Figure 7a). Le même patron est observé chez les adultes ($LRT_1 = 0,22$; $p = 0,64$) (Figure 8a).

Les punaises *Orius* ont une forte préférence pour les plants d'alyssum, les larves ($LRT_1 = 498,34$; $p < 0,0001$) et les adultes ($LRT_1 = 83,62$; $p < 0,0001$) y sont plus fréquents que sur les plants de poivrons adjacents (Figure 7b & 8b). Sur l'ensemble de la période d'observation, 61,9 % des larves et 54,8 % des adultes ont été observés dans les parcelles avec les alyssums. Dans ces parcelles, 7,07 % des larves et 22,4 % des adultes étaient sur les plants de poivrons.

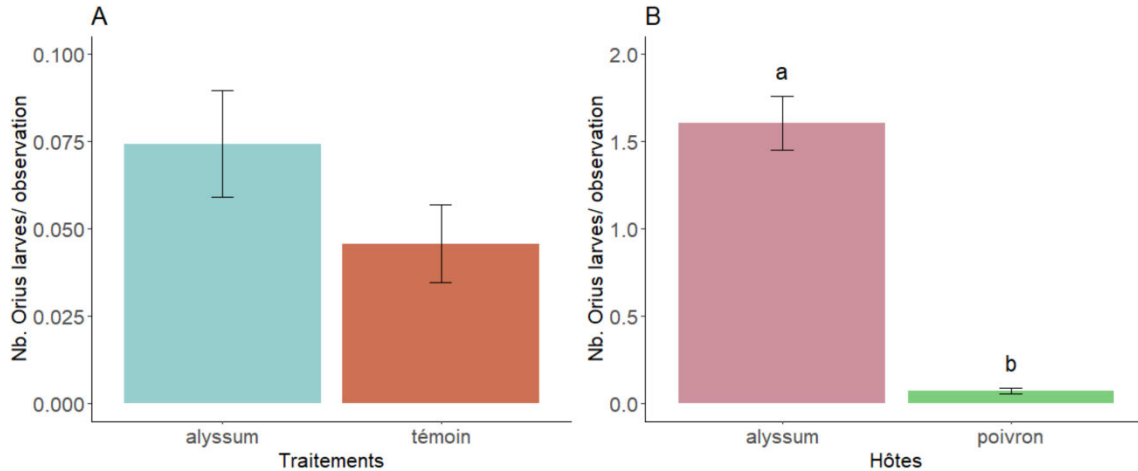


Figure 7. (A) Nombre de larves d'*Orius* par observation sur poivron dans les parcelles avec ou sans alyssum. (B) Nombre de larves d'*Orius* par observation dans les parcelles avec alyssum en fonction de la plante hôte (poivron ou alyssum). Les lettres différentes indiquent que les traitements sont statistiquement différents ($\alpha = 0,05$).

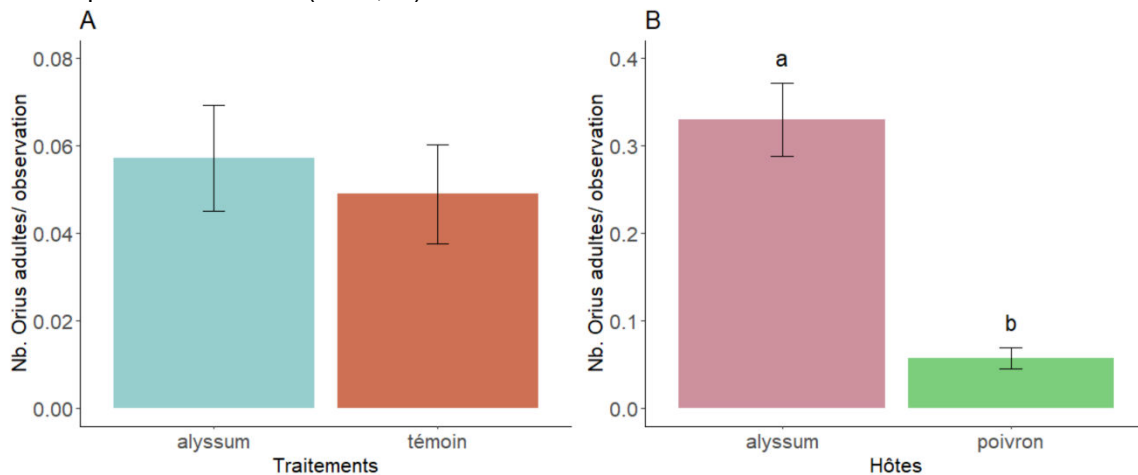


Figure 8. (A) Nombre d'*Orius* adultes par observation sur poivron dans les parcelles avec ou sans alyssum. (B) Nombre d'*Orius* adultes par observation dans les parcelles avec alyssum en fonction de la plante hôte (poivron ou alyssum). Les lettres différentes indiquent que les traitements sont statistiquement différents ($\alpha = 0,05$).

Volet 3

Taux d'introduction des *Orius*

La survie des punaises ternes était significativement réduite par les *Orius* ($LRT_3 = 38,12$; $p < 0,0001$) (Figure 9). Plus le nombre d'*Orius* introduits était important, plus la survie des punaises ternes était réduite. La population de punaises ternes était réduite de 50 % par une quantité d'*Orius* (ratio proie-prédateur de 3 :1). Des ratios proie-prédateur de 5 :1 et 15 :1 engendraient des réductions de population de punaises ternes de 39 % et 14 %, respectivement.

Les ratios proies-prédateurs moyens sur les plantes pièges/réservoirs sont de 0,74 pour l'alyssum, 2,80 pour le chrysanthème, 11,2 pour le géranium et 0,54 pour le gerbera. Pour tous ces hôtes, *Orius* pourrait diminuer significativement les populations de punaises ternes.

Cependant, la punaise prédatrice a le potentiel de réduire la densité du ravageur de plus de 50 % sur tous les hôtes à l'exception des géraniums.

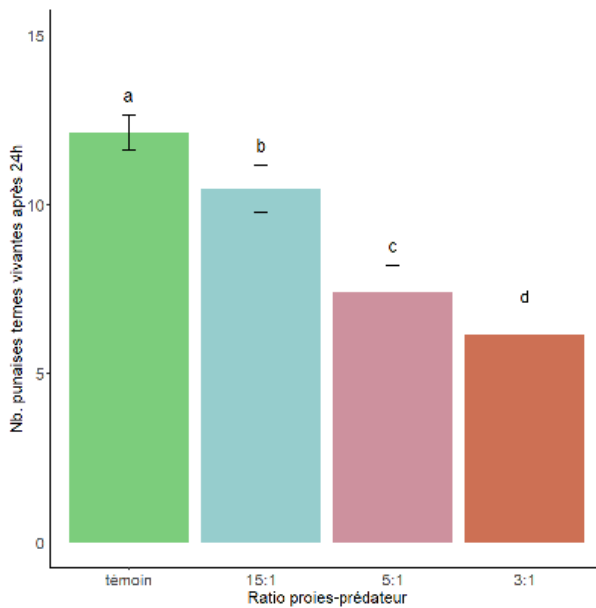


Figure 9. Nombre de punaises ternes vivantes (sur 15 initialement introduites) après une période de 24 heures sous la prédation par *Orius* introduit à des ratios proies-prédateur variables. Les lettres différentes indiquent que les traitements sont statistiquement différents ($\alpha = 0,05$).

Volet 4

Efficacité en serre

Les punaises ternes sur les plants de poivrons

La population de petites larves de punaises ternes (L1 – L3) sur les plants de poivrons a atteint son maximum cinq semaines après l'introduction des punaises ternes adultes dans les cages (Figure 10). *Orius insidiosus* réduisait significativement les populations de petites larves lorsqu'elles étaient introduites dans le système une semaine avant le ravageur ($LRT_3 = 19,12$; $p = 0,0003$) (Figure 11a). Toutefois, le prédateur ne réduisait pas efficacement les populations de jeunes larves quand il était introduit après sa proie. Il y avait plus de jeunes larves de punaises ternes sur les plants de poivrons dans les cages sans alyssum que dans les cages avec la plante piège/ réservoir ($LRT_1 = 5,30$; $p = 0,02$) (Figure 12a). Aucune interaction entre les traitements *Orius* et alyssum n'a été observée ($LRT_3 = 0,35$; $p = 0,95$). La densité de grandes larves de punaises ternes (L4 – L5) sur les plants de poivrons a atteint une pointe six semaines après l'introduction des adultes dans les cages (Figure 10). Les grandes larves étaient moins abondantes sur les plants de poivrons quand les *Orius* étaient introduites dans le système une semaine avant le ravageur ($LRT_3 = 19,14$; $p = 0,0003$) (Figure 11b). La présence des alyssums n'affectait pas la densité de grandes larves sur les poivrons ($LRT_1 = 0,75$; $p = 0,39$) (Figure 12b). L'interaction entre les introductions d'*Orius* et la disponibilité des alyssums n'était pas statistiquement significative ($LRT_3 = 7,13$; $p = 0,07$). La densité des punaises ternes adultes sur les plants de poivrons était maximale sept semaines après l'introduction du ravageur dans les cages (Figure 10). Les introductions

d'*Orius* n'ont pas eu d'effet sur la densité des punaises ternes adultes sur les plants de poivrons ($LRT_3 = 3,06$; $p = 0,38$) (Figure 11c). Les punaises ternes adultes étaient plus abondantes sur les poivrons dans les cages avec les plants d'alyssum ($LRT_1 = 7,69$; $p = 0,006$) (Figure 12c). Il n'y avait pas d'interaction entre les traitements *Orius* et alyssum ($LRT_3 = 4,19$; $p = 0,24$).

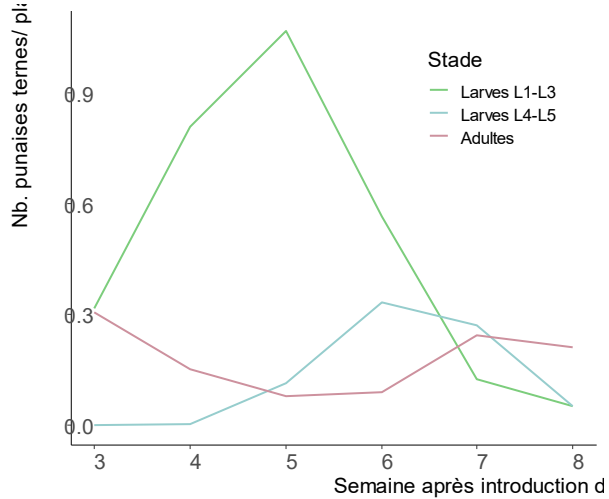


Figure 10. Nombre de punaises ternes par plant de poivrons en fonction du nombre de semaines après l'introduction des punaises ternes et du stade de développement (larves L1-L3 : ligne verte; larves L4-L5 : ligne bleue; adultes : ligne rose).

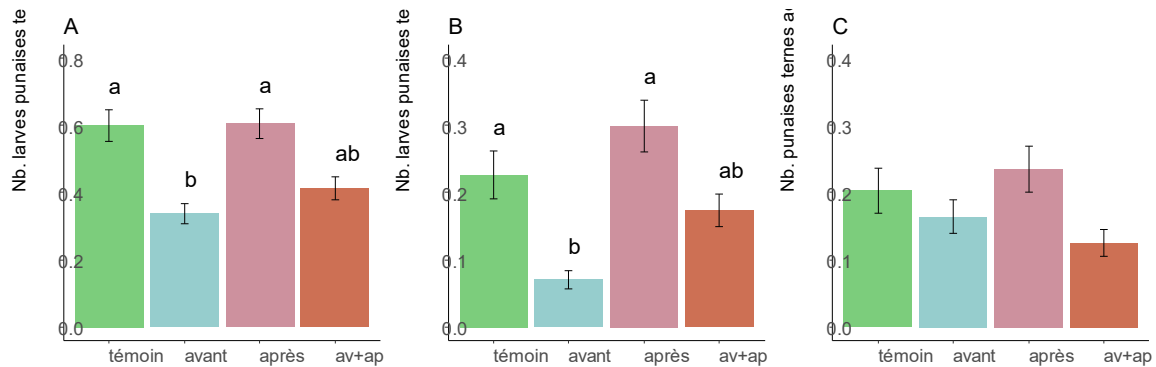


Figure 11. Nombre de punaises ternes de stade larvaire L1-L3 (A), L4-L5 (B) ou adultes (C) par plant de poivrons en fonction des traitements d'introduction d'*Orius* (av+ap = avant et après). Les lettres différentes indiquent une significativité statistique ($\alpha = 0,05$).

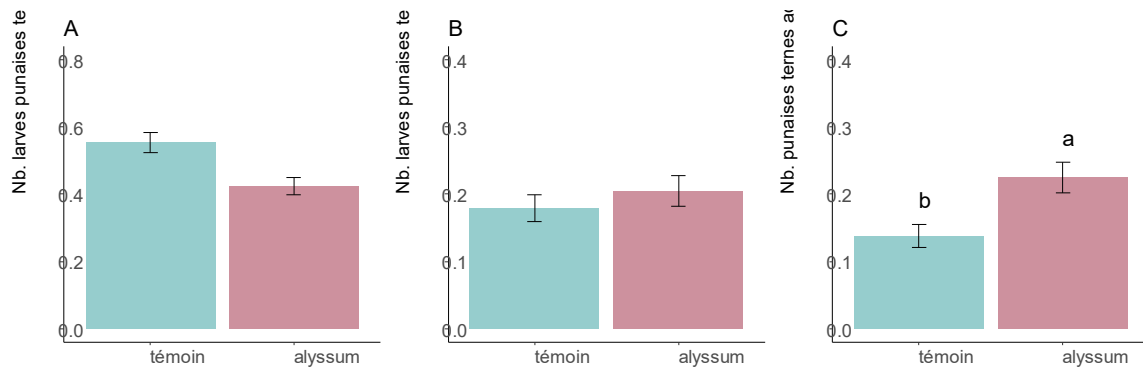


Figure 12. Nombre de punaises ternes de stade larvaire L1-L3 (A), L4-L5 (B) ou adultes (C) par plant de poivrons en fonction des traitements alyssum (témoin = sans alyssum). Les lettres différentes indiquent une significativité statistique ($\alpha = 0,05$).

Les punaises ternes sur les alyssums

La densité maximale de petites larves de punaises ternes sur les alyssums a été observée cinq semaines après l'introduction des adultes dans les cages (Figure 13), ce qui correspond aux observations sur les plants de poivrons (Figure 10). Les introductions d'*Orius* n'ont pas eu d'effet sur les populations de petites larves de punaises ternes sur les alyssums ($LRT_3 = 2,15$; $p = 0,54$) (Figure 14a).

La période de pointe des grandes larves de punaises ternes sur les alyssums arrive une semaine après celle sur les plants de poivrons, soit sept semaines après l'introduction des adultes dans les cages (Figure 13). Les *Orius* n'ont pas eu d'effet sur la densité des grandes larves sur les alyssums ($LRT_3 = 5,28$; $p = 0,15$) (Figure 14b).

Pour les adultes, la période de pointe sur les plants d'alyssum correspond à la période de pointe sur les plants de poivrons, soit la 7^{ème} semaine après l'introduction des punaises ternes dans les cages (Figure 13). Les introductions d'*Orius* n'ont pas eu d'impact sur les populations de punaises ternes adultes sur les alyssums ($LRT_3 = 0,17$; $p = 0,98$) (Figure 14c).

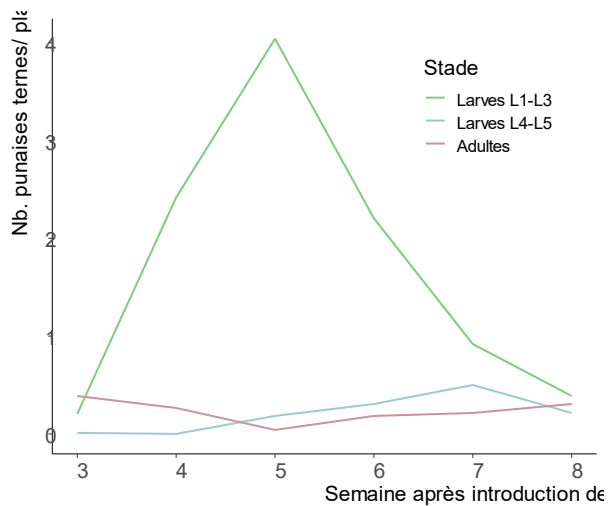


Figure 13. Nombre de punaises ternes par plant d'alyssum en fonction du nombre de semaine après l'introduction des punaises ternes et du stade de développement (larves L1-L3 : ligne verte; larves L4-L5 : ligne bleue; adultes : ligne rose).

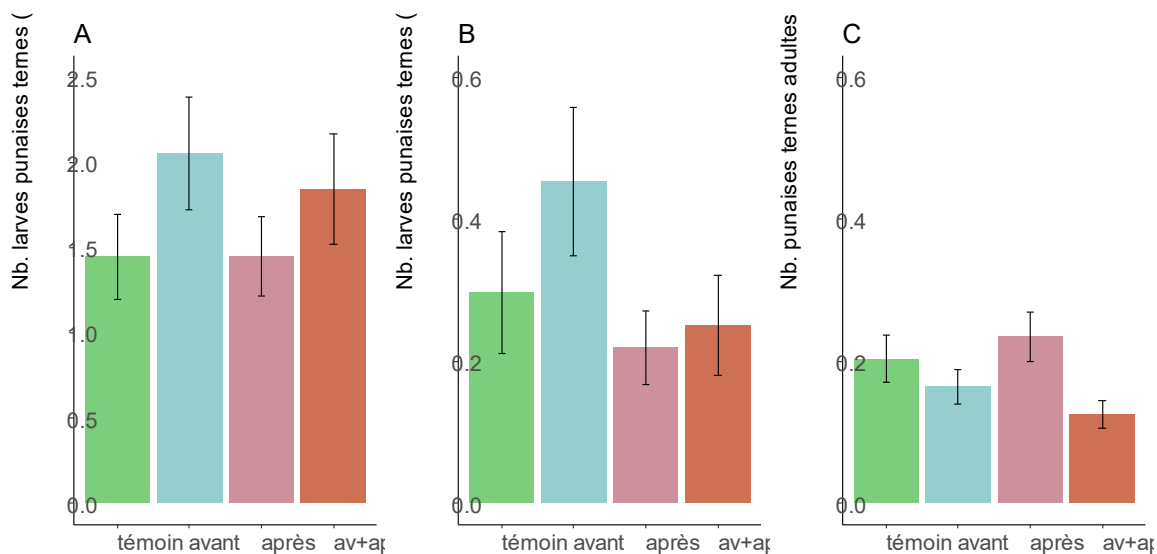


Figure 14. Nombre de punaises termes de stade larvaire L1-L3 (A), L4-L5 (B) ou adultes (C) par plant d'alyssum en fonction des traitements d'introduction d'*Orius* (av+ap = avant et après).

Les *Orius* sur les plants de poivrons

La densité maximale des larves d'*Orius* sur les plants de poivrons était atteinte à la 3^{ième} semaine après l'introduction des punaises termes dans les traitements où les adultes *Orius* ont été introduits avant le ravageur (Figure 15). Pour le traitement avec l'introduction d'*Orius* après les punaises termes, la pointe a été atteinte à la 5^{ième} semaine. Donc, ces pointes surviennent trois semaines après l'introduction des *Orius* adultes dans le système.

La densité de larves d'*Orius* sur les plants de poivrons ne variait pas en fonction du traitement *Orius* ($LRT_2 = 2,16$; $p = 0,34$) (Figure 16a). Elle était toutefois plus élevée dans les cages où les alyssums étaient disponibles ($LRT_1 = 17,66$; $p < 0,0001$) (Figure 17a). Il n'y a pas d'effet interactif entre les traitements *Orius* et alyssum ($LRT_2 = 0,85$; $p = 0,65$). La densité des larves d'*Orius* diminuait avec le temps ($LRT_1 = 26,52$; $p < 0,0001$) (Figure 15). Une interaction entre le traitement *Orius* et le temps a été observée ($LRT_3 = 25,67$; $p < 0,0001$) (Figure 15). La diminution de la population de larves d'*Orius* est moins marquée dans le traitement où les *Orius* adultes ont été introduits après les punaises termes que dans les autres traitements.

Les pointes de populations d'*Orius* adultes étaient différentes pour les trois traitements d'introduction d'*Orius* (Figure 15). Elle était atteinte très tôt dans le traitement « avant et après » soit à la 4^{ième} semaine. Pour les traitements « avant » et « après », la densité maximale était atteinte à la 6^{ième} semaine et la 8^{ième} semaine, respectivement.

La densité d'adultes *Orius* ne variait pas en fonction des traitements d'introduction d'*Orius* ($LRT_1 = 0,04$; $p = 0,98$) (Figure 16b), mais augmentait en présence d'un plant d'alyssum ($LRT_1 = 24,70$; $p < 0,0001$) (Figure 17b). Les variables *Orius* et alyssum n'ont pas d'effet interactif sur la densité des *Orius* adultes ($LRT_2 = 2,71$; $p = 0,26$). En moyenne, les adultes *Orius* étaient plus abondants de semaine en semaine ($LRT_1 = 14,14$; $p = 0,0002$) (Figure 15). Toutefois, une interaction significative a été observée entre le traitement *Orius* et le temps

($LRT_2 = 6,87$; $p = 0,03$) (Figure 15). Dans le traitement « avant et après », la population d'*Orius* adultes reste relativement stable après avoir atteint sa pointe à la 4^{ème} semaine.

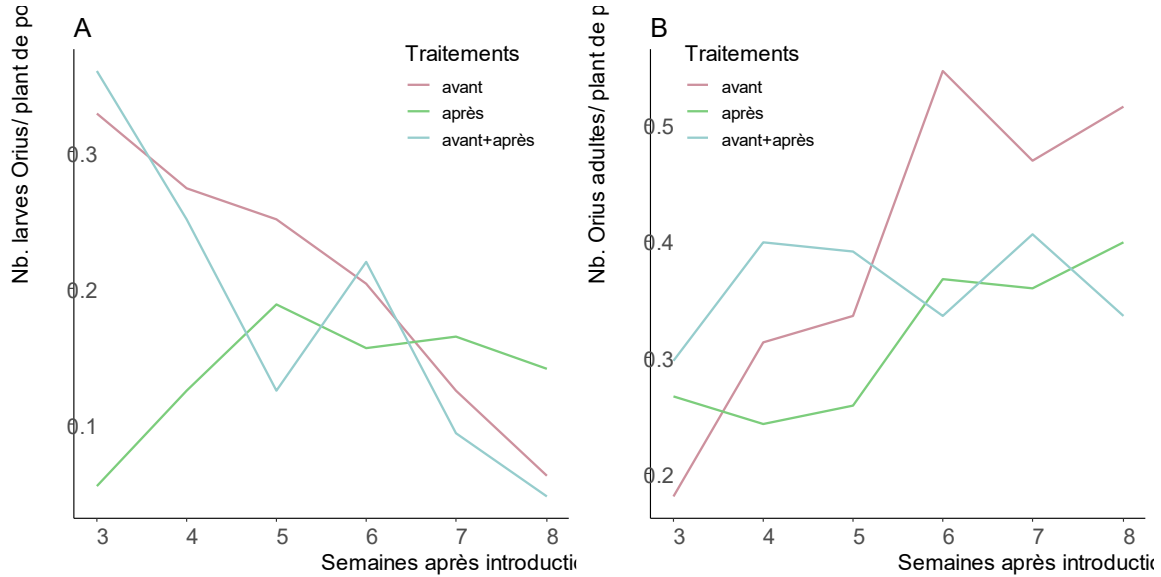


Figure 15. Nombre de larves (A) et d'adultes (B) *Orius* par plant de poivrons en fonction du nombre de semaines après l'introduction des punaises ternes et des traitements d'introduction d'*Orius* (avant les punaises ternes : ligne rose; après les punaises ternes : ligne verte; avant et après les punaises ternes : ligne bleue).

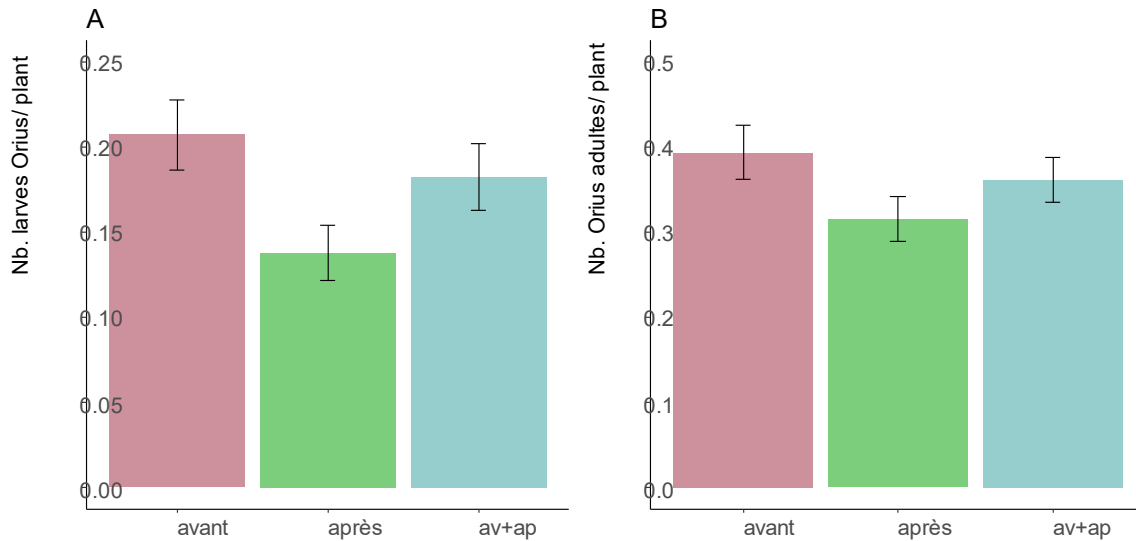


Figure 16. Nombre de larves (A) et d'adultes (B) *Orius* par plant de poivrons en fonction des traitements d'introduction d'*Orius* (av+ap = avant et après).

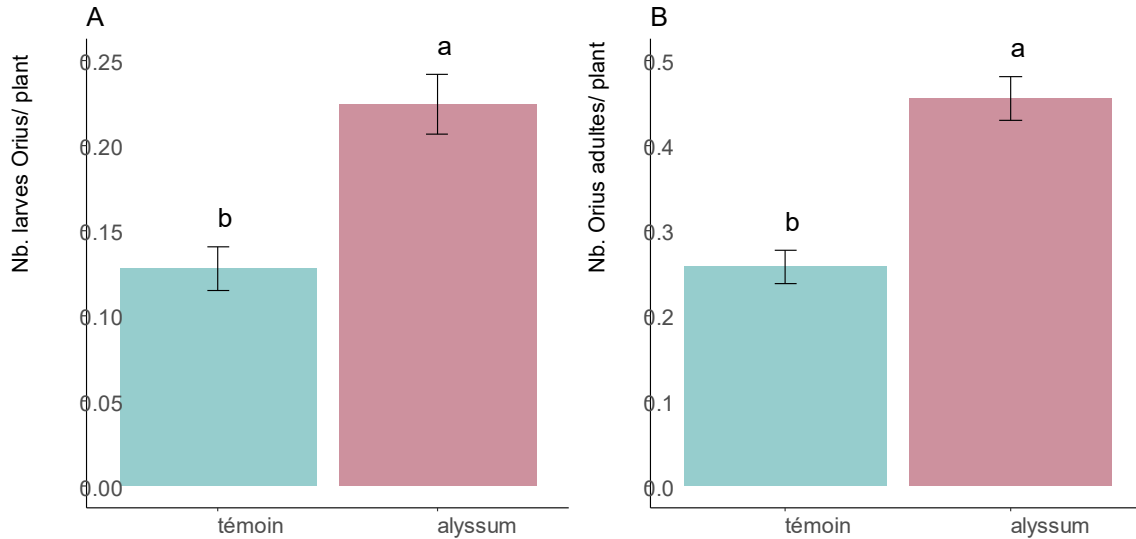


Figure 17. Nombre de larves (A) et d'adultes (B) *Orius* par plant de poivrons en fonction des traitements alyssum (témoin = sans alyssum). Les lettres différentes indiquent une significativité statistique ($\alpha = 0,05$).

Les *Orius* sur les alyssums

Les périodes de densités maximales de larves d'*Orius* sur les plants d'alyssum sont les mêmes que sur les plants de poivrons, soit la 3^{ème} semaine pour les traitements « avant » ou « avant et après » et la 5^{ème} semaine pour le traitement « après » (Figure 18).

La densité des larves d'*Orius* sur les plants d'alyssum n'était pas influencée par les traitements d'introduction ($LRT_2 = 0,43$; $p = 0,81$) (Figure 19). Les larves d'*Orius* étaient moins abondantes avec le temps ($LRT_1 = 41,62$; $p < 0,0001$) (Figure 18) et lors de la première série de tests ($LRT_1 = 14,07$; $p = 0,0002$). La décroissance de la population de larves d'*Orius* avec le temps était plus importante dans le traitement d'introduction d'*Orius* « avant et après » que dans les autres traitements ($LRT_2 = 8,30$; $p = 0,02$) (Figure 18).

La densité des *Orius* adultes sur les plants d'alyssum ne variait pas en fonction du traitement d'introduction d'*Orius* ($LRT_2 = 1,11$; $p = 0,57$) (Figure 19). Les *Orius* adultes étaient moins abondants sur les plants d'alyssum avec le temps ($LRT_1 = 18,88$; $p < 0,0001$) (Figure 18) et lors de la première série de tests ($LRT_1 = 19,08$; $p < 0,0001$). Il n'y avait pas d'interaction entre le traitement d'introduction d'*Orius* et le temps ($LRT_2 = 1,20$; $p = 0,55$) (Figure 18).

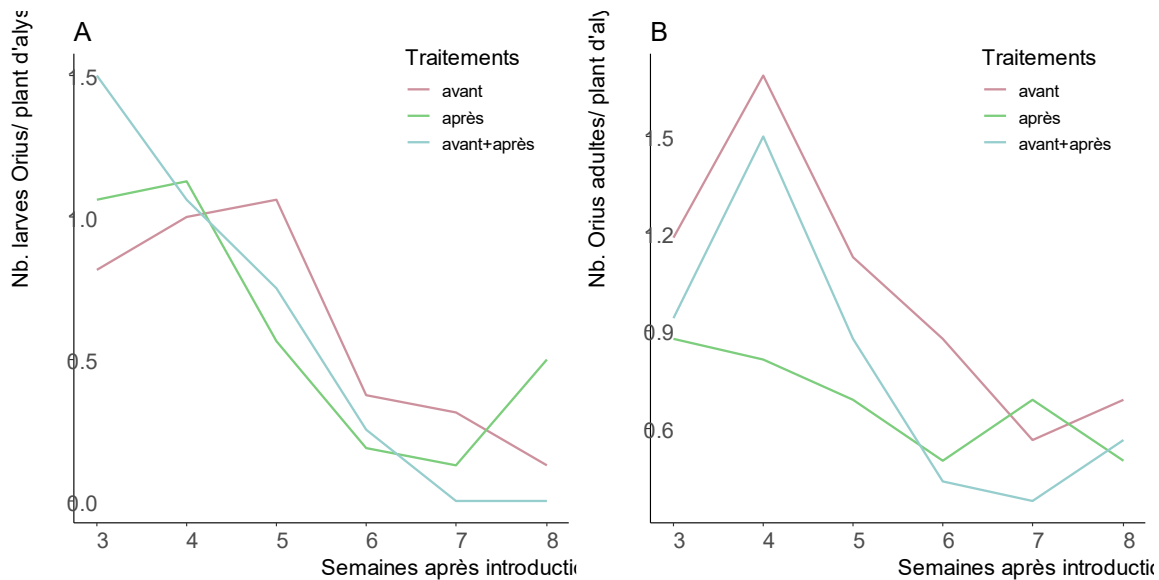


Figure 18. Nombre de larves (A) et d'adultes (B) *Orius* par plant d'alyssum en fonction du nombre de semaines après l'introduction des punaises ternes et des traitements d'introduction d'*Orius* (avant les punaises ternes : ligne rose; après les punaises ternes : ligne verte; avant et après les punaises ternes : ligne bleue).

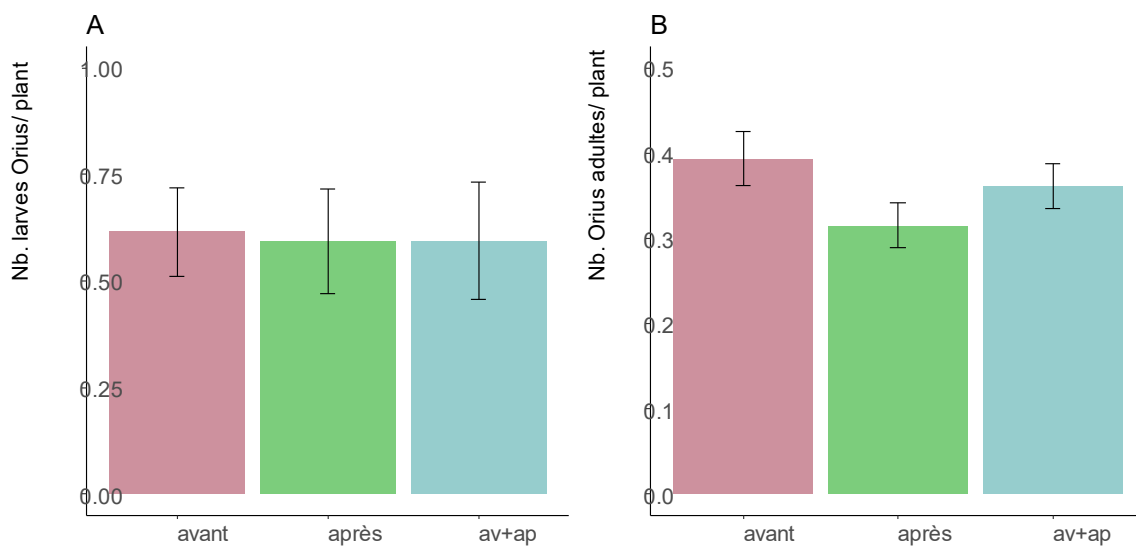


Figure 19. Nombre de larves (A) et d'adultes (B) *Orius* par plant d'alyssum en fonction des traitements d'introduction d'*Orius* (av+ap = avant et après).

En culture de champs ou en serre, les facteurs écologiques comme la présence de prédateurs et la disponibilité d'hôtes alternatifs ont une incidence sur l'abondance et la distribution des punaises ternes (Fleischer and Gaylor 1987; Godfrey and Leigh 1994; Swezey et al. 2013; Hagler et al. 2018; Dumont and Provost 2019, 2022). Les plants hôtes alternatives influencent aussi l'abondance et la distribution des prédateurs de la punaise terne, comme la punaise *Orius* (Bueno et al. 2009; Bennison et al. 2011; Wong and Frank 2012, 2013; Waite et al. 2014; Zhang et al. 2021). Dans notre expérience, la disponibilité des plantes ornementales chrysanthèmes et géraniums engendrait une hausse de l'abondance

des punaises ternes, mais pas de son prédateur *Orius*. Le meilleur ratio prédateur-proie était donc obtenu avec la disponibilité des plants d'alyssum qu'*Orius* préfère aux plants de poivrons. En serre, les plants d'alyssum réduisaient l'abondance des punaises ternes sur les plants de poivrons à proximité. Les punaises ternes larves ou adultes se trouvaient préférentiellement sur les plants d'alyssum plutôt que sur les plants de poivrons. Les *Orius*, dont la période de pointe de son abondance était synchronisée avec les larves de punaises ternes, étaient plus abondantes sur les alyssums que sur les plants de poivrons. Ainsi, les plants d'alyssum contribuent à réduire l'incidence de punaises ternes sur les plants de poivrons et à faciliter les interactions entre le prédateur et sa proie. Dans les tests en tente, l'interaction entre l'introduction des *Orius* et la disponibilité des alyssums n'a pas été observée. Cependant, les *Orius* introduites une semaine avant l'introduction des punaises ternes ont eu un effet significatif sur l'abondance des larves du ravageur. Les plants d'alyssum augmentaient l'abondance des *Orius* sur les plants de poivrons, mais aussi des punaises ternes adultes.

Les plantes pièges et réservoirs sont utilisées en serre dans la gestion de plusieurs ravageurs (Van Driesche et al. 2008; Bueno et al. 2009; Frank 2010; Bennison et al. 2011; Huang et al. 2011; Xiao et al. 2012; Payton Miller and Rebek 2018). Elles sont notamment reconnues efficaces dans la promotion des punaises prédatrices (Sanchez et al. 2003; Bueno et al. 2009; Nguyen-Dang et al. 2016). Dans notre expérience, les chrysanthèmes, les géraniums et les alyssums ont une incidence sur l'abondance et la distribution des punaises ternes et/ou d'*Orius*. Cependant, les gerberas n'étaient attractifs ni pour les punaises ternes ni pour les *Orius*. De plus, les géraniums avaient plutôt un effet répulsif sur les *Orius*. Ainsi, les deux plantes candidates testées ayant le meilleur potentiel de moduler l'abondance et la distribution des punaises ternes étaient les chrysanthèmes et les alyssums. La première promouvait la ponte des punaises ternes, tandis que les *Orius* préféraient pondre dans les plants d'alyssum. Donc, les plants d'alyssum avaient le plus fort potentiel pour renforcer l'effet prédateur des *Orius* sur les punaises ternes. C'est pour cette raison que nous l'avons choisi dans les tests en serre. Cette plante ornementale est déjà utilisée avec succès en serre (Pineda and Marcos-García 2008; Andorno and López 2014; Messelink et al. 2014).

Les punaises prédatrices du genre *Orius* s'attaquent aux punaises ternes en laboratoire et en champs (Rakickas and Watson 1974; Godfrey and Leigh 1994; Hagler et al. 2018). Les *Orius* sont omnivores; elles consomment plusieurs types de proies, mais aussi des ressources végétales, notamment le pollen (Shipp and Wang 2003; Xu et al. 2006; Lundgren et al. 2008). Elles peuvent donc s'établir dans l'agrosystème avant l'arrivée des ravageurs (Kakimoto et al. 2007; Bueno et al. 2009; Bennison et al. 2011; Labbé et al. 2018). Cette capacité d'établissement des punaises omnivores favorise leur efficacité en lutte biologique (Castañé et al. 2000, 2004; Alomar et al. 2002; Symondson et al. 2002; Messelink et al. 2011; Perdakis et al. 2011; Madeira et al. 2019). Dans notre expérience, les *Orius* introduites avant les punaises ternes étaient plus efficaces que les *Orius* introduites après le ravageur. Ainsi, une stratégie de lutte aux punaises ternes qui mise, notamment, sur le rôle des *Orius* doit prévoir d'établir les *Orius* tôt dans le système. Les plants d'alyssum peuvent contribuer à atteindre cet objectif puisque cette plante favorise la ponte des *Orius*. Nos tests en laboratoire ont démontré qu'une forte densité d'*Orius* (3 proies pour 1 prédateur) avait une

incidence forte sur l'abondance des punaises ternes. Une réduction de plus de la moitié de la population de punaises ternes était observée par rapport au témoin. Ces résultats de laboratoire ont été confirmés en serre.

Les plantes pièges/réservoir modulent la distribution spatiale des punaises ternes et de ces prédateurs (Khattat and Stewart 1980; Carrière et al. 2006; Hagler et al. 2018). La densité des punaises ternes est plus forte dans les plantes pièges (Dumont and Provost 2019, 2022), ce qui favorise la prédation par certains prédateurs (Hagler et al. 2018). Par exemple, Hagler et al. (2018) ont observé que les punaises *Orius* étaient le prédateur de punaises ternes le plus abondant en champs de fraises biologiques et que 18,1 % des *Orius* testées avaient des traces de punaises ternes dans leur système digestif. Ce taux de prédation était similaire à celui des *Nabis alternatus* (Parshley) (Hemiptera : Nabidae) (19,5 %) et des *Geocoris punctipes* (Say) (Hemiptera : Geocoridae) (18,0 %). Le taux de prédation par *Orius* était favorisé par les bandes pièges de luzerne avec un taux de 16,36 % dans les rangs de fraises adjacents aux bandes pièges versus seulement 7,81 % pour les rangs témoins (Hagler et al. 2018). Cette hausse de prédation est le résultat d'un taux de rencontre plus élevé entre le prédateur et sa proie dans un environnement où la population de punaises ternes est plus dense (i.e. sur les plantes pièges) que sur les hôtes où la population est moins dense. Nos résultats suggèrent que le taux de rencontre entre *Orius* et la punaise terne pourrait être accrue dans les plants d'alyssum où les deux protagonistes sont retrouvés en plus forte densité. Le taux de prédation par *Orius* sur la punaise terne est donc susceptible d'être plus élevé sur les plants d'alyssum que les plants de poivrons. La punaise *Orius* est opportuniste (elle consomme les ressources disponibles) et a un mode de prédation actif. Elle recherche ses proies et attaque celles qu'elle rencontre. Elle exprime toutefois un certain niveau de préférence pour certaines proies, notamment les thrips (Venzon et al. 2002; Lundgren and Fergen 2006). Les punaises ternes ne comptent probablement pas parmi ces proies préférées considérant la différence de taille en faveur du ravageur. Toutefois, notre expérience démontre le rôle significatif que peut jouer *Orius* dans la gestion des punaises ternes en serre de poivrons.

DIFFUSION DES RÉSULTATS

1. Dumont, F., Lemay, M., Provost, C. 2022. Plantes pièges/ réservoirs et *Orius insidiosus* pour lutter contre la punaise terne en serre de poivron. 27-28 octobre 2022. 149ième réunion annuelle de la Société d'entomologie du Québec, Granby. (Affiche)
2. Labrie, G. 2023. Résultats de projets de recherche au CRAM. Bilan fin de saison RAP serre 2022. 18 janvier 2023, St-Hyacinthe.
3. Labrie, G, C. Provost, et F. Dumont. 2021. Stratégies gagnantes en lutte biologique et résultats de recherche. Colloque maraîcher en serre, 16-17 novembre 2021. Webdiffusion.

4. Le rapport final et la fiche synthèse seront publiés sur le site internet du CRAM et sur le site AgriRéseau.

Estimer le nombre d'entreprises touchées par les résultats du projet	675 entreprises productrices de fruits et légumes en serre (PSQ 2022)
--	---

APPLICATIONS POSSIBLES POUR L'INDUSTRIE

Nos résultats nous donnent des renseignements supplémentaires sur le rôle *qu'Orius insidiosus* peut jouer dans la gestion des punaises ternes en serre de poivrons. Notre projet nous a effectivement permis de déterminer une nouvelle méthode d'introduction préventive d'*Orius* à partir de plants d'alyssums déjà remplis du prédateur. Ces plants d'alyssums permettent de jouer un rôle de plante réservoir pour les *Orius* avant l'arrivée des punaises ternes. Une fiche explicative sur l'élevage d'*Orius* sur alyssum est disponible à l'annexe 2 de ce rapport. Ainsi, l'introduction hâtive d'*Orius* sur plants d'alyssum permet un meilleur contrôle sur les premiers stades larvaires de punaises ternes tout en assurant le maintien des populations du prédateur sur une plus longue période ce qui permet aux producteurs de réduire leurs coûts sur les achats répétés de prédateurs.

PERSONNE-RESSOURCE POUR INFORMATION

Nom du responsable du projet : Dr. François Dumont
Téléphone : 450-434-8150 #6084
Télécopieur : 450-258-4197
Courriel : fdumont@cram-mirabel.com



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.

ANNEXE 1 – RÉFÉRENCES

- Accinelli G, Lanzoni A, Ramilli F, Dradi D, Burgio G, 2005. Trap crop: an agroecological approach to the management of *Lygus rugulipennis* on lettuce. *Bull. Insectol* 58, 9–14.
- Alauzet C, Dargagnon D, Hatté M, 1992. Production d'un hétéroptère prédateur: *Orius majusculus* [Het.: Anthocoridae]. *Entomophaga* 37, 249–252.
- Alauzet C, Dargagnon D, Malausa JC, 1994. Bionomics of a polyphagous predator: *Orius laevigatus* (Het.: Anthocoridae). *Entomophaga* 39, 33–40.
- Alomar Ó, Goula M, Albajes R, 2002. Colonisation of tomato fields by predatory mirid bugs (Hemiptera: Heteroptera) in northern Spain. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 89, 105–115.
- Andorno AV, López SN, 2014. Biological control of *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) through banker plant system in protected crops. *Biological Control* 78, 9–14.
- Arnoldi D, Stewart RK, Boivin G, 1991. Field survey and laboratory evaluation of the predator complex of *Lygus lineolaris* and *Lygocoris communis* (Hemiptera: Miridae) in apple orchards. *Journal of economic entomology* 84, 830–836.
- Bates D, Maechler M, Bolker B, Walker S, Christensen RHB, Singmann H, Dai B, Grothendieck G, Green P, Bolker MB, 2015. Package 'lme4'. *Convergence* 12, 2.
- Bennison J, Pope T, Maulden K, 2011. The potential use of flowering alyssum as a 'banker' plant to support the establishment of *Orius laevigatus* in everbearer strawberry for improved biological control of western flower thrips. The potential use of flowering alyssum as a 'banker' plant to support the establishment of *Orius laevigatus* in everbearer strawberry for improved biological control of western flower thrips. 68, 15–18.
- Boivin G, Stewart RK, 1983. Seasonal development and interplant movements of phytophagous mirids (Hemiptera: Miridae) on alternate host plants in and around an apple orchard. *Annals of the Entomological Society of America* 76, 776–780.
- Bueno VH, Silva AR, Carvalho LM, Moura N, 2009. Control of thrips with *Orius insidiosus* in greenhouse cut roses: use of a banker plant improves the performance of the predator. *IOBC/WPRS Bulletin* 49, 183–187.
- Buxton J, Wardlow L, 1992. Two years of trials with biological control programmes in all-year-round chrysanthemums 1. *EPPO Bulletin* 22, 503–511.
- Carrière Y, Ellsworth PC, Dutilleul P, Eilers-Kirk C, Barkley V, Antilla L, 2006. A GIS-based approach for areawide pest management: the scales of *Lygus hesperus* movements to cotton from alfalfa, weeds, and cotton. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 118, 203–210.
- Carvalho AR, Bueno VH, Santana AG, Moura N, Louzada EA, 2008. Release rates of *Orius insidiosus* to control *Frankliniella occidentalis* on protected potted gerbera. *IOBC WPRS BULLETIN* 32, 37.
- Castañé C, Alomar O, Goula M, Gabarra R, 2000. Natural populations of *Macrolophus caliginosus* and *Dicyphus tamaninii* in the control of the greenhouse whitefly in tomato crops. Natural populations of *Macrolophus caliginosus* and *Dicyphus tamaninii* in the control of the greenhouse whitefly in tomato crops. 23, 221–224.
- Castañé C, Alomar O, Goula M, Gabarra R, 2004. Colonization of tomato greenhouses by the predatory mirid bugs *Macrolophus caliginosus* and *Dicyphus tamaninii*. *Biological Control* 30, 591–597.

- Chyzik R, Klein M, Ben-Dov Y, 1995. Reproduction and survival of the predatory bug *Orius albidipennis* on various arthropod prey. *Entomologia experimentalis et Applicata* 75, 27–31.
- Cleveland TC, 1982. Hibernation and host plant sequence studies of tarnished plant bugs, *Lygus lineolaris*, in the Mississippi Delta. *Environmental Entomology* 11, 1049–1052.
- Dumont F, Provost C, 2019. Combining the use of trap crops and insecticide sprays to control the tarnished plant bug in strawberry fields. *The Canadian Entomologist*.
- Dumont F, Provost C, 2022. Using Autumnal Trap Crops to Manage Tarnished Plant Bugs (*Lygus lineolaris*). *Insects* 13, 441.
- Enkegaard A, Brødsgaard HF, 1994. Biological control of spider mites and thrips on pot *Gerbera* [*Orius majusculus*]. SP Rapport.
- Fleischer SJ, Gaylor MJ, 1987. Seasonal abundance of *Lygus lineolaris* (Heteroptera: Miridae) and selected predators in early season uncultivated hosts: implications for managing movement into cotton. *Environmental entomology* 16, 379–389.
- Frank SD, 2010. Biological control of arthropod pests using banker plant systems: past progress and future directions. *Biological control* 52, 8–16.
- Godfrey LD, Leigh TF, 1994. Alfalfa harvest strategy effect on *Lygus* bug (Hemiptera: Miridae) and insect predator population density: implications for use as trap crop in cotton. *Environmental Entomology* 23, 1106–1118.
- Hagler JR, Nieto DJ, Machtley SA, Spurgeon DW, Hogg BN, Swezey SL, 2018. Dynamics of predation on *Lygus hesperus* (Hemiptera: Miridae) in alfalfa trap-cropped organic strawberry. *Journal of Insect Science* 18, 12.
- Hannunen S, 2005. Modelling the interplay between pest movement and the physical design of trap crop systems. *Agricultural and Forest Entomology* 7, 11–20.
- Hokkanen HM, 1991. Trap cropping in pest management. *Annual Review of Entomology* 36, 119–138.
- Hothorn T, Bretz F, Westfall P, Heiberger RM, Schuetzenmeister A, Scheibe S, Hothorn MT, 2016. Package 'multcomp'. Simultaneous inference in general parametric models. Project for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Huang N, Enkegaard A, Osborne LS, Ramakers PM, Messelink GJ, Pijnakker J, Murphy G, 2011. The banker plant method in biological control. *Critical Reviews in Plant Sciences* 30, 259–278.
- Kakimoto K, Inoue H, Yamaguchi T, Fukamachi S, Shima K, Taguchi Y, Saiki Y, Ohno K, 2007. Simultaneous release of *Orius strigicollis* (Poppius) eggs and adults to improve its establishment in greenhouses. *Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology* (Japan).
- Khattat AR, Stewart RK, 1980. Population fluctuations and interplant movements of *Lygus lineolaris*. *Annals of the Entomological Society of America* 73, 282–287.
- Labbé RM, Gagnier D, Kostic A, Shipp L, 2018. The function of supplemental foods for improved crop establishment of generalist predators *Orius insidiosus* and *Dicyphus hesperus*. *Scientific reports* 8, 1–12.
- Lundgren JG, Fergen JK, 2006. The oviposition behavior of the predator *Orius insidiosus*: acceptability and preference for different plants. *BioControl* 51, 217–227.

- Lundgren JG, Fergen JK, Riedell WE, 2008. The influence of plant anatomy on oviposition and reproductive success of the omnivorous bug *Orius insidiosus*. *Animal Behaviour* 75, 1495–1502.
- Madeira F, Edo E, Sossai S, Callizo J, Albajes R, 2019. Pre-planting inoculation for early establishment of *Dicyphus bolivari* and *D. errans* on tomatoes. *BioControl* 64, 33–41.
- Messelink GJ, Bennison J, Alomar O, Ingegno BL, Tavella L, Shipp L, Palevsky E, Wäckers FL, 2014. Approaches to conserving natural enemy populations in greenhouse crops: current methods and future prospects. *BioControl* 59, 377–393.
- Messelink GJ, Bloemhard CM, Kok L, Janssen A, 2011. Generalist predatory bugs control aphids in sweet pepper. *IOBC/wprs Bull* 68, 115–118.
- Nguyen-Dang L, Vankosky M, VanLaerhoven S, 2016. The effects of alternative host plant species and plant quality on *Dicyphus hesperus* populations. *Biological Control* 100, 94–100.
- Ondiaka S, Migiro L, Rur M, Birgersson G, Porcel M, Rämert B, Tasin M, 2016. Sunflower as a trap crop for the European tarnished plant bug (*Lygus rugulipennis*). *Journal of Applied Entomology* 140, 453–461.
- Payton Miller TL, Rebek EJ, 2018. Banker plants for aphid biological control in greenhouses. *Journal of Integrated Pest Management* 9, 9.
- Perdikis D, Fantinou A, Lykouressis D, 2011. Enhancing pest control in annual crops by conservation of predatory Heteroptera. *Biological Control* 59, 13–21.
- Pineda A, Marcos-García MÁ, 2008. Use of selected flowering plants in greenhouses to enhance aphidophagous hoverfly populations (Diptera: Syrphidae), in: *Annales de La Société Entomologique de France*. Taylor & Francis, 487–492.
- Pumariño L, Alomar O, 2012. The role of omnivory in the conservation of predators: *Orius majusculus* (Heteroptera: Anthocoridae) on sweet alyssum. *Biological Control* 62, 24–28.
- R Core Team, 2022. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing; 2022. ISBN3-900051-07-0 <https://www.R-project.org>.
- Rakickas RJ, Watson TF, 1974. Population trends of *Lygus* spp. and selected predators in strip-cut alfalfa. *Environmental Entomology* 3, 781–784.
- Ribeiro AL, Gontijo LM, 2017. Alyssum flowers promote biological control of collard pests. *BioControl* 62, 185–196.
- Sanchez JA, Gillespie DR, McGregor RR, 2003. The effects of mullein plants (*Verbascum thapsus*) on the population dynamics of *Dicyphus hesperus* (Heteroptera: Miridae) in tomato greenhouses. *Biological Control* 28, 313–319.
- Shipp JL, Wang K, 2003. Evaluation of *Amblyseius cucumeris* (Acari: Phytoseiidae) and *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae) for control of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) on greenhouse tomatoes. *Biological Control* 28, 271–281.
- Silveira LCP, Bueno VP, Van Lenteren JC, 2004. *Orius insidiosus* as biological control agent of thrips in greenhouse chrysanthemums in the tropics. *Bulletin of Insectology* 57, 103–109.
- Sobhy IS, Sarhan AA, Shoukery AA, El-Kady GA, Mandour NS, 2005. Effect of different types of ovipositional substrates and shelters on the mass rearing parameters of *Orius albidipennis* (Reuter) (Hemiptera: Anthocoridae). *J Agric Res Suez Canal Univ* 5, 115–118.

- Stewart SD, Gaylor > Michael J., 1994. Effects of age, sex, and reproductive status on flight by the tarnished plant bug (Heteroptera: Miridae). *Environmental Entomology* 23, 80–84.
- Swezey SL, Nieto DJ, Bryer JA, 2007. Control of Western Tarnished Plant Bug *Lygus hesperus* Knight (Hemiptera: Miridae) in California Organic Strawberries Using Alfalfa Trap Crops and Tractor-Mounted Vacuums. *Environmental Entomology* 36, 9.
- Swezey SL, Nieto DJ, Bryer JA, 2014. Control of western tarnished plant bug *Lygus hesperus* Knight (Hemiptera: Miridae) in California organic strawberries using alfalfa trap crops and tractor-mounted vacuums. *Environmental entomology* 36, 1457–1465.
- Swezey SL, Nieto DJ, Hagler JR, Pickett CH, Bryer JA, Machtley SA, 2013. Dispersion, Distribution, and Movement of *Lygus* spp. (Hemiptera: Miridae) in Trap-Cropped Organic Strawberries. *Environmental Entomology* 42, 770–778.
- Symondson WOC, Sunderland KD, Greenstone MH, 2002. Can generalist predators be effective biocontrol agents? *Annual review of entomology* 47, 561–594.
- Van Driesche RG, Lyon S, Sanderson JP, Bennett KC, Stanek III EJ, Zhang R, 2008. Greenhouse trials of *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Braconidae) banker plants for control of aphids (Hemiptera: Aphididae) in greenhouse spring floral crops. *Florida Entomologist* 91, 583–591.
- Venzon M, Janssen A, Sabelis MW, 2002. Prey preference and reproductive success of the generalist predator *Orius laevigatus*. *Oikos* 97, 116–124.
- Waite MO, Scott-Dupree CD, Brownbridge M, Buitenhuis R, Murphy G, 2014. Evaluation of seven plant species/cultivars for their suitability as banker plants for *Orius insidiosus* (Say). *BioControl* 59, 79–87.
- Wickham H, 2016. ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. [WWW Document]. URL https://www.google.com/search?q=H.+Wickham.+ggplot2%3A+Elegant+Graphics+for+Data+Analysis.+Springer-Verlag+New+York%2C+2016.&rlz=1C1CHBD_frCA879CA881&oq=H.+Wickham.+ggplot2%3A+Elegant+Graphics+for+Data+Analysis.+Springer-Verlag+New+York%2C+2016.&aqs=chrome..69i57.1168j0j9&sourceid=chrome&ie=UTF-8 (accessed 1.29.21).
- Wong SK, Frank SD, 2012. Influence of banker plants and spiders on biological control by *Orius insidiosus* (Heteroptera: Anthocoridae). *Biological control* 63, 181–187.
- Wong SK, Frank SD, 2013. Pollen increases fitness and abundance of *Orius insidiosus* Say (Heteroptera: Anthocoridae) on banker plants. *Biological Control* 64, 45–50.
- Xiao Y, Avery P, Chen J, McKenzie C, Osborne L, 2012. Ornamental pepper as banker plants for establishment of *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) for biological control of multiple pests in greenhouse vegetable production. *Biological Control* 63, 279–286.
- Xu X, Borgemeister C, Poehling H-M, 2006. Interactions in the biological control of western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Pergande) and two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch by the predatory bug *Orius insidiosus* Say on beans. *Biological Control* 36, 57–64.
- Young OP, 1986. Host plants of the tarnished plant bug, *Lygus lineolaris* (Heteroptera: Miridae). *Annals of the Entomological Society of America* 79, 747–762.
- Young OP, 1989. Predators of the tarnished plant bug, *Lygus lineolaris* (Heteroptera: Miridae): laboratory evaluations. *Journal of Entomological Science* 24, 174–179.

Zhang R, Ji D, Zhang Q, Jin L, 2021. Evaluation of eleven plant species as potential banker plants to support predatory *Orius sauteri* in tea plant systems. *Insects* 12, 162.

Zuma M, Njekete C, Konan KA, Bearez P, Amiens-Desneux E, Desneux N, Lavoit A-V, 2022. Companion plants and alternative prey improve biological control by *Orius laevigatus* on strawberry. *Journal of Pest Science* 1–11.

ANNEXE 2 – FICHE EXPLICATIVE SUR L'ÉLEVAGE D'ORIOUS SUR ALYSSUM

Établir un élevage d'*Orius insidiosus* sur alyssum

Afin d'obtenir des plants garnis d'*Orius* pour installer en serre, quelques étapes sont nécessaires à faire préalablement. Acheter ou produire des plants d'alyssums. Pour un maximum d'efficacité, ces derniers doivent être en fleurs (voir figure 1). Des adultes *Orius* peuvent être achetés chez plusieurs fournisseurs d'insectes prédateurs. Une fois les *Orius* introduits dans les plants d'alyssums, il est conseillé d'ajouter une ressource nutritionnelle supplémentaire pour aider les *Orius* à se maintenir dans le plant et se reproduire pour faire grandir leur population. Les œufs d'*Ephestia* et les cystes décapsulées d'*Artemia* sont de bons exemples de ressources nutritionnelles supplémentaires. La meilleure technique pour donner ces ressources est de tremper la bande collante de *Post-it* dans les oeufs (voir figure 2) puis de les déposer à travers le feuillage des plants.



Figure 1 : Plant d'alyssum en fleurs



Figure 2 : *Post-it* d'œufs d'*Ephestia*