



HAL
open science

Gestion de *Nesidiocoris tenuis* en protection biologique intégrée dans des cultures de tomates hors sol

Fanny de Boisvilliers

► **To cite this version:**

Fanny de Boisvilliers. Gestion de *Nesidiocoris tenuis* en protection biologique intégrée dans des cultures de tomates hors sol. Sciences du Vivant [q-bio]. 2019. dumas-02409755

HAL Id: dumas-02409755

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02409755>

Submitted on 13 Dec 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

Année universitaire : 2018 - 2019

Spécialité : Horticulture

Spécialisation (et option éventuelle) :

Protection des Plantes et Environnement
en Horticulture

Mémoire de fin d'études

- d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage
- de Master de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage
- d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)

Gestion de *Nesidiocoris tenuis* en protection biologique intégrée dans des cultures de tomates hors sol

Par : Fanny de BOISVILLIERS



Soutenu à Angers, le 05 septembre 2019

Devant le jury composé de :

Président : M. JALOUX Bruno

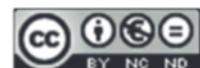
Autres membres du jury : M. BOUT Alexandre,

Maître de stage : M. GINEZ Anthony

Enseignant référent : M. TRICAULT Yann

Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent que la responsabilité de son auteur et non celle d'AGROCAMPUS OUEST

Ce document est soumis aux conditions d'utilisation
«Paternité-Pas d'Utilisation Commerciale-Pas de Modification 4.0 France»
disponible en ligne <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.fr>



Fiche de confidentialité et de diffusion du mémoire

Confidentialité

Non

Oui

Si oui : 1 an

5 ans

10 ans

Pendant toute la durée de confidentialité, aucune diffusion du mémoire n'est possible ⁽¹⁾

Date et signature du **maître de stage** ⁽²⁾ :

28 août 2019



A la fin de la période de confidentialité, sa diffusion est soumise aux règles ci-dessous (droits d'auteur et autorisation de diffusion par l'enseignant à renseigner)

Droits d'auteur

L'auteur *F. de Bassillac* autorise la diffusion de son travail (immédiatement ou à la fin de la période de confidentialité)

Oui Non

Si oui, il autorise :

la diffusion du mémoire uniquement ⁽⁴⁾

la diffusion papier du mémoire et la diffusion électronique du résumé

la diffusion papier et électronique du mémoire (joindre dans ce cas la fiche de conformité du mémoire numérique et le contrat de diffusion)

accepte de placer son mémoire sous licence Creative commons CC-By-Nc-Nd

Date et signature de l'**auteur** :

28 août 2019



Autorisation de diffusion par le responsable de spécialisation ou son représentant

L'enseignant juge le mémoire de qualité suffisante pour être diffusé (immédiatement ou à la fin de la période de confidentialité)

Oui

Non

Si non, seul le titre du mémoire apparaîtra dans les bases de données.

Si oui, il autorise

la diffusion papier du mémoire uniquement ⁽⁴⁾

la diffusion papier du mémoire et la diffusion électronique du résumé

la diffusion papier et électronique du mémoire

Date et signature de l'**enseignant** :

05/09/19



(1) L'administration, les enseignants et les différents services de documentation d'AGROCAMPUS OUEST s'engagent à respecter cette confidentialité.

(2) Signature et cachet de l'organisme

(3) Auteur = étudiant qui réalise son mémoire de fin d'études

(4) La référence bibliographique (= Nom de l'auteur, titre du mémoire, année de soutenance, diplôme, spécialité et spécialisation/Option)) sera signalée dans les bases de données documentaires sans le résumé

REMERCIEMENTS

Ce mémoire marque la fin de trois années d'apprentissage à l'Association Provençale de Recherche et Expérimentations Légumières (APREL). L'alternance au sein de cette station d'expérimentation a été une expérience très enrichissante d'un point de vue personnel comme professionnel.

Tout d'abord, un énorme merci à toi, Claire, d'avoir activement participé à ma formation en tant que maître d'apprentissage pendant ces trois années. Merci de m'avoir montré les nombreuses facettes de ce métier passionnant et d'avoir su me transmettre tes connaissances.

Je tiens particulièrement à te remercier, Anthony, toi avec qui j'ai pu travailler ces 6 derniers mois et qui a encadré cette étude. Merci d'avoir partagé toutes ces connaissances en entomologie. Merci pour ta bonne humeur et ces observations de plantes bien plus agréables avec quelques chansons. Et surtout je te remercie sincèrement pour ta gentillesse, ton soutien, ton appui et l'ensemble de tes conseils pour la rédaction de ce mémoire.

Merci à Vincent, producteur ayant accueilli l'essai, sans qui cette étude n'aurait pas pu être réalisée. Merci d'avoir suivi l'évolution du projet et de nous avoir permis d'évaluer de nouvelles stratégies. Je te remercie également Joëlle pour les nombreux renseignements que tu m'as apporté sur la culture.

Ces heures passées à la rédaction du mémoire auraient été moroses sans vous, Edgard, Adrien, Jules et Fabrina. Merci chers compagnons de bureau pour votre bonne humeur et cette ambiance très sympathique ! (Promis, j'arrête de demander des cookies !)

Bien évidemment, je remercie ma famille pour les nombreuses relectures et particulièrement Marie, merci pour tes nombreux conseils et ton soutien.

Pour finir, je remercie vivement toute l'équipe de l'APREL, Catherine, Aurélie, Elodie, Justine ainsi que les nombreux conseillers avec qui j'ai pu travailler au cours de ces trois années. Merci d'avoir partagé ces connaissances et de m'avoir fait participer à des essais variés me permettant ainsi de découvrir plusieurs aspects du métier et de prendre goût à l'expérimentation légumière.

TABLE DES MATIERES

1. Introduction	1
1.1. Contexte.....	1
1.2. Synthèse bibliographique	2
1.2.1. Le marché de la tomate.....	2
1.2.2. Les bio-agresseurs de cultures de tomate.....	2
1.2.3. Les stratégies de protection biologique intégrée (PBI).....	2
1.2.4. Le ravageur <i>Nesidiocoris tenuis</i>	3
1.2.5. Une espèce très proche : <i>Macrolophus pygmaeus</i>	5
1.2.6. Les moyens de lutte contre <i>Nesidiocoris tenuis</i>	6
1.3. Enjeux et objectifs de l'étude	7
2. Matériel et méthode.....	9
2.1. Evaluation d'une stratégie de protection des plantes.....	9
2.1.1. Suivi des populations de punaises	9
2.1.2. Suivi des dégâts de <i>Nesidiocoris tenuis</i>	10
2.1.3. Observations complémentaires sur les plantes	10
2.1.4. Suivi des interventions de protection	10
2.1.5. Suivi des variations climatiques.....	10
2.2. Piégeage chromatique comme outil d'aide à la décision	10
2.3. Evaluation d'un piégeage de masse.....	10
2.4. Analyse des données	11
2.4.1. Analyse des dynamiques des populations.....	11
2.4.2. Analyse statistique	12
3. Résultats	13
3.1. Dynamique des populations des auxiliaires et ravageurs	13
3.1.1. Evolution annuelle de <i>M. pygmaeus</i> et <i>N. tenuis</i>	13
3.1.2. Répartition spatiale des mirides sur les plantes.....	13
3.1.3. Influence de la présence de proies sur les populations de mirides	14
3.2. Influence de la température sur les populations de mirides	15
3.2.1. Effet des températures de la serre	15
3.2.2. Effet des températures extérieures.....	16
3.3. Impacts des interventions sur les différents stades de développement	16
3.3.1. Influence de la lutte mécanique.....	16
3.3.2. Efficacité des traitements chimiques (benzoate d'émamectine).....	16
3.3.3. Effets de l'application de nématodes entomopathogènes (Capsanem)	17
3.4. Efficacité de la stratégie de protection globale.....	18
3.5. Efficacité d'un piégeage de détection	18
3.6. Evaluation d'une nouvelle méthode de lutte par piégeage de masse	18
3.6.1. Effet sur les populations de <i>Nesidiocoris tenuis</i>	18
3.6.2. Durée d'efficacité du piégeage	19

4.	Discussion.....	20
4.1.	Biologie de <i>Nesidiocoris tenuis</i> et <i>Macrolophus pygmaeus</i>	20
4.1.1.	Une influence non négligeable des températures	20
4.1.2.	Une répartition spatiale différente entre les espèces	21
4.1.3.	Un impact de la présence de proies sur le développement de <i>N. tenuis</i>	21
4.2.	Stratégie de gestion de <i>Nesidiocoris tenuis</i>	22
4.2.1.	Les moyens de protection à dispositions des producteurs.....	22
4.2.2.	Les nouveaux outils testés dans le projet.....	23
4.2.3.	Nouvelles pistes pour une gestion de <i>N. tenuis</i> compatible avec la PBI	24
4.3.	Apport du projet IMPULsE pour la filière.....	24
5.	Conclusion	26

LISTE DES FIGURES

Figure 1 Répartition de la production française de tomate en 2017.

Figure 2 : *Nesidiocoris tenuis* adulte

Figure 3 Schématisation des stades larvaires et adulte de *N. tenuis*.

Figure 4 Cycle de vie de *N. tenuis*.

Figure 5 Anneaux nécrotiques suite à des piqûres de *Nesidiocoris tenuis* en tête de plante

Figure 6 *Macrolophus pygmaeus* adulte

Figure 7 *Nesidiocoris tenuis* adulte

Figure 8 Plan de la serre A, emplacement des rangs d'observations et variétés cultivées

Figure 9 Schéma du dispositif expérimental de piégeage chromatique de masse

Figure 10 Evolution des populations moyennes par plante de *M. pygmaeus* et *N. tenuis* en 2017.

Figure 11 Evolution des populations moyennes par plante de *M. pygmaeus* et *N. tenuis* en 2018.

Figure 12 Evolution des populations moyennes par plante de *M. pygmaeus* et *N. tenuis* en 2019.

Figure 13 Evolution des populations globales moyennes par plante de *M. pygmaeus* et *N. tenuis* en 2018.

Figure 14 Evolution des populations globales moyennes par plante de *M. pygmaeus* et *N. tenuis* en 2019.

Figure 15 Répartition des populations de *N. tenuis* et *M. pygmaeus* en 2017

Figure 16 Proportion de *M. pygmaeus* observés sur 2 niveaux de la plante en 2018

Figure 17 Proportion de *N. tenuis* observés sur 2 niveaux de la plante en 2018

Figure 18 Proportion de *M. pygmaeus* observés sur 3 niveaux de la plante en 2019

Figure 19 Proportion de *N. tenuis* observés sur 3 niveaux de la plante en 2019

Figure 20 Evolution des populations de larves et d'adultes d'aleurodes et *N. tenuis* au cours des 3 années du projet.

Figure 21 Influence des températures au cœur de la plante sur les populations de *M. pygmaeus* en 2017

Figure 22 Influence des températures en tête de plante sur les populations de *M. pygmaeus* en 2018.

Figure 23 Influence des températures au cœur de la plante sur les populations de *M. pygmaeus* en 2019.

Figure 24 Influence des températures supérieures à 30°C au cœur de plante sur les populations de mirides en 2017

Figure 25 Influence des températures supérieures à 30°C en tête de plante sur les populations de mirides en 2018

Figure 26 Influence des températures supérieures à 30°C au cœur de plante sur les populations de mirides en 2019

Figure 27 Influence des températures supérieures à 30°C en tête de plante sur les populations de mirides en 2019

Figure 28 Relevé des écarts de températures aux normales de saison 1981-2010 en 2019 à Avignon

Figure 29 Impacts de la lutte mécanique sur les populations adultes de *M. pygmaeus* et *N. tenuis*

Figure 30 Impacts des aspirations sur les adultes et larves âgées de *N. tenuis* en 2017 par rapport aux populations de 2018

Figure 31 Impacts des traitements sur les stades de développement de *N. tenuis* (adultes, larves âgées et larves jeunes) en 2017.

Figure 32 Impacts des traitements sur les stades de développement de *N. tenuis* (adultes, larves âgées et larves jeunes) en 2018.

Figure 33 Impacts des traitements sur les stades de développement de *M. pygmaeus* (adultes, larves âgées et larves jeunes) en 2017.

Figure 34 Impacts des traitements sur les stades de développement de *M. pygmaeus* (adultes, larves âgées et larves jeunes) en 2018

Figure 35 Impacts des applications de nématodes entomopathogènes (Capsanem) sur les populations de *N. tenuis* et *M. pygmaeus* dans la serre B en 2019

Figure 36 Evolution des piégeages de *N. tenuis* et des populations dans la serre

Figure 37 Quantité de mirides piégées sur les panneaux de détection

Figure 38 Corrélation entre le nombre de *N. tenuis* piégés et les populations (adultes, larves âgées et larves jeunes) observées en moyenne dans la serre

Figure 39 Corrélation entre le nombre de *M. pygmaeus* piégés et les populations (adultes, larves âgées et larves jeunes) observées en moyenne dans la serre

Figure 40 Impacts de la densité de panneaux englués sur les populations de *N. tenuis*.

Figure 41 Impacts de la densité de panneaux englués sur les populations de *M. pygmaeus*.

Figure 42 Influence de la zone d'observation sur les populations de *N. tenuis* dans le dispositif du piégeage de masse.

Figure 43 Influence de la zone d'observation sur les populations de *M. pygmaeus* dans le dispositif du piégeage de masse.

Figure 44 Quantité de mirides piégées par densité de panneaux englués.

Figure 45 Quantité de mirides piégées récemment par type de panneaux.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 Auxiliaires utilisables contre les ravageurs aériens, tiré de la fiche APREL : Protection de la tomate sous abris

Tableau 2 Liste des espèces végétales où *N. tenuis* a été observé

Tableau 3 Résultats d'études indiquant le temps nécessaire à l'éclosion des œufs de *N. tenuis* (en jour) en fonction des températures.

Tableau 4 Résultats d'études indiquant le temps nécessaire au développement larvaire de *N. tenuis* (en jour) en fonction des températures.

Tableau 5 Correspondance des estimations en classe d'aleurodes

Tableau 6 Récapitulatif des évènements marquants des cultures des trois années du projet.

Tableau 7 Températures moyennes mensuelles à Avignon pendant la période de développement de *Nesidiocoris tenuis*

Tableau 8 Evolution des populations de *N. tenuis* et *M. pygmaeus* 7 jours après application de nématodes entomopathogène (Capsanem).

Tableau 9 Evolution des populations de *N. tenuis* et *M. pygmaeus* 14 jours après application de nématodes entomopathogène (Capsanem).

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Fiche produit Capsanem

Annexe 2 : Script R utilisé pour évaluer le piégeage chromatique de masse

Annexe 3 : Relevé climatique à Avignon pour les années 2017, 2018 et 2019

1. Introduction

1.1. Contexte

L'agriculture est confrontée à de nombreux enjeux alimentaires, sanitaires et environnementaux. Il faut ainsi nourrir une population sans cesse grandissante tout en préservant les ressources environnementales et la santé humaine. Pour répondre aux différents enjeux tels que la gestion de la qualité de l'eau, des sols ou encore de la biodiversité, des plans d'action ont été mis en place par différentes institutions. En France, les deux plans Ecophyto qui se sont succédé visent notamment à réduire de 50 % l'usage des produits phytopharmaceutiques d'ici 2025. Ces mesures incitent les producteurs à se tourner vers des méthodes alternatives aux produits chimiques. De plus, il existe un réel enjeu social concernant les résidus de pesticides. En effet, les consommateurs recherchent des produits plus sains et plus respectueux de l'environnement. En conséquence, les systèmes de commercialisation deviennent de plus en plus exigeants sur l'absence de résidus. De nombreux labels prônant une agriculture plus raisonnée sont développés comme les labels « zéro résidu de pesticides » ou « haute valeur environnementale ». Dans ce contexte, les stratégies de protection des cultures doivent favoriser l'utilisation de méthodes alternatives aux produits phytopharmaceutiques.

La région SUD - Provence-Alpes-Côte d'Azur présente une forte activité agricole et tient la place de leader national pour la production de fruits et légumes. La région se place ainsi comme première productrice française de plusieurs espèces légumières et notamment de tomates (Michelet and Timoteo, 2019). Dans ces cultures, la protection biologique intégrée (PBI) s'est fortement développée au cours des dernières années. Ces stratégies sont généralement basées sur l'utilisation d'insectes auxiliaires et les produits phytosanitaires y sont limités pour préserver les équilibres mis en place dans les agrosystèmes.

Afin de répondre aux différents enjeux, les usages autorisés pour les traitements insecticides ont été fortement réduits et les produits ayant un large spectre d'action ne sont pas compatibles avec la PBI. De ce fait, les populations d'insectes jusqu'ici classés comme ravageurs secondaires sont en augmentation. Parmi eux, les punaises phytophages entraînent de fortes pertes de récolte. Face au manque de solutions, la gestion de ces punaises devient une problématique réelle pour la production légumière. Dans ce contexte, le projet IMPULsE (Intégration de Méthodes innovantes pour la maîtrise des PUnaises en cultures LEgumières) a été monté en 2017 par le Ctifl afin de développer de nouvelles solutions et de proposer des stratégies de protection innovantes, fiables, rentables et pouvant répondre aux objectifs du plan Ecophyto. Ce projet implique 10 partenaires et étudie trois cultures légumières (tomate, aubergine et chou) et les punaises phytophages associées. Ainsi le projet étudie *Nezara* sp., et *Nesidiocoris tenuis* sur tomate, *Nezara* sp. et *Lygus* sp. sur aubergine, et *Eurydema* sp. sur chou.

Située dans les Bouches-du-Rhône, l'Association Provençale de Recherche et Expérimentation Légumière (APREL) travaille sur une diversité d'espèces légumières pour répondre aux enjeux de la filière. Ses principaux axes d'études sont l'innovation variétale, les méthodes alternatives de protection des cultures, la protection biologique intégrée et la réduction des traitements phytosanitaires. Cette station d'expérimentation décentralise ses essais chez les producteurs de la région.

En tant que partenaire du projet IMPULsE, l'APREL étudie les stratégies de gestion de la punaise *Nesidiocoris tenuis* sur tomate. Ce ravageur peut fortement impacter la production de manière directe par son action phytophage et indirecte par les effets des traitements sur la PBI en place. *Nesidiocoris tenuis* peut donc entraîner de fortes pertes économiques pour les producteurs de la région et actuellement, les rares produits homologués contre cette punaise ne sont pas compatibles avec les insectes auxiliaires présents en PBI.

Répartition de la production française en 2017

- + de 100 000 tonnes
- de 50 000 à 100 000 tonnes
- de 25 000 à 50 000 tonnes
- - de 25 000 tonnes

Source : Agreste - élaboration FranceAgriMer

Total France :

4 681 ha / 743 772 t

5 premiers départements producteurs

- Bouches-du-Rhône
- Finistère
- Lot-et-Garonne
- Loire-Atlantique
- Côtes-d'Armor

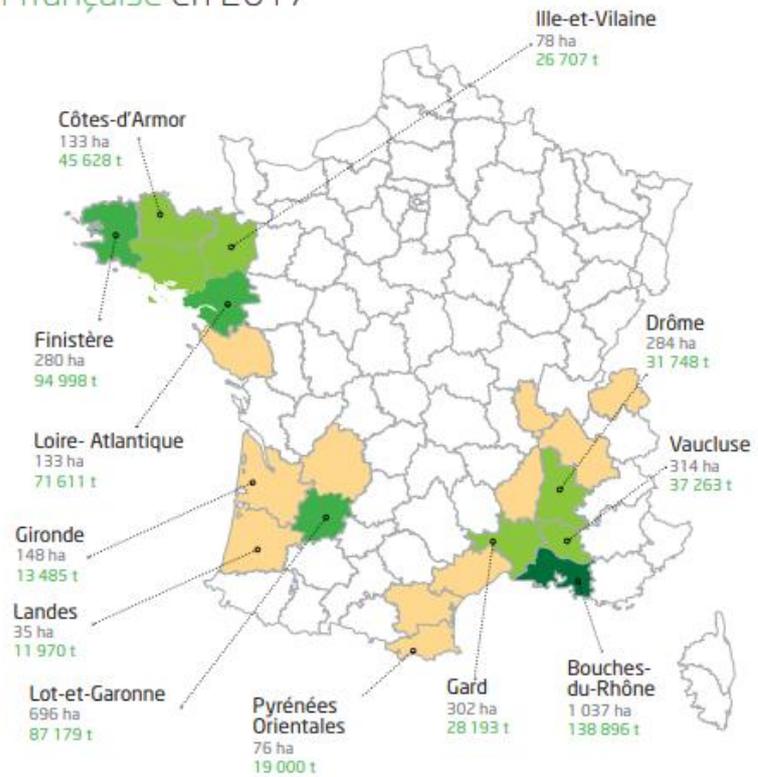


Figure 1 Répartition de la production française de tomate en 2017. Source : Chiffres clés 2017 Fruits & légumes frais et transformés. Édition octobre 2018 © FranceAgriMer 2018

1.2. Synthèse bibliographique

1.2.1. Le marché de la tomate en France

En 2017, la production nationale de tomates s'élevait à 743 722 tonnes soit environ 14 % de la production de légumes frais en France (FranceAgriMer, 2018). La France est ainsi classée septième pays producteur européen de tomate, l'Italie et l'Espagne arrivant en tête avec 5 732 000 et 4 799 000 tonnes produites respectivement (FranceAgriMer, 2018). La tomate étant le légume le plus consommé en France, sa culture possède une réelle importance économique. La production est concentrée dans les régions du Sud-est et de la Bretagne.

La région SUD possède en effet une forte dynamique agricole. Les terres arables couvrent 783 200 ha et un quart de ces surfaces sont dédiées à l'agriculture biologique. Chaque année, plus de 500 000 tonnes de légumes sont produits dans cette région soit environ 9 % de la production française (Chambre d'agriculture PACA). La production de tomates tient une place importante dans l'agriculture de la région et le département des Bouches-du-Rhône en est le premier producteur avec une surface productive de 1037 ha pour un volume de 138 896 tonnes en 2017 (FranceAgriMer, 2018) (figure1).

1.2.2. Les bio-agresseurs de cultures de tomate

En France, les principales maladies rencontrées dans les serres sont la pourriture grise (*Botrytis cinerea*) et l'oïdium (*Pseudoidium neolycopersici* ou *Leveillula taurica*) (van der Velder et al., 2012). La mise en place d'actions préventives, l'utilisation de produits de biocontrôle ainsi qu'une bonne gestion du climat permettent de limiter les impacts de ces maladies fongiques (Terrentroy et al., 2019). De plus, les serres chauffées sont généralement équipées d'outils permettant de maîtriser au mieux la température et l'hygrométrie et ainsi réduire la propagation des pathogènes sur la culture.

Les cultures sont également confrontées à des virus tels que la mosaïque du tabac (TMV), le Tomato chlorosis cinivirus (ToCV) ou le Tomato Spotted Wilt Virus (TSWV). Certains virus sont particulièrement virulents et classés organismes de quarantaine comme le Tomato Yellow Leaf Curl Virus (TYLCV). Depuis peu, le Tomato Brown Rugose Fruit Virus (ToBRFV) représente également une menace. Il a été repéré pour la première fois en 2015 en Jordanie et il est aujourd'hui présent dans les pays limitrophes de la France (A. D 2019). Il n'existe pas de stratégie de lutte curative contre les virus. Les mesures préventives telles que l'utilisation de variétés résistantes ou encore la gestion des insectes vecteurs permettent de limiter les risques de contamination (Terrentroy et al., 2019).

Les principaux ravageurs présents dans les serres sont : les aleurodes (essentiellement *Trialeurodes vaporariorum* et plus rarement *Bemisia tabaci*), les acariens tétranyques (*Tetranychus spp*), les chenilles phytophages (*Tuta absoluta*), les acariens responsables de l'acariose bronzée (*Aculops lycopersici*) et les thrips (van der Velder et al., 2012).

La plupart des ravageurs en culture de tomates peuvent être contrôlés à l'aide d'ennemis naturels (Pérez-Hedo and Urbaneja, 2016). C'est pourquoi, l'introduction d'insecte auxiliaire, qui compose une des stratégies de base de la protection biologique intégrée (PBI), s'est largement rependue dans ces cultures. Ainsi en 2007, les auxiliaires étaient déjà introduits dans 70% des surfaces de production de tomates en France, et 90% des serres verres chauffées (Trottin-Caudal, 2011).

1.2.3. Les stratégies de protection biologique intégrée (PBI)

Utilisée depuis le début des années 70, la protection biologique intégrée (PBI) s'est très largement rependue dans les stratégies de gestion des cultures légumières dans le bassin méditerranéen et notamment dans les productions de tomate (Pérez-Hedo and Urbaneja, 2016).

Tableau 1 Auxiliaires utilisables contre les ravageurs aériens, tiré de la fiche APREL : Protection de la tomate sous abris (Terrentroy et al., 2019)

RAVAGEURS	AUXILIAIRES
Aleurodes <i>Trialeurodes vaporariorum</i> <i>Bemisia tabaci</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Macrolophus pygmaeus</i> (Pr) • <i>Encarsia formosa</i>, <i>Eretmocerus eremicus</i> (Pa)
Tuta absoluta	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Macrolophus pygmaeus</i> (Pr) • <i>Trichogramma achaeae</i> (Pa)
Autres chenilles	Mêmes auxiliaires que <i>Tuta</i>
Acariens <i>Tetranychus urticae</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Action secondaire de <i>Macrolophus pygmaeus</i> (Pr) sur petits foyers. • <i>Phytoseiulus persimilis</i> (Pr) peut être utilisé mais peut avoir des difficultés à s'installer (pilosité de la variété, climat de l'abri...).
Acariose bronzée <i>Aculops lycopersici</i>	Essais en cours avec des acariens prédateurs
Punaises : <i>Nesidiocoris tenuis</i>	<p><i>Macrolophus pygmaeus</i> (Pr) peut retarder les dégâts s'il est bien installé à l'arrivée de <i>Nesidiocoris</i>.</p> <p>Essais en cours avec nématodes entomopathogènes <i>Steinernema carpocapsae</i> (Pa)</p>
<i>Nezara viridula</i>	Pas d'auxiliaire disponible. Essai parasitoïdes en cours
Mouches mineuses <i>Liriomyza</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Diglyphus isaea</i>, <i>Dacnusa sibirica</i> (Pa)
Thrips	<ul style="list-style-type: none"> • Action secondaire de <i>Macrolophus pygmaeus</i> et autres mirides (Pr)
Pucerons	<ul style="list-style-type: none"> - Pa : <i>Aphelinus abdominalis</i>, <i>Aphidius ervi</i>, <i>Praon</i>, <i>Aphidius colemani</i>, <i>Aphidius matricariae</i> - Pour choisir le parasitoïde adapté, identifier l'espèce de puceron en cause - Pr : <i>Aphidoletes aphidimyza</i>, <i>Macrolophus pygmaeus</i> (action secondaire sur petits foyers)



Figure 2 : *Nesidiocoris tenuis* adulte, de Boisvilliers 2019

Par définition, la PBI est basée sur un ensemble de méthodes combinant des moyens biologiques, physiques, chimiques, et culturels pour assurer une protection contre les ravageurs, maladies et adventices des cultures. L'utilisation des produits phytopharmaceutiques est fortement limitée. Ils ne sont employés que si les populations représentent un risque de pertes économiques trop important (Trottin-Caudal, 2011).

Les premiers programmes de PBI utilisant des insectes auxiliaires ont débutés en culture de tomate par l'introduction d'*Encarsia formosa* et de *Phytoseiulus persimilis* pour contrôler les populations d'aleurodes et d'acariens tétranyques. Les programmes se sont ensuite élargis avec l'introduction de parasitoïdes des pucerons et de la punaise prédatrice *Macrolophus pygmaeus*. La présence d'insectes pollinisateurs dans les serres a favorisé le développement de ces méthodes de protection. En effet, les producteurs ont réduit l'utilisation de produits phytopharmaceutiques à large spectre au profit de produits moins agressifs et compatibles avec la présence de ces pollinisateurs (van Lenteren, 2007).

Dans les cultures de tomates, les stratégies de PBI actuelles sont basées sur l'introduction de *Macrolophus pygmaeus* dès la plantation pour lutter contre les aleurodes. En complément, des lâchers de parasitoïdes comme *Encarsia formosa* et *Eretmocerus eremicus* sont réalisés. Le parasitoïde *Trichogramma achaeae* est également introduit dans les cultures pour contrôler les populations de *Tuta absoluta* (Terrentroy et al., 2019). D'autres insectes auxiliaires sont commercialisés et utilisés en fonction des ravageurs rencontrés pendant la saison (tableau 1).

Cependant, une nouvelle problématique vient déséquilibrer la PBI depuis quelques années dans le Sud de la France. En effet, les conditions climatiques sont propices au développement de la punaise prédatrice et phytophage *Nesidiocoris tenuis*. Celle-ci colonise naturellement les cultures et se multiplie rapidement en cas de forte chaleur. Son action phytophage provoque des dommages importants sur les cultures et pénalise la production. Les producteurs manquent de solutions pour gérer ce ravageur et les traitements homologués impactent fortement les auxiliaires introduits dans les cultures. L'importance des dommages causés aux cultures et l'impact des traitements sur les équilibres en place font de cette punaise une problématique réelle pour les producteurs de la région.

1.2.4. Le ravageur *Nesidiocoris tenuis*

Originnaire des zones méditerranéennes, *Nesidiocoris tenuis* est une punaise prédatrice appartenant à l'ordre des hémiptères et à la famille des miridées. *N. tenuis* a été observée pour la première fois en France en 1986 dans la basse vallée du Rhône (Malausa and Ehanno, 1988).

Comme de nombreuses espèces de la famille des miridées, *N. tenuis* possède un régime omnivore : elle est à la fois prédatrice et phytophage. Ce comportement phytophage peut être accentué sous certaines conditions et offre un statut très controversé à cet insecte (Malausa, 1989; Arnó et al., 2010). Ainsi, *N. tenuis* est présenté comme un ravageur de plusieurs cultures notamment sur sésame (*Sesum indicum*) en Inde et au Japon et sur tomate en France (Trottin-Caudal et al., 2006; Biondi et al., 2016; Varshney et al., 2017). Cependant en Sicile et en Espagne, *N. tenuis* est introduit dans les cultures de tomates en tant qu'auxiliaire pour sa forte activité prédatrice (Castañé et al., 2011). Malgré ce statut délicat, *N. tenuis* a toujours été considéré comme un ravageur dans les cultures du sud de la France (Trottin-Caudal et al., 2006).

a. Caractéristiques morphologiques

L'adulte de *N. tenuis* mesure entre 3 et 4 mm. Le corps est de coloration vert brun avec des taches foncées sur le dernier tiers des ailes (figure 2). Des anneaux noirs caractéristiques sont présents sur les antennes. La tête présente un collet noir et les yeux sont marron foncé. L'appareil buccal est composé d'un stylet fin permettant la pénétration dans les tissus des végétaux et dans les proies pour en aspirer le contenu (Malausa, 1989). La différence entre

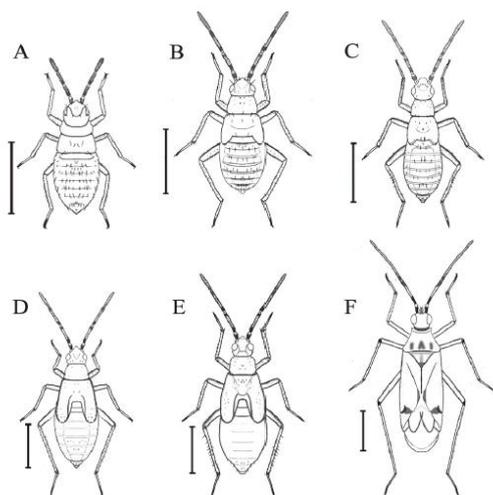


Figure 3 Schématisation des stades larvaires et adulte de *N. tenuis*. A : premier stade(L1) ; B : deuxième stade (L2) ; C : troisième stade (L3) ; D : quatrième stade (L4) ; E : cinquième stade (L5) ; F : adulte. Barre d'échelle : 1 mm (Kim et al 2016)

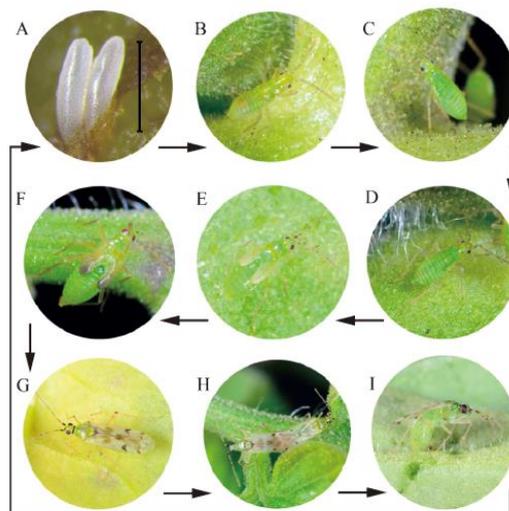


Figure 4 Cycle de vie de *N. tenuis*. A: œuf (échelle: 0.5 mm); B: premier stade larvaire; C: second stade; D: troisième stade; E: quatrième stade; F: cinquième stade; G: adulte; H: accouplement; I: oviposition d'une femelle (Kim et al, 2016)

Tableau 2 Liste des espèces végétales où *N. tenuis* a été observé (Pérez-Hedo and Urbaneja, 2016)

Family	Species	Common name
Solanaceae	<i>Solanum lycopersicum</i> L.	Tomato
	<i>Capsicum annuum</i> L.	Pepper
	<i>Nicotiana tabacum</i> L.	Tobacco
	<i>Solanum melongena</i> L.	Eggplant
	<i>Solanum tuberosum</i> L.	Potato
	<i>Solanum nigrum</i> L.	Black nightshade
Cucurbitaceae	<i>Cucurbita pepo</i> L.	Zucchini
	<i>Cucumis melo</i> L.	Melon
	<i>Lagenaria siceraria</i> (Molina) Standl.	Calabash
Asteraceae	<i>Gerbera</i> spp.	Gerbera
	<i>Dittrichia viscosa</i> (L.)	False Yellowhead
Pedaliaceae	<i>Sesamum indicum</i> L.	Sesame

Tableau 3 Résultats d'études indiquant le temps nécessaire à l'éclosion des œufs de *N. tenuis* (en jour) en fonction des températures.

* Mesure réalisée à 15,5 °C

S2009 : Sanchez et al., 200 ; H2009 : Hughes et al., 2009 ; G2017 : Gavkare and Sharma, 2017 ; P&L2002 : Perdakis and Lykouressis, 2002

	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C	Reference
<i>N. tenuis</i>	30.8	17	8.9	7.5	6.3	S2009
<i>N. tenuis</i>	28.3 *	16.9	9.4	6.3	5.9	H2009
<i>N. tenuis</i>	25.32	18.71	8.64	7.73	7.21	G2017
<i>M. pygmaeus</i>	20.81	14.95	11.08	10.10	-	P&L2002

Tableau 4 Résultats d'études indiquant le temps nécessaire au développement larvaire de *N. tenuis* (en jour) en fonction des températures.

n.d : absence de développement car mortalité

S2009 : Sanchez et al., 200 ; G2017 : Gavkare and Sharma, 2017 ; P&L2002 : Perdakis and Lykouressis, 2002

	15	20	25	30	35	40	Référence
<i>N.tenuis</i> (+ephestia)	55.9	21.2	12.9	9.7	8.6	n.d	S2009
<i>N.tenuis</i> (+aleurode)	52.06	18.14	12.03	11.04	9.08	-	G2017
<i>M.pygmaeus</i>	52.78	21.11	17.05	13.68	n.d	-	P&L2002

mâle et femelle est visible au niveau de l'abdomen : celui des mâles est plus fin que celui des femelles. Les femelles pondent leurs œufs à l'intérieur des tissus des végétaux et seul un opercule dépasse légèrement. Cette caractéristique rend les œufs difficilement visibles et peu accessibles.

N. tenuis est une espèce hétérométabole, c'est-à-dire qu'elle possède une métamorphose incomplète sans stade nymphale. Les larves ressemblent donc aux adultes mais ne présentent pas d'aile. Le développement comprend cinq stades larvaires entre l'œuf et l'adulte (Malausa, 1989; Kim et al.) (figure 3 et 4). Après éclosion, les larves mesurent environ 1 mm et sont de couleur blanche avec des yeux rouges, leur couleur passe ensuite au jaune. La larve devient verte pour les stades suivants. Des ébauches d'ailes sont visibles sur les deux derniers stades larvaires (Pérez-Hedo and Urbaneja, 2016; Kim et al.) (figure 4).

Plusieurs espèces végétales servent de plantes hôtes à *Nesidiocoris tenuis*, il a ainsi été reportée sur de plusieurs espèces légumières de la famille des solanacées (tomate, poivron, aubergine...), des cucurbitacées mais aussi sur des espèces d'astéracées et de pedaliacées (tableau 2). Des études suggèrent une certaine préférence pour les plantes collantes avec des trichomes glandulaire produisant des exsudats adhésifs et visqueux (Pérez-Hedo and Urbaneja, 2016).

b. Cycle de vie

Le cycle de vie de *Nesidiocoris tenuis* est influencé par le climat ambiant et par son régime alimentaire. Les températures et les proies disponibles dans la serre influencent sa vitesse de développement. Le temps d'éclosion des œufs peut ainsi passer de 30,8 jours à 15°C à 6,3 jours à 35°C. De la même manière, la durée de développement des stades larvaires passe de 55,9 jours à 15° à seulement 8.6 jours à 35°C. Le temps de développement complet peut donc passer de 87 jours à 15°C à 17 jours à 30°C (Sanchez et al., 2009). Plusieurs études réalisées ont montré des résultats similaires (tableau 3 et 4) (Gavkare and Sharma, 2017). D'une manière générale à 25°C, le développement larvaire est d'environ 13 jours (Urbaneja et al., 2005; Sanchez et al., 2009; Mollá et al., 2014). Les différences entre les études peuvent être liées aux zones géographiques des populations ainsi qu'à l'alimentation (Gavkare and Sharma, 2017). En revanche, il n'y a pas de différences de vitesse de développement entre les individus mâles et femelles.

Le seuil de température minimal pour la survie de l'insecte varie en fonction de son stade de développement. Les jeunes stades sont ainsi plus sensibles aux températures basses. Gavkare et al 2017 indiquent un seuil de 6,6°C pour le quatrième stade larvaire et un seuil de 12,1°C pour le premier stade larvaire.

L'alimentation impacte fortement le cycle de vie de l'insecte. Ces prédateurs généralistes ont un développement plus rapide et une fécondité accrue lorsque leur régime alimentaire est diversifié (Mollá et al., 2014). Contrairement à d'autres espèces de mirides qui peuvent survivre en l'absence de proies, *Nesidiocoris tenuis* a besoin d'en consommer pour compléter son cycle de développement (Urbaneja et al., 2005; Varshney et al., 2017).

c. Action phytophage

Nesidiocoris tenuis est un prédateur zoophytophage, il se nourrit à la fois de proies et de plantes durant le même stade de développement (Malausa, 1989; Castañé et al., 2011). Son activité phytophage peut être accentuée en fonction des conditions environnementales. Plusieurs études ont ainsi prouvé qu'en l'absence de proies sur culture de tomate, les dégâts de *N. tenuis* sont plus importants (Arnó et al., 2006; Sanchez, 2008; Calvo et al., 2009; Arnó et al., 2010; Castañé et al., 2011; Varshney et al., 2017).

Lors de l'alimentation dans les tissus végétaux, l'insertion répétée du stylet entraîne une hypertrophie et hyperplasie des cellules qui brunissent et se nécrosent petit à petit. Ces dégradations sont le résultat d'un procédé chimique : les cellules affectées sont détruites par une enzyme présente dans la salive de l'insecte (Castañé et al., 2011). Ces modifications



Figure 5 Anneaux nécrotiques suite à des piqûres de *Nesidiocoris tenuis* en tête de plante, de Boisvilliers 2019



Figure 6 *Macrolophus pygmaeus* adulte, Anthony Ginez 2018



Figure 7 *Nesidiocoris tenuis* adulte, de Boisvilliers 2019

provoquent la formation d'un anneau nécrotique caractéristique des piqûres de *N. tenuis* (Raman and Sanjayan, 1984) (figure 5).

Les piqûres sont localisées dans la partie haute de la plante, essentiellement sur les jeunes pousses et les pétioles. Quelques anneaux nécrotiques peuvent être observés sur la tige mais leur nombre reste faible. Les piqûres successives peuvent provoquer un flétrissement des tiges et pétioles voir une abscision florale lorsqu'elles sont concentrées au niveau des boutons floraux (Raman and Sanjayan, 1984; Arnó et al., 2006; Calvo et al., 2012). *Nesidiocoris tenuis* peut également provoquer des dégâts sur les fruits. Des ponctuations et un halo vert peuvent apparaître sur les fruits piqués mais ces dégâts sont jugés peu importants (Arnó et al., 2010).

En cas d'infestation prolongée, *N. tenuis* peut entraîner un retard de croissance et affecter le rendement. Ces retards peuvent être exprimés par une réduction de la hauteur et du nombre de feuilles ou par une surface foliaire plus faible. Les piqûres impactent également le nombre et le poids des fruits ainsi que le nombre de grappes récoltés (Arnó et al., 2010). En revanche, la sévérité des dégâts est affectée par le temps d'exposition et la densité de *Nesidiocoris* présents. Lorsque les infestations sont de courte durée, les retards de croissance et les abscisions florales ne sont pas observés (Arnó et al., 2006; Sanchez, 2008; Perdakis et al., 2009; Arnó et al., 2010).

Les conditions environnementales influencent également l'action phytophage du ravageur. Ainsi, lorsque que la quantité de proies disponibles est faible, le nombre de piqûres et d'anneaux nécrotiques augmente (Arnó et al., 2006; Sanchez, 2008; Calvo et al., 2012). De même, plus d'anneaux sont observés lorsque les températures sont comprises entre 20 et 30°C (Arnó et al., 2006; Sanchez, 2008; Arnó et al., 2010). Plusieurs études ont également mis en évidence une différence d'activité phytophage en fonction des stades de développement de l'insecte. En effet, les stades larvaires induisent plus de dégâts que les adultes (Arnó et al., 2006; Perdakis et al., 2009; Calvo et al., 2012).

D'une manière générale, l'impact économique des dégâts sur une culture est lié à un ensemble de facteurs et à leurs interactions. Ainsi la morphologie, la physiologie, les traits de comportement du ravageur, la plante, le type de culture et l'environnement peuvent influencer la sévérité des dommages (Castañé et al., 2011).

1.2.5. Une espèce très proche : *Macrolophus pygmaeus*

La problématique induite par *Nesidiocoris tenuis* est accentuée par sa ressemblance avec *Macrolophus pygmaeus*, une autre punaise de la famille des miridés utilisée dans les stratégies de PBI en tomates sous abris. Ces deux espèces ont une biologie et une morphologie très proche. Du fait de cette proximité physiologique, les moyens de protection utilisés contre *N. tenuis* affectent également *M. pygmaeus*.

Les deux espèces se distinguent principalement par leur pigmentation (figure 6 et 7). En effet, contrairement à *N. tenuis*, *M. pygmaeus* ne possède pas de tâches foncées sur les ailes ni de collet noirâtre (Malausa, 1989). Les antennes de *M. pygmaeus* sont également entièrement jaunâtres sauf au niveau du premier article.

En France, *Macrolophus pygmaeus* est un pilier de la PBI en tomate. Il est introduit très tôt dans les cultures pour assurer un bon développement des populations et une protection efficace contre les aleurodes. Son installation est assez lente et il faut attendre 3 à 4 mois pour bien observer les populations dans la serre (Terrentroy et al., 2019).

a. Morphologie et cycle de vie

L'adulte *Macrolophus pygmaeus* mesure entre 3 et 3.6 mm et est de coloration vert clair. De la même façon que *Nesidiocoris tenuis*, *M. pygmaeus* se développe au travers de cinq stades larvaires. Ses larves se distinguent de celles de *N. tenuis* par la couleur claire de leurs antennes et l'absence de marques foncées (Malausa, 1989). Les deux espèces

possèdent une morphologie très proche et un régime alimentaire identique, elles ont toutefois des optimums de température de développement différents.

L'auxiliaire *M. pygmaeus* se développe plus rapidement que le ravageur *N. tenuis* lorsque les températures sont inférieures à 25°C et inversement lorsque les températures dépassent 25°C. Cette différence est nettement marquée pour le temps d'éclosion des œufs. En effet, les œufs de *M. pygmaeus* peuvent éclore jusqu'à 10 jours avant ceux de *N. tenuis* à 15°C (tableau 3). En revanche, pour le développement larvaire cette différence est moins importante (tableau 4). Ces études ont également mis en évidence une sensibilité des larves à la chaleur variable entre les espèces. Ainsi, Perdikis et Lykouressis ont observé une mortalité larvaire chez *M. pygmaeus* à partir de 35°C alors que Sanchez et al observe cette mortalité à partir de 40°C chez *N. tenuis* (tableau 4) (Perdikis and Lykouressis, 2002; Sanchez et al., 2009). De plus, des études ont mis en évidence que *N. tenuis* supportait mieux les températures élevées que *M. pygmaeus*, il est notamment identifié comme l'espèce la plus thermophile des mirides de la méditerranée (Sanchez et al., 2009; Martínez-García et al., 2016). Ainsi des études ont montré que l'ensemble des stades larvaires de *N. tenuis* ont besoin d'environ 182 degrés-jours (DJ) pour atteindre l'âge adulte contre 253 DJ pour *M. pygmaeus*. Le seuil thermique pour *N. tenuis* est de 11,7°C alors qu'il est de 9,2°C pour *M. pygmaeus* (Perdikis and Lykouressis, 2002; Sanchez et al., 2009).

b. Interaction entre les deux espèces

Certaines espèces utilisées en PBI peuvent montrer un phénomène de prédation intra guilde. Ce phénomène arrive lorsque deux espèces partagent le même hôte ou les mêmes proies. Elles peuvent alors entrer en compétition vis-à-vis des proies disponibles ou présenter une interaction trophique (proie/prédateur) (Moreno-Ripoll et al., 2012).

Dans le cas de l'auxiliaire *M. pygmaeus* et du ravageur *N. tenuis* certains auteurs n'ont pas observé de prédation intraguilde directe mais en revanche une diminution de l'efficacité de lutte contre les aleurodes *Bemisia tabaci* lorsque les deux espèces cohabitent est constatée (Moreno-Ripoll et al., 2012). Une autre étude en laboratoire indique une possibilité de prédation. En effet, en l'absence de proies les femelles *N. tenuis* peuvent attaquer les jeunes larves de *M. pygmaeus*, particulièrement les stades L2 et L3. En revanche aucune prédation de *M. pygmaeus* sur *N. tenuis* n'a été observé (Perdikis et al., 2014).

La répartition spatiale des mirides sur les plantes est différente entre les deux espèces. En effet, plusieurs études ont constaté que la majorité des populations de *N. tenuis* était située dans les parties supérieures des plantes, contrairement à *M. pygmaeus* préférant les parties centrales (Arnó et al., 2010; Perdikis et al., 2014). Ainsi, Arnó et al indiquent que 88.5% des populations de *N. tenuis* sont présents dans le tier supérieur de la plante. D'autres études ont évalué l'interaction entre les deux espèces au niveau de leur répartition. Lorsqu'elle cohabitent, les populations des mirides ne semblent pas influencées et ne modifient pas leur situation sur la plante (Moreno-Ripoll et al., 2012; Perdikis et al., 2014). En revanche, en présence des deux individus, il a été constaté que plus de *N. tenuis* sont retrouvés dans les feuilles basses et inversement pour *M. pygmaeus* dans les feuilles hautes (Perdikis et al., 2014).

1.2.6. Les moyens de lutte contre *Nesidiocoris tenuis*

Les producteurs disposent de peu de solutions pour lutter contre *Nesidiocoris tenuis*. Les produits phytosanitaires homologués contre ce ravageur possèdent un large spectre d'action et ne sont donc pas compatibles avec la PBI car non sélectifs. De plus, ces traitements montrent une forte rémanence et peuvent rester toxique pour les auxiliaires jusqu'à 8 à 12 semaines après application (Terrentroy et al., 2019). Cependant, un autre produit non sélectif mais ayant une rémanence plus faible a montré un effet intéressant sur *Nesidiocoris tenuis*. Ce traitement à base de Benzoate d'émamectine est initialement homologué contre chenille phytophage et montre une rémanence d'environ une semaine après application. En revanche, la problématique majeure de ces applications reste l'impact sur les populations des auxiliaires

et notamment sur *Macrolophus pygmaeus*. En effet, les traitements utilisés contre *N. tenuis* affectent également *M. pygmaeus* en raison de leur proximité biologique. Afin de limiter cet impact, les moyens de lutte mis en place sont concentrés sur la partie supérieure des plantes où les populations de *N. tenuis* se situent.

En raison du manque de solution chimique, les producteurs utilisent essentiellement des moyens de lutte mécanique. Ainsi plusieurs méthodes ont été développées. Lors des opérations de taille, les bourgeons axillaires sont coupés et enfermés dans des sacs afin d'éliminer les larves présentes dans les apex. Une autre méthode consiste à secouer les plantes devant des bandes collantes pour piéger les adultes. Des méthodes d'aspiration ont également été développées, l'apex des plants est inséré dans l'embout d'un aspirateur pour retirer les adultes et les larves. Ces méthodes de luttent demandent une main d'œuvre importante et sont donc très coûteuses. En effet, la pratique des aspirations nécessite environ 25 heures par hectare (communication personnelle – producteur de l'exploitation).

Pour lutter contre différents ravageurs, la société Koppert propose une solution composée de nématodes entomopathogènes (*Steinernema carpocapsae*) dont le nom commercial est Capsanem. Ce nématode est efficace contre des larves d'insectes de plusieurs ordres et a montré une efficacité contre les larves de *Nesidiocoris tenuis*. Le produit Capsanem est déjà utilisé pour gérer d'autres ravageurs tels que les noctuelles terricoles mais il est testé contre *Nesidiocoris tenuis* depuis janvier 2018. Il y a donc actuellement peu de références techniques sur son efficacité contre ce ravageur. Toutefois, Koppert annonce une visibilité de l'efficacité sous 5 jours et une mortalité des larves de *N. tenuis* 48 heures après infestation (annexe 1). L'application de ce macro-organisme possède un réel intérêt pour les producteurs car il représente une alternative aux traitements chimiques. En revanche, ces nématodes ne sont pas sélectifs et peuvent affecter les populations de *Macrolophus pygmaeus* utilisé dans les stratégies de PBI.

Les moyens de lutte actuels peuvent donc présenter un risque pour les stratégies de PBI installées et les méthodes mécaniques ayant un impact plus faible sur les auxiliaires restent très coûteuses. Les producteurs sont donc confrontés à un manque de solutions et des méthodes alternatives sont étudiées. Parmi celles-ci, les pièges chromatiques ou panneaux englués sont connus pour diminuer les populations de différents ravageurs tels que les aleurodes, les thrips ou encore les mouches mineuses (Yabas et al., 2000; Durairaj et al., 2007; Lu et al., 2012; Perdikis et al., 2017). Ce moyen de piégeage pourrait présenter un complément aux stratégies actuellement mise en place.

1.3. Enjeux et objectifs de l'étude

Dans le cadre du projet IMPULsE, trois partenaires travaillent sur la problématique liée au *Nesidiocoris tenuis* dans les cultures de tomate. Ainsi, au cours des trois années du projet, l'APREL, la Chambre d'Agriculture des Bouches-du-Rhône (CA13) et la Chambre d'Agriculture du Lot et Garonne (CA47) ont réalisés des suivis et mis en place des expérimentations chez des producteurs. Les objectifs de ces actions étaient de mieux comprendre la biologie de *Nesidiocoris tenuis* dans le sud de la France et d'évaluer l'efficacité des méthodes de luttent à disposition des producteurs.

L'APREL travaille avec un producteur de tomate hors-sol situé dans les Bouches-du-Rhône pour évaluer les méthodes de protection employées par celui-ci. Les observations réalisées visent aussi à comprendre la dynamique des populations de *Nesidiocoris tenuis* mais aussi à évaluer l'impact des méthodes de lutte sur les stratégies de PBI en place. Ainsi, les suivis de populations concernent également l'auxiliaire principalement utilisé en PBI : *Macrolophus pygmaeus* ; et le ravageur qu'il permet de contrôler : l'aleurode (*T. vaporariorum* et *B. tabaci*).

La première année du projet visait à évaluer les méthodes de protection mises en place par le producteur. Une stratégie associant en particulier le retrait des bourgeons, les aspirations, le secouage des plants et des interventions chimiques a été étudiée. Le suivi des

populations a notamment permis de caractériser l'efficacité du produit Affirm contenant du Benzoate d'émamectine. Les premiers résultats obtenus ont permis d'identifier que cette combinaison de méthodes permettait de ralentir la propagation de *Nesidiocoris tenuis* sans pour autant empêcher l'augmentation des populations (Ginez and Brun, 2017). De plus, les populations de *Macrolophus pygmaeus* semblent fortement impactées par les traitements chimiques même si l'application est localisée sur la partie supérieure des plantes. En complément de cette évaluation, des observations ont été réalisées sur des panneaux englués de plusieurs couleurs (rouge, jaune et bleu) installés dans la serre. Ces panneaux ont montré une capacité de piégeage de *Nesidiocoris tenuis* intéressante et un dispositif expérimental a été mis en place l'année suivante.

Pendant la seconde année, l'efficacité de la solution à base de nématodes (Capsanem) proposée par Koppert a été étudiée. Les observations réalisées ont montré une action variable et un impact parfois important sur l'auxiliaire *Macrolophus pygmaeus* (Ginez and Gonzalez, 2018). Une expérimentation sur les panneaux englués a également été mise en place. Le dispositif comportait trois panneaux à glu humide (bleu, jaune et blanc) et un panneau à glu sèche (jaune). Le panneau jaune à glu sèche a montré un bon potentiel de piégeage de *Nesidiocoris tenuis*. En revanche, durant l'expérimentation ces panneaux à glu sèche ont également piégé un nombre important de *M. pygmaeus*. Ces panneaux ou « pièges chromatiques » pourraient présenter un intérêt pour limiter les populations de *Nesidiocoris tenuis* en étant utilisés à grande échelle. Cependant, ils pourraient également affecter les populations d'auxiliaires *M. pygmaeus*. Cet axe d'étude a donc été approfondi en année trois.

Ce mémoire s'inscrit dans la troisième et dernière année du projet. Les objectifs sont de poursuivre l'évaluation des méthodes de lutte mises en place par le producteur et d'améliorer celles-ci en apportant un moyen de protection supplémentaire grâce au piégeage chromatique repéré en année deux. L'utilisation des panneaux englués pourrait ainsi constituer un moyen rapide pour contrôler la présence et le taux d'infestation de *Nesidiocoris tenuis*. Ces panneaux déployés à forte densité serviraient également à limiter les populations de *N. tenuis* et les dégâts sur les cultures.

Cette dernière année du projet vise également à approfondir les connaissances de la biologie du ravageur *Nesidiocoris tenuis* et de l'auxiliaire *Macrolophus pygmaeus* par des observations détaillées de leur répartition sur la plante.

Pour finir, l'étude vise à synthétiser les données des années précédentes dans l'objectif d'approfondir les connaissances sur la dynamique des deux mirides dans le sud de la France et de proposer un protocole de gestion du *Nesidiocoris tenuis* aux producteurs.

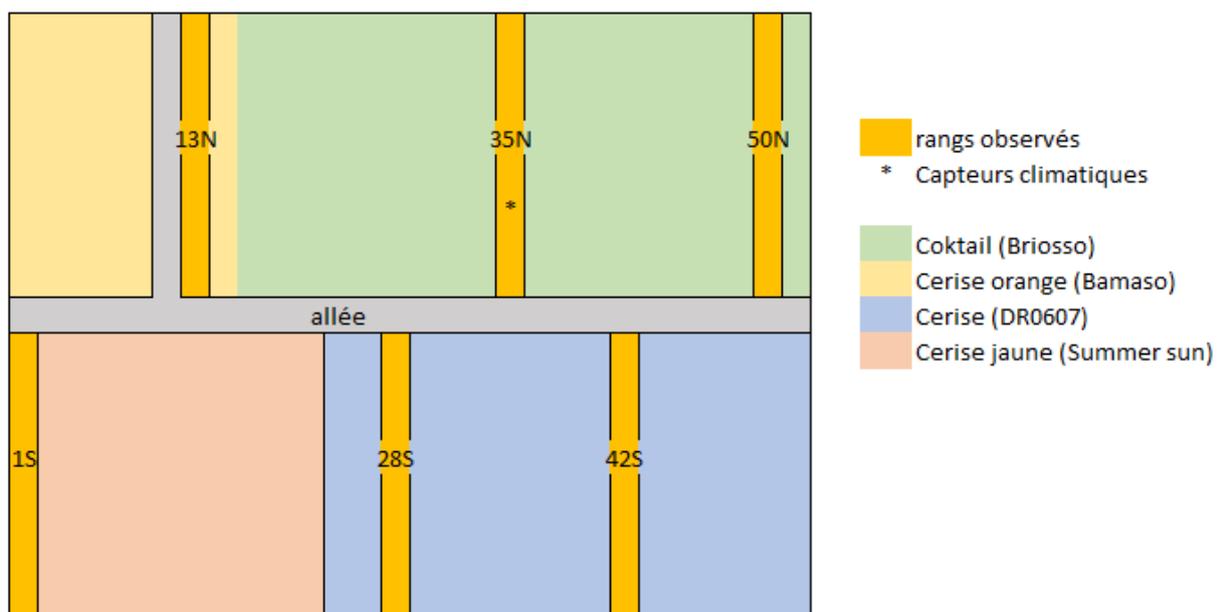


Figure 8 Plan de la serre A, emplacement des rangs d'observations et variétés cultivées

2. Matériel et méthode

Les différents suivis et expérimentations du projet ont été réalisés chez un producteur des Bouches-du-Rhône situé à Châteaurenard. Les suivis des populations de *Nesidiocoris tenuis*, *Macrolophus pygmaeus* et aleurodes ont été réalisés dans une serre verre d'une superficie d'un hectare. La serre comporte 54 chapelles avec une hauteur sous chéneau de 6 mètres et 4 variétés de tomates différentes y sont plantées. La serre comprend donc des tomates de typologie cerise (DR0607), cerise jaune (Summer sun), cerise orange (Bamano) et cocktail (Brioso). Cette serre (nommée Serre A par la suite) constitue le support des observations réalisées pour l'évaluation de la stratégie de protection actuelle du producteur (cf paragraphe 2.1) et pour l'étude du piégeage chromatique comme outil d'aide à la décision (cf paragraphe 2.2).

En raison de l'absence de l'installation du ravageur dans la serre A, suivie pour étudier les dynamiques de populations, l'évaluation du piégeage de masse a été réalisé dans une autre serre de l'exploitation (serre B). La serre présente une hauteur sous chéneau de 3,8 mètres. La variété en culture est Avalantino et est de typologie grappe.

Chaque année, la plantation est effectuée pendant le mois de novembre. En janvier, l'auxiliaire *Macrolophus pygmaeus* est introduit dans la serre à une dose de 4 individus par mètre carré.

2.1. Evaluation d'une stratégie de protection des plantes

Les méthodes de gestion de *Nesidiocoris tenuis* appliquées par le producteur sont évaluées dans la serre A par un suivi régulier des populations d'auxiliaires et ravageurs, des dégâts, et des traitements réalisés par le producteur.

2.1.1. Suivi des populations de punaises

La dynamique globale de populations de *Macrolophus pygmaeus* et du ravageur *Nesidiocoris tenuis* a été observée pendant les trois années du projet. En 2017, les observations ont été réalisées entre le 02 mai et le 29 septembre. En 2018, les populations ont été suivies entre le 25 janvier et le 14 septembre. En 2019, les observations ont débuté le 11 janvier et les dernières données analysées ont été récoltées le 29 juillet.

A partir du mois de janvier, des observations sont réalisées toutes les deux semaines. Lors de ces observations, les populations de *Macrolophus pygmaeus*, *Nesidiocoris tenuis* et aleurodes (*Trialeurodes vaporariorum* et *Bemisia tabaci*) sont dénombrées sur un total de 12 plantes réparties dans l'ensemble de la serre. Deux plantes sont sélectionnées aléatoirement (à chaque observation) dans 6 rangées définies (figure 8). Les suivis sont ensuite réalisés de façon hebdomadaire lorsque les premiers *Nesidiocoris tenuis* sont observés.

Les observations sur les plantes sont séparées en trois niveaux afin d'étudier la répartition du ravageur *N. tenuis* et de l'auxiliaires *M. pygmaeus* sur la plante. On distingue ainsi :

- la partie supérieure (feuilles 0 à 8)
- la partie centrale (feuilles 9 à 15)
- la partie basse (en dessous de la 16^e feuille)

Lors des observations, les différents stades physiologiques des insectes sont distingués. Pour les mirides *M. pygmaeus* et *N. tenuis*, trois catégories sont utilisées :

- larves jeunes : premiers stades larvaires, de L1 à L3
- larves âgées : larves dont les ébauches d'ailes sont visibles, stades L4 et L5
- adultes

Lors de la première année d'étude (2017), les larves jeunes n'étaient pas différenciées entre les deux espèces. La distinction a ensuite été faite pour les deux années suivantes.

Tableau 5 Correspondance des estimations en classe d'aleurodes

Individus observés sur la plante	
Classe 1	1 à 3 aleurode(s)
Classe 2	4 à 10 aleurodes
Classe 3	11 à 30 aleurodes
Classe 4	31 à 100 aleurodes
Classe 5	Plus de 100 aleurodes

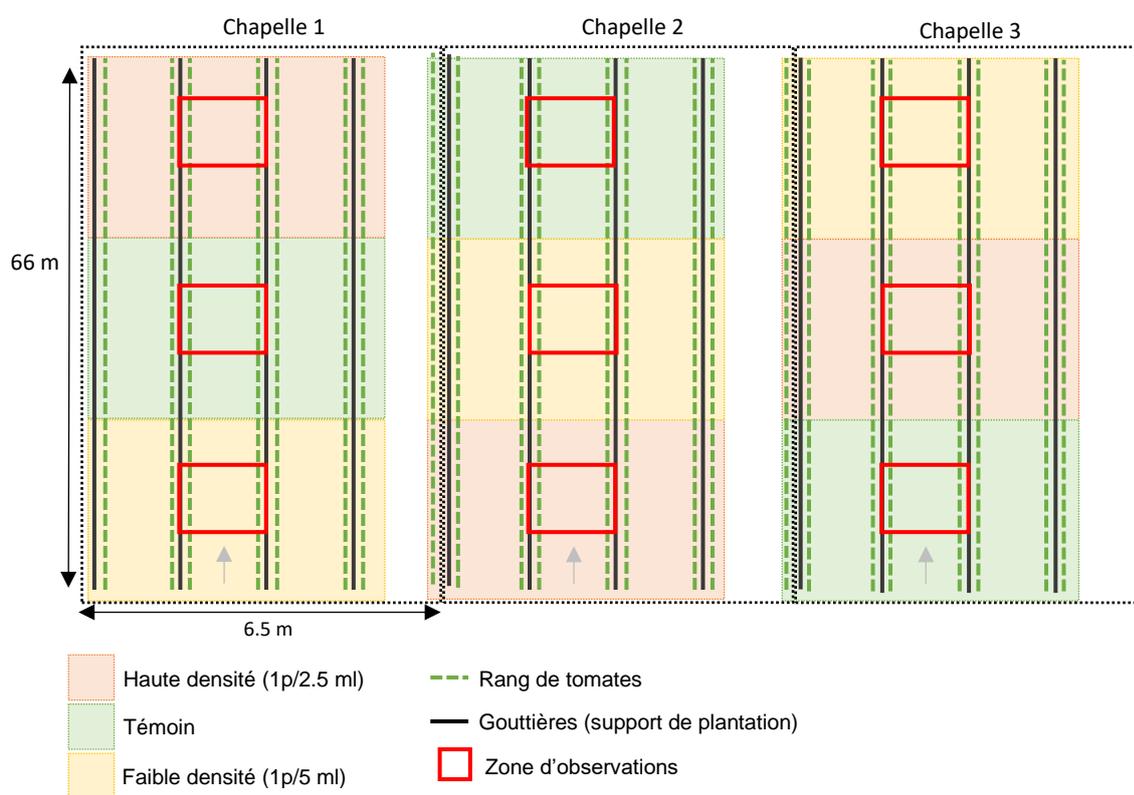


Figure 9 Schéma du dispositif expérimental de piégeage chromatique de masse

2.1.2. Suivi des dégâts de *Nesidiocoris tenuis*

Sur la partie supérieure des plantes (environ 50 cm), les dégâts liés à la présence de *N. tenuis* sont notés : les anneaux nécrotiques et les boursouflures sur les tiges, pétioles de feuilles et rafles de bouquets sont comptés. L'abscision florale est évaluée sur les 2 bouquets noués les plus jeunes. Le nombre de fleurs coulées et le nombre total de fleurs sont comptés sur ces bouquets.

2.1.3. Observations complémentaires sur les plantes

Les aleurodes sont divisés en deux catégories : larves et adultes. Les populations d'aleurodes sont évaluées sur l'ensemble de la plante sans distinction de niveaux à l'aide de cinq classes (tableau 5). Lors des suivis, la présence d'autres ravageurs, maladies ou auxiliaires sont notés.

2.1.4. Suivi des interventions de protection

Les interventions de protection phytosanitaire réalisées par le producteur sont notées afin de caractériser au mieux la stratégie de protection. Les différentes interventions mécaniques ont ainsi été notées : aspirations, retrait des jeunes pousses, et piégeage manuel. Les dates d'application du produit chimique Affirm ainsi que du produit de biocontrôle Capsanem à base de nématodes entomopathogènes ont été également notés.

2.1.5. Suivi des variations climatiques

Les données climatiques de la serre sont également enregistrées à l'aide de trois capteurs de température et d'hygrométrie (HOBO). Ces capteurs ont été installés à trois hauteurs différentes pour correspondre aux étages observés (partie supérieure, centrale et basse).

L'emplacement des capteurs climatiques était différent au cours des années. En 2017, le capteur était placé au cœur des plantes. En 2018 celui-ci a été placé en tête de plante afin d'étudier l'impact des températures sur le développement de *Nesidiocoris tenuis*. Enfin en 2019, 3 capteurs ont été installés pour correspondre aux différents niveaux des observations des plantes.

Les données climatiques extérieures proviennent d'une station météorologique située à Avignon et gérée par l'association Infoclimat.

2.2. Piégeage chromatique comme outil d'aide à la décision

Dans la serre A, un dispositif de piégeage de détection a été mis en place afin de faciliter la prise de décision du producteur pour la gestion de *Nesidiocoris tenuis*. Celui-ci est composé de panneaux jaunes à glu sèche répartis dans la serre afin de détecter la présence de *Nesidiocoris tenuis*. Un panneau a été installé dans chaque rangée identifiée pour les observations de suivi des stratégies de protection. Pour identifier l'impact sur le ravageur mais aussi sur l'auxiliaire utilisé en PBI, le nombre de *Nesidiocoris tenuis* et de *Macrolophus pygmaeus* piégés sur ces panneaux est relevé toutes les semaines. Pour faciliter le comptage, les panneaux sont remplacés lorsque la quantité de miride sur les pièges devient trop importante.

2.3. Evaluation d'un piégeage de masse

Afin d'évaluer l'efficacité d'un piégeage de masse pour limiter les populations de *Nesidiocoris tenuis*, des panneaux jaunes à glue sèche ont été installés à deux densités différentes dans la serre B. Le dispositif expérimental couvre 3 chapelles de 66 m de long et 6,5 m de large. Chaque chapelle compte 8 rangs de tomates de la variété Avianlantino installés de part et d'autre de 4 gouttières.

L'expérimentation comprend trois modalités :

- Témoin (sans panneaux)
- Haute densité : 1 panneau tous les 2.5 m linéaires
- Faible densité : 1 panneau tous les 5 m linéaires

Chaque modalité possède 3 répétitions réparties dans les chapelles sous forme d'un carré latin (figure 9). Chaque répétition forme une parcelle d'environ 20m sur 6m. Les panneaux sont installés au dessus des 4 gouttières de chaque chapelle au niveaux de l'apex des plants de tomate.

Du 12 juillet au 16 août 2019, des observations sont réalisées toutes les semaines sur 4 plantes par répétition soit 12 plantes par modalité. A partir du mois d'août ces observations ont été réalisées 2 fois par semaine. Un total de 8 observations a été réalisé.

Les observations des plantes sont concentrées sur les 8 premières feuilles de la partie supérieure. Les individus du ravageur *Nesidiocoris tenuis* et de l'auxiliaire *Macrolophus pygmaeus* sont comptés et sont répartis en trois catégories : larves jeunes, larves âgées et adultes. De la même façon que pour l'évaluation des stratégies de protection, les dégâts de *N. tenuis* sont comptabilisés. Des zones d'observations ont été identifiées au centre des parcelles élémentaires de chaque répétition (figure 9). A l'intérieur de ces zones 4 plantes sont choisies aléatoirement pour réaliser les observations.

La quantité de mirides piégées sur les panneaux englués est également évaluée. Chaque semaine, les *M. pygmaeus* et *N. tenuis* sont comptés sur quatre panneaux identifiés dans chaque répétition. Parmi ces panneaux, deux panneaux sont remplacés chaque semaine après le comptage et sont dits « neufs ». Afin d'évaluer la durée d'efficacité du piégeage, les deux autres panneaux ne sont pas remplacés et sont dits « anciens ». Seuls les individus piégés récemment et donc de couleur encore verte sont comptés sur ces panneaux « anciens ». En effet, au bout de quelques jours les mirides changent de couleur, il est donc possible de vérifier quelles mirides ont été piégées récemment en comptant uniquement les individus verts. En revanche, sur les panneaux neufs, l'ensemble des individus est compté et une distinction entre les individus vert ou marron est faite.

2.4. Analyse des données

2.4.1. Analyse des dynamiques des populations

Au cours des différentes années du projet, les protocoles ont été amené à évoluer en fonction des résultats précédents et des connaissances ainsi obtenues. Les protocoles d'observations présentent donc quelques différences entre les trois années. Le projet ayant été accepté en début d'année 2017, les premières observations ont commencées à partir du mois de mai 2017. En 2018 et 2019, l'ensemble de la culture a été suivie à partir de la plantation au mois de novembre.

En 2017, la différenciation des larves jeunes entre les populations de *Macrolophus pygmaeus* et celles de *Nesidiocoris tenuis* n'était pas réalisée. En raison d'une meilleure reconnaissance du ravageur, cette différenciation a été faite pour les années suivantes. Ainsi, pour comparer la dynamique des populations d'insecte entre les trois années, seules les adultes et larves âgées ont été considérés. La somme des trois stades (adultes, larves âgées et larves jeunes) a ensuite été utilisé pour comparer les années 2018 et 2019 entre elles.

Les protocoles pour étudier la dispersion des mirides sur les plantes ont également évolués au cours des années. Au début du projet, les observations étaient réalisées sur un total de 24 plantes comprenant : 12 plantes entières et 12 « têtes » de plantes. Au cours des observations, il a été jugé plus intéressant de mesurer la répartition spatiale de ces mirides sur les plantes entières. Ainsi, à partir du mois de juillet 2018, les observations de plantes ont été réalisées sur deux niveaux en séparant la tête du reste de la plante. En 2019, ces observations ont été réalisées sur trois niveaux pour approfondir les connaissances de cette répartition entre auxiliaire et ravageur. Afin d'homogénéiser les mesures sur la partie

supérieur, un nombre de feuilles à partir de l'apex a été défini chaque année. Ce nombre a été amené à évoluer pour s'adapter au mieux aux variétés en culture. Ainsi, les observations en tête de plante ont été réalisées sur les 7 premières feuilles en 2017 puis sur les 6 et 8 premières en 2018 et 2019.

2.4.2. Analyse statistique

Les données de populations liées à la stratégie de protection utilisée sur les 3 années du projet ont fait l'objet de statistiques descriptives et d'analyses graphiques. En effet, le dispositif mis en place ne permet pas une comparaison statistique des relevés en raison de la variabilité du protocole d'observation.

Dans le cas de l'évaluation du piégeage de masse, les différences de populations observées ont été comparées statistiquement. L'effet de chaque facteur pouvant influencer les populations de *Nesidiocoris tenuis* a été évalué indépendamment et statistiquement par un test de comparaison des médianes de Kruskal Wallis. Ainsi, l'influence des modalités (haute densité, faible densité et témoin), du rang d'observation (est, centre et ouest) et de la zone d'observation (nord, centre et sud) ont été étudiés.

La distribution des variables a été évaluée graphiquement et par l'utilisation d'un test de Shapiro-Wilk. Les populations de mirides suivent une distribution binomiale négative, l'analyse des échantillons a donc été réalisée avec un test non paramétrique. La comparaison des différents facteurs influençant les variables a été faite de manière indépendante en utilisant le test de comparaison de médianes de Kruskal Wallis. En cas d'une différence significative, un test de Wilcoxon avec une correction de Bonferoni est utilisé pour effectuer des comparaisons deux à deux. Lorsqu'il y a seulement deux échantillons d'une variable à évaluer un test de Wilcoxon a été réalisé.

Ces analyses ont été réalisées avec le logiciel R (script disponible en annexe 2).

Tableau 6 Récapitulatif des événements marquants des cultures des trois années du projet. Le numéro de la semaine correspondant à chaque date est indiqué entre parenthèse.

	2017	2018	2019
Plantation	Fin novembre	14/11	13/11
Introduction de <i>M. pygmaeus</i>	Janvier, 1 lâcher Dose : 4/m ²	Janvier, 1 lâcher Dose : 4/m ²	Janvier, 2 lâchers Dose : 2/m ²
Début observation	02/05	25/01	11/01
Fin observation	29/09	14/09	29/07
Première détection de <i>N. tenuis</i>	02/05 (S 18)	03/05 (S 18)	14/06 (S 24)
Seuil de 1 <i>N. tenuis</i> / plante	13/06 (S 24)	31/05 (S 22)	Non atteint au 31/07
Seuil de 2 <i>N. tenuis</i> / plante	27/06 (S26)	09/07 (S 27)	--
Chute des populations de <i>M. pygmaeus</i>	13/06 (S 24)	17/05 (S 20)	28/06 (S 26)
Début des traitements contre <i>N. tenuis</i>	Aff28/06	14/06	--

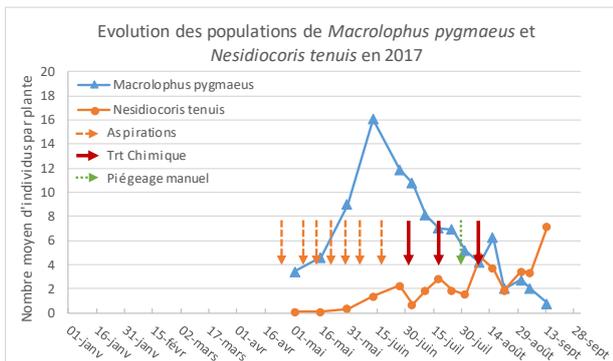


Figure 10 Evolution des populations moyennes par plante de *M. pygmaeus* et *N. tenuis* en 2017. Ces populations comportent les stades adultes et larves âgées.

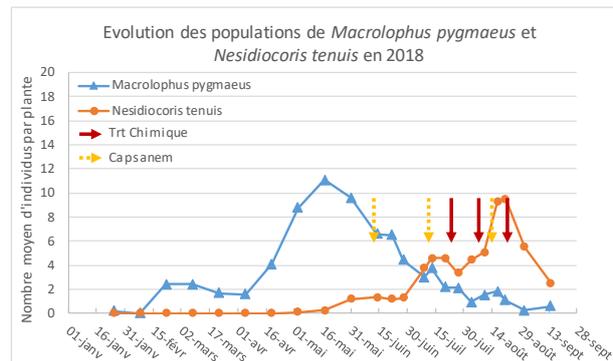


Figure 11 Evolution des populations moyennes par plante de *M. pygmaeus* et *N. tenuis* en 2018. Ces populations comportent les stades adultes et larves âgées.

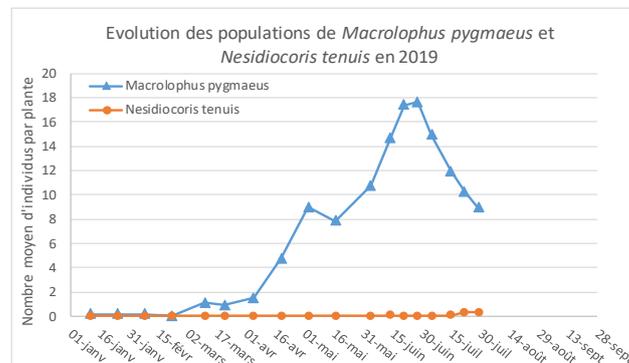


Figure 12 Evolution des populations moyennes par plante de *M. pygmaeus* et *N. tenuis* en 2019. Ces populations comportent les stades adultes et larves âgées.

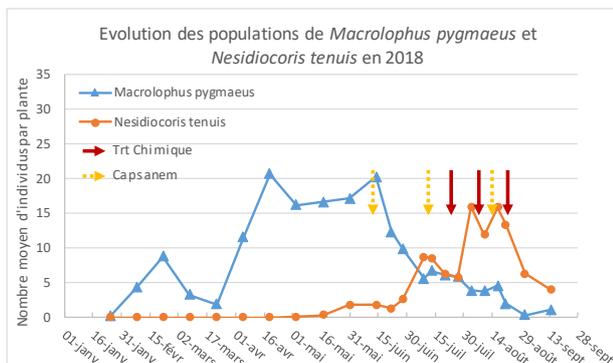


Figure 13 Evolution des populations globales moyennes par plante de *M. pygmaeus* et *N. tenuis* en 2018. Ces populations comportent les stades adultes, larves âgées et larves jeunes.

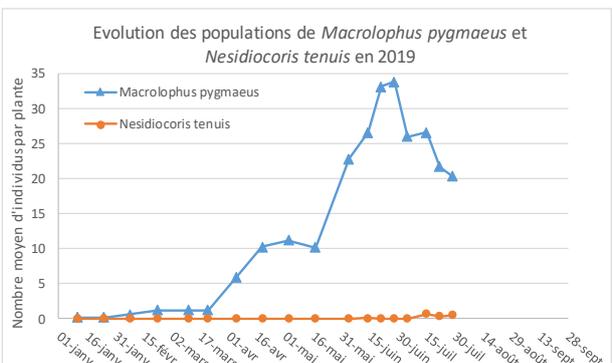


Figure 14 Evolution des populations globales moyennes par plante de *M. pygmaeus* et *N. tenuis* en 2019. Ces populations comportent les stades adultes, larves âgées et larves jeunes.

3. Résultats

3.1. Dynamique des populations des auxiliaires et ravageurs

3.1.1. Evolution annuelle de *M. pygmaeus* et *N. tenuis*

L'évolution annuelle des populations du ravageur *Nesidiocoris tenuis* et de l'auxiliaire *Macrolophus pygmaeus* en 2017, 2018 et 2019, ainsi que les différents moyens de lutte sont présentés respectivement sur les figures 10, 11 et 12. En 2019, aucune intervention n'a été réalisée en raison de l'absence de ravageurs dans la serre. Lors de la première observation en 2017, *N. tenuis* était déjà présent. Les principaux événements marquants de la culture sont consignés dans le tableau 6.

Les populations de l'auxiliaire *Macrolophus pygmaeus* se sont comportées de façon assez similaire au cours des trois années d'expérimentations. Pour les années 2018 et 2019, l'auxiliaire s'installe progressivement au mois de janvier et une première augmentation est constatée au mois de février. La population se stabilise ensuite puis réaugmente au début du mois d'avril (figure 11 et 12). Ces augmentations successives correspondent aux différentes générations. Au début du mois de mai, la quantité de *M. pygmaeus* par plante était de 3 individus en 2017 et d'environ 9 individus en 2018 et 2019.

Chaque année, une chute des populations de *M. pygmaeus* est observée dans le courant de l'été. Celle-ci débute le 13 juin en 2017, le 17 mai en 2018 et le 28 juin en 2019 (tableau 6). Toutefois, si les larves jeunes sont prises en compte dans les populations, cette diminution du nombre d'individus est alors observée à partir du 14 juin en 2018 (figure 13) mais toujours le 28 juin en 2019 (figure 14). Pour les années 2017 et 2018, la chute des populations de *M. pygmaeus* correspond à la période où *N. tenuis* se développe plus rapidement. En revanche, en 2019, les populations diminuent malgré l'absence du ravageur.

La population la plus importante de *M. pygmaeus* a été observée en 2019 avec près de 18 individus (adultes et larves âgées) par plante (figure 12). En 2017 et 2018 la quantité maximale de *M. pygmaeus* par plante était de 16 et 11 individus respectivement (figure 10 et 11).

Concernant le ravageur *Nesidiocoris tenuis*, les premiers individus sont observés à la même période en 2017 et 2018 soit début mai. Ces populations atteignent le seuil d'un individu par plante le 13 juin en 2017 et le 31 mai en 2018 (figure 10 et 11). Lorsque ce seuil est atteint, le producteur déclenche un traitement pour réguler les populations. En 2019, les populations de *N. tenuis* ont présenté une arrivée tardive dans la serre étudiée avec plus d'un mois de décalage par rapport aux observations 2017 et 2018. En effet, un seul individu a été observé le 14 juin puis aucun autre n'a été détecté sur les plantes jusqu'au 15 juillet. Le ravageur n'est observé régulièrement dans la serre qu'à partir du 15 juillet soit plus de 2 mois après les premières observations 2017 et 2018. Les populations se sont donc développées tardivement en 2019 et augmentent légèrement lors de la dernière observation du 29 juillet (figure 12 et 14). Le seuil d'un individu par plante n'a pas été atteint en 2019 (tableau 6).

La population âgée de *Nesidiocoris tenuis* la plus importante a été observée en 2018 avec 10 individus en moyenne par plante à la mi-août (figure 11). Elle atteint plus de 15 individus par plante lorsque les larves jeunes sont comptées (figure 13). En 2017, la population âgée maximale de *N. tenuis* était de 7 individus par plante à la mi-septembre (figure 10).

3.1.2. Répartition spatiale des mirides sur les plantes

En 2017 et 2018, les populations comptées sur les 12 têtes des plantes ont été comparées avec celles présentes sur les 12 autres plantes observées entièrement. Il a ainsi été observé que les effectifs de *Nesidiocoris tenuis* en tête de plante correspondaient en moyenne à 82% et 72 % de la population sur plante entière pour les années 2017 et 2018 (figure 15 et 17) (Ginez and Brun, 2017; Ginez and Gonzalez, 2018). Les effectifs de

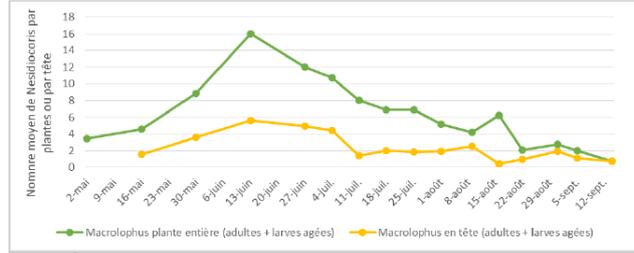
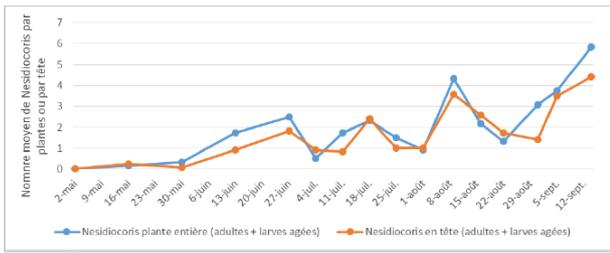


Figure 15 Répartition des populations de *N. tenuis* et *M. pygmaeus* en 2017 (tiré du compte-rendu APREL, Ginez and Brun, 2017)

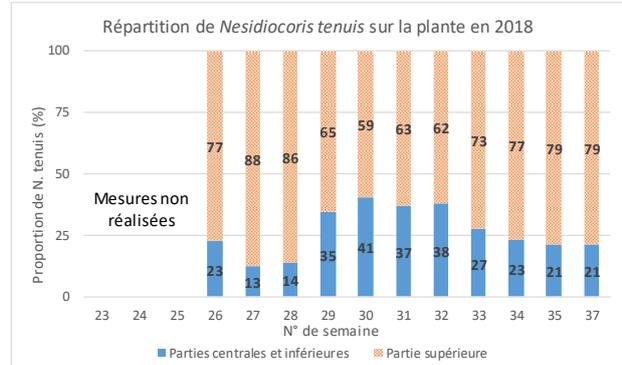
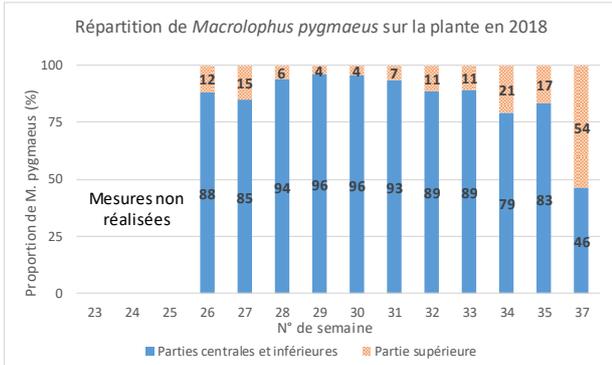


Figure 16 Proportion de *M. pygmaeus* observés sur 2 niveaux de la plante en 2018

Figure 17 Proportion de *N. tenuis* observés sur 2 niveaux de la plante en 2018

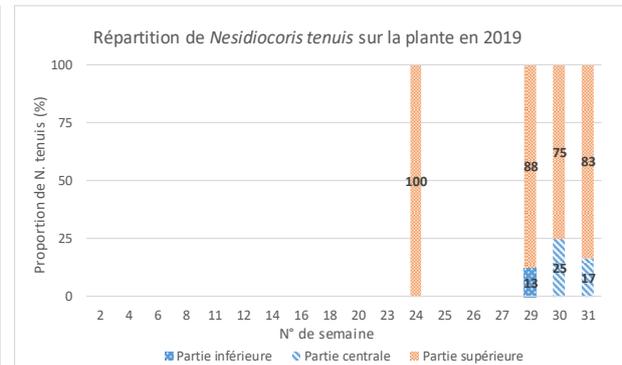
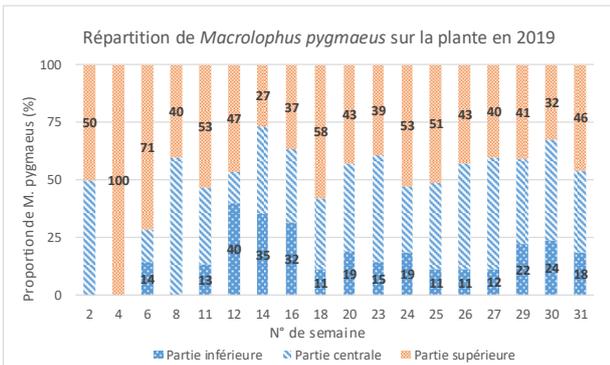


Figure 18 Proportion de *M. pygmaeus* observés sur 3 niveaux de la plante en 2019

Figure 19 Proportion de *N. tenuis* observés sur 3 niveaux de la plante en 2019

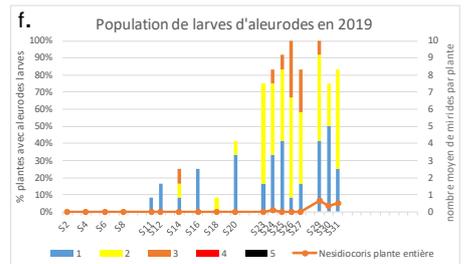
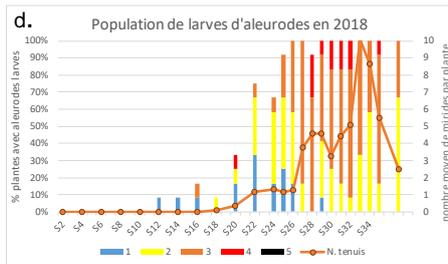
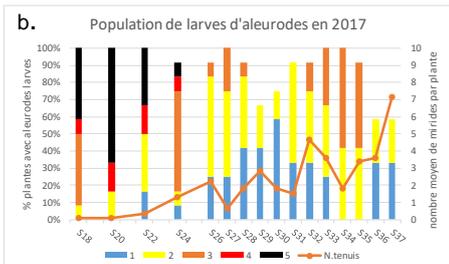
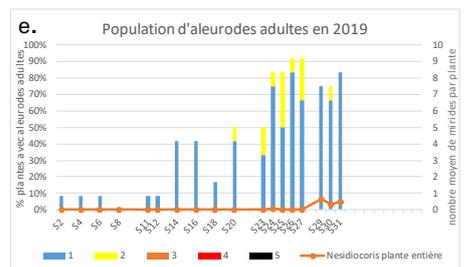
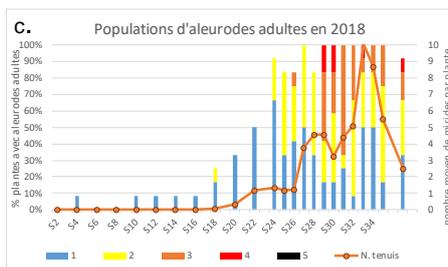
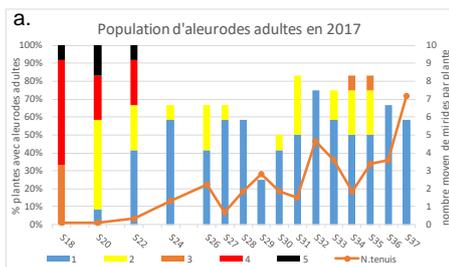


Figure 20 Evolution des populations de larves et d'adultes d'aleurodes et *N. tenuis* au cours des 3 années du projet. Population de *N. tenuis* comprenant la somme des adultes et larves âgées observés. En abscisse : numéros de semaines correspondant aux observations. Représentation en classe d'aleurodes de 1 à 5. Cl.1 = 1 à 3 individus ; Cl.2 = 4 à 10 individus ; Cl.3 = 11 à 30 individus ; Cl.4 = 31 à 100 aleurodes ; Cl.5 = >100 individus

Macrolophus pygmaeus en tête de plante correspondaient à 35% et 10 % des populations rencontrées sur plante entière (figure 15 et 16) (Ginez and Brun, 2017; Ginez and Gonzalez, 2018).

La division des observations en différents niveaux sur les mêmes plantes en 2018 et 2019 a permis d'étudier d'une façon plus approfondie la répartition des populations de l'auxiliaire *M. pygmaeus* et du ravageur *N. tenuis*. Les résultats obtenus en 2018 indiquent qu'en moyenne 93% des mirides rencontrées en tête de plante à partir du mois de juillet sont des *N. tenuis* (figure 17) (Ginez and Gonzalez, 2018). Cette comparaison n'a pas été réalisée en 2019 en raison du faible nombre d'individus.

En 2018, 15 % des *M. pygmaeus* sont présents en tête de plante et 85% sont observés sur la partie restante (figure 16). De la même façon, la proportion de *N. tenuis* est en moyenne de 73% en tête de plante contre 27% sur les parties inférieures (figure 17). Cette analyse a également été réalisée en 2019. Il a ainsi été observé une répartition assez homogène de *M. pygmaeus* sur la plante avec 43% des individus retrouvés en tête de plants et 57% sur les parties restantes (figure 18). En 2019, la population de *N. tenuis* dans la serre a été très faible mais les quelques individus observés sont situés en tête de plante à 87% (figure 19).

La séparation des observations en trois niveaux en 2019 montre une présence plus forte de *Macrolophus pygmaeus* dans la partie supérieure et centrale de la plante que dans les feuilles basses. Ainsi sur l'année, 48 % des individus sont observés en tête de plante et 35 % dans la partie centrale (feuilles 9 à 15). Seulement 17 % des *M. pygmaeus* sont comptés dans la partie inférieure, c'est-à-dire en dessous de la quinzième feuille (figure 18). En moyenne, 10% des *N. tenuis* ont été observé dans la partie centrale de la plante et uniquement 3% dans la partie inférieure.

3.1.3. Influence de la présence de proies sur les populations de mirides

L'année 2017 a été caractérisée par une forte pression aleurodes. En effet, au mois de mai (semaines 18 à 22) la population d'adultes sur les plantes observées est supérieure à 30 individus pour plus de 40% des plantes (figure 20a). De plus, le nombre de larves dépassent les 100 individus sur plus de 50% des plantes à cette période (figure 20b). Par la suite, les populations se stabilisent et la quantité de larves observées se situe majoritairement en classe 2. En parallèle, les populations de *N. tenuis* augmentent à partir de la semaine 22. Les traitements réalisés ont permis de freiner le développement du ravageur *N. tenuis* mais les populations augmentent au cours de la saison et atteignent 7 individus par plante lors de la dernière observation.

En 2018, la quantité d'aleurodes était assez faible au printemps puis les populations augmentent brusquement à partir du mois de juin (semaine 23) (figure 20c et d). Durant cette même période, les populations de *N. tenuis* se développent. Une certaine stabilité du nombre de *N. tenuis* est observée pendant le mois de juin mais une application de nématodes a été réalisée. Au cours du mois de juillet et août les populations d'aleurodes augmentent brusquement avec une majorité de classe 3 observée pour les larves. La quantité d'aleurodes dans la serre à cette période est donc plus importante en 2018 qu'en 2017. En parallèle les populations de *N. tenuis* ont fortement augmenté au moment où les populations d'aleurodes se développent. La quantité maximale de *N. tenuis* observée a été de plus de 10 individus par plante.

La pression d'aleurodes a été la plus faible en 2019 et seulement 1 à 3 adultes sont observés sur les plantes tout au long de l'essai (figure 20e). La quantité de larves augmente à partir du mois de juin mais reste assez faible avec une majorité de classe 2 observée (figure 20f). En comparaison, les populations de *N. tenuis* ont été très faibles cette année avec moins d'un individu par plante mais celles-ci commencent à augmenter sur les dernières observations.

Le développement des populations d'aleurodes et celles de *Nesidiocoris tenuis* semblent évoluer similairement. En effet, lorsque les populations d'aleurodes augmentent

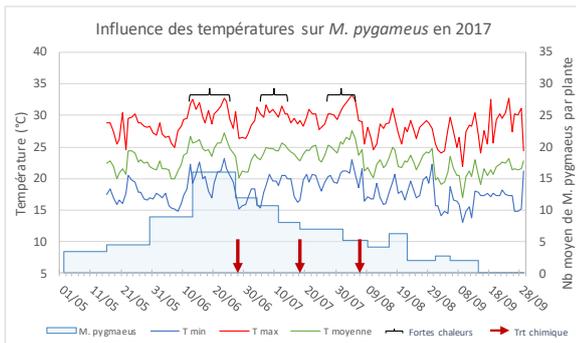


Figure 21 Influence des températures au cœur de la plante sur les populations de *M. pygmaeus* en 2017

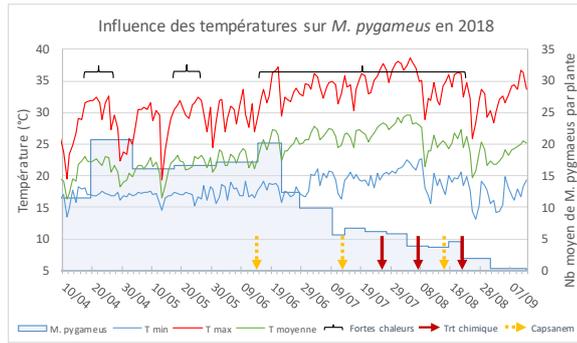


Figure 22 Influence des températures en tête de plante sur les populations de *M. pygmaeus* en 2018.

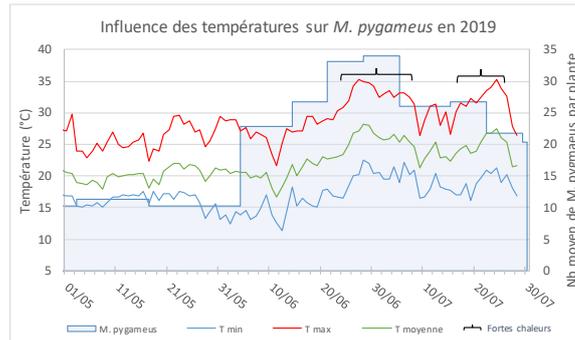


Figure 23 Influence des températures au cœur de la plante sur les populations de *M. pygmaeus* en 2019.

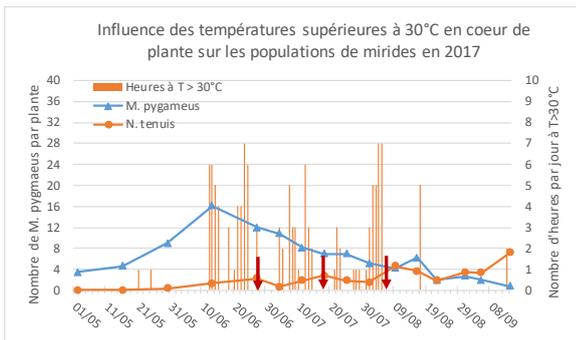


Figure 24 Influence des températures supérieures à 30°C au cœur de plante sur les populations de mirides en 2017

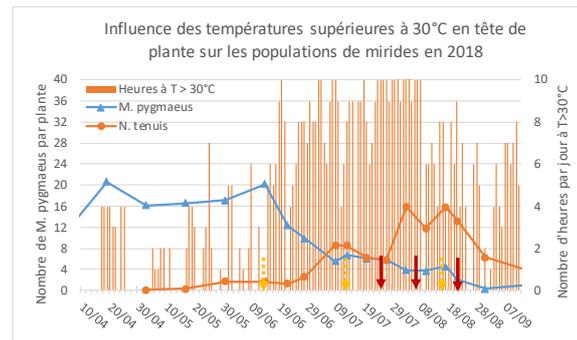


Figure 25 Influence des températures supérieures à 30°C en tête de plante sur les populations de mirides en 2018

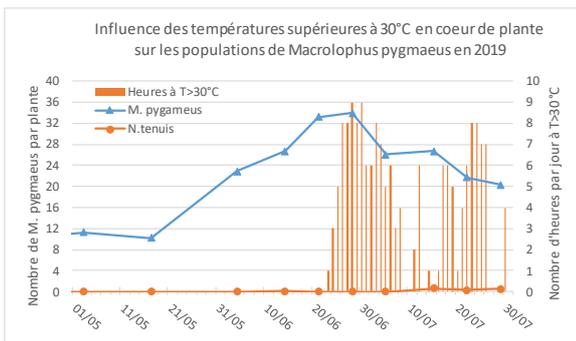


Figure 26 Influence des températures supérieures à 30°C au cœur de plante sur les populations de mirides en 2019

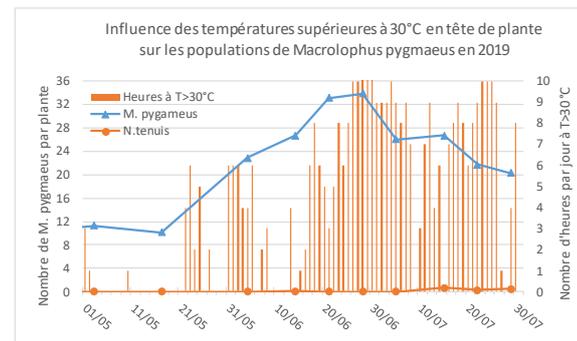


Figure 27 Influence des températures supérieures à 30°C en tête de plante sur les populations de mirides en 2019

celles de *N. tenuis* semblent augmenter à leur tour. De plus, il est possible de constater qu'en 2018, la pression aleurode était la plus forte pendant les mois de juillet et août et le nombre de *N. tenuis* observé a été le plus important. A l'opposé, en 2019 la pression a été très faible et les populations de *N. tenuis* se sont très peu développées. La présence de proies pourrait donc constituer un facteur de développement du ravageur *N. tenuis*.

3.2. Influence de la température sur les populations de mirides

3.2.1. Effet des températures de la serre

L'évolution des populations de l'auxiliaire *Macrolophus pygmaeus* et du ravageur *Nesidiocoris tenuis* a été mise en relation avec les températures moyennes journalières de la serre A pour les trois années du projet. Plusieurs périodes de fortes chaleurs où les températures dépassent 30°C pendant un temps prolongé ont été relevées chaque année. Cette température a été choisie car au-delà de 30°C la mortalité de *M. pygmaeus* augmente fortement (Perdikis and Lykouressis, 2000).

Ainsi en 2017, trois épisodes de chaleurs ont été relevés au cœur de la plante (figure 21). Le premier, s'est étendu entre le 12 et le 24 juin avec en moyenne 5,25 heures de températures supérieures à 30°C du 12 au 15 juin puis du 21 au 24 juin. Lors de l'observation du 27 juin la population de *M. pygmaeus* a chuté de 26% par rapport à l'observation précédente. En parallèle, les populations de *N. tenuis* ont augmentées de 69% à cette date. La deuxième période de fortes chaleurs a été plus courte et a duré du 7 au 9 juillet avec en moyenne 3,70 heures par jour à plus de 30°C (figure 24). Lors de l'observation suivante les populations de *M. pygmaeus* ont diminué de 25% et celle de *N. tenuis* ont doublé. Le dernier épisode a été observé entre le 1 et 5 août avec une moyenne de 5,4 heures par jour avec des températures de plus de 30°C. Le 9 août la population de *M. pygmaeus* a chuté de 19% et celle de *N. tenuis* a triplé par rapport à l'observation précédente.

De la même façon qu'en 2017, les observations en cœur de plante de l'année 2019 mettent en évidence deux épisodes de fortes chaleurs (figure 23). Lors du premier, entre le 24 juin au 8 juillet, les températures de la serre dépassaient les 30°C pendant en moyenne 6,33 heures par jour. L'observation du 28 juin n'a pas révélé de diminution de population de *M. pygmaeus*. En revanche, le 5 juillet la quantité d'individus observés a chuté de 23% par rapport à l'observation précédente. Les populations de *M. pygmaeus* se stabilisent ensuite légèrement jusqu'au deuxième épisode de canicule entre le 17 et 26 juillet. Durant cette période, les températures étaient supérieures à 30°C pendant en moyenne 5,8 heures par jour (figure 26). Une première diminution des populations est observée le 22 juillet avec une chute de 18% par rapport à l'observation précédente. Puis le 29 juillet, le nombre de *M. pygmaeus* observé continue de diminuer de 6.5%. Les observations de *N. tenuis* sont devenues régulières à partir du 15 juillet, soit quelques jours après le premier épisode de chaleur. Les populations sont cependant restées très faible.

Les données climatiques en tête de plante en 2019 montrent des températures supérieures à 30°C à partir du 13 juin et ce jusqu'à la fin des observations (figure 27). Pendant cette période, les températures dépassent fréquemment les 30°C pendant plus de 6 heures par jour.

Les températures en tête de plante observée en 2018 ont été également très élevées (figure 22). Le premier pic de chaleur apparaît entre le 17 et le 25 avril avec en moyenne 3.33 heures par jour à plus de 30°C (figure 25). Lors de l'observation suivante, le 3 mai, les populations ont chuté de 22%. D'autres périodes au cours du mois de mai et juin avec deux jours consécutifs de forte chaleur ont été constatée mais sans influence sur les populations de *M. pygmaeus*, celles-ci augmentant entre les observations. A partir du 15 juin, les températures de la serre ont été supérieures à 30°C pendant minimum 5 heures par jour et ce jusqu'au 23 août. Lors de l'observation du 22 juin une diminution des populations de *M. pygmaeus* de 39% est observée mais une application de nématodes (Capsanem) a été

Tableau 7 Températures moyennes mensuelles à Avignon pendant la période de développement de *Nesidiocoris tenuis* (données provenant du site Infoclimat)

	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet
2017	12.4°C	13.7°C	17.5°C	24.1°C	25.3°C
2018	10.4°C	15.8°C	18°C	22.6°C	26.8°C
2019	11.5°C	12.8°C	16.8°C	22.7°C	26.3°C

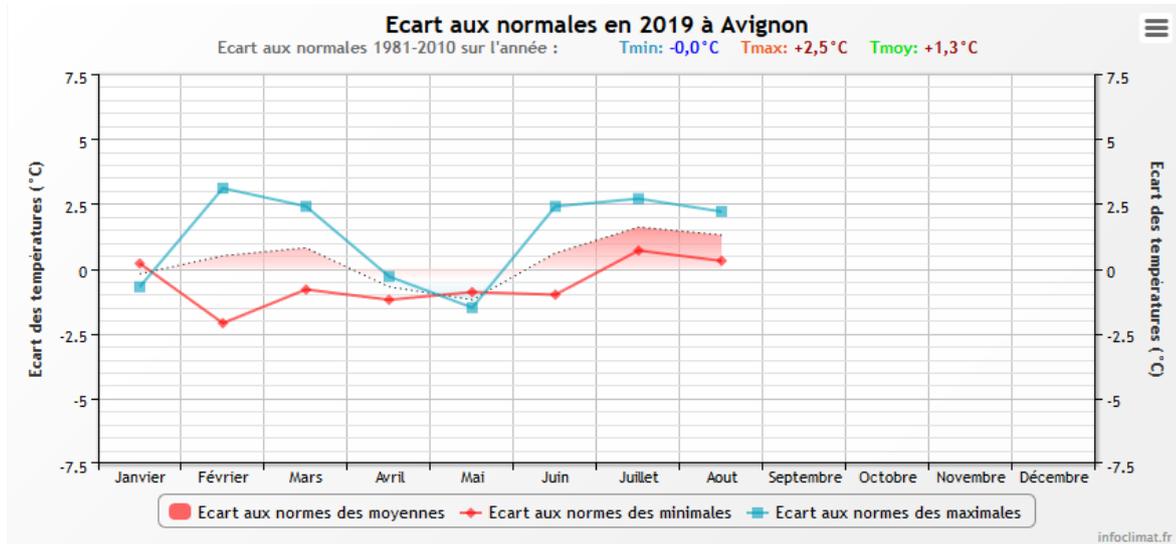


Figure 28 Relevé des écarts de températures aux normales de saison 1981-2010 en 2019 à Avignon, (tiré du site InfoClimat)

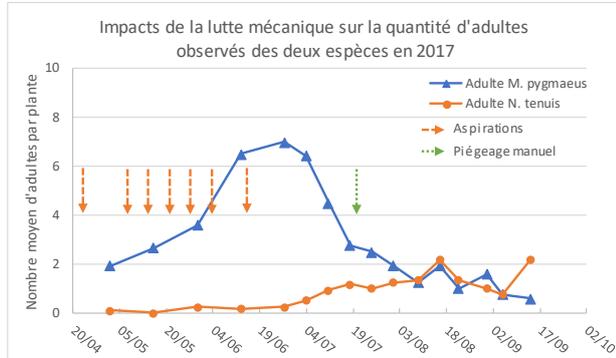


Figure 29 Impacts de la lutte mécanique sur les populations adultes de *M. pygmaeus* et *N. tenuis*

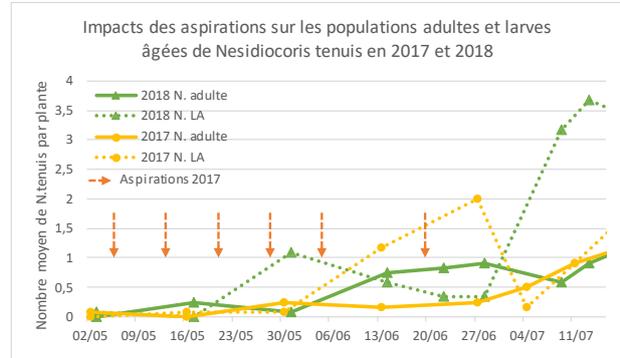


Figure 30 Impacts des aspirations sur les adultes et larves âgées de *N. tenuis* en 2017 par rapport aux populations de 2018

réalisée une semaine avant cette diminution. Les populations de *N. tenuis* ont fortement augmenté à la même période. En effet, entre le 22 juin et le 9 juillet les populations passent de 1,25 individu en moyenne par plante à 8,6 individus par plante. Les températures ont ensuite été supérieures à 30°C pendant en moyenne 10 heures par jour entre le 24 juillet et le 10 août. Lors des observations du 03 août les populations de *N. tenuis* ont quasiment triplé par rapport à la semaine précédente. Les populations de *M. pygmaeus* continuent à chuter progressivement et les diminutions des populations les plus importantes sont souvent précédées d'un traitement (figure 22).

D'une manière générale, lorsque les températures dépassent 30 degrés pendant plusieurs heures de la journée, une diminution des populations de *M. pygmaeus* et une augmentation de celle de *N. tenuis* est observée.

3.2.2. Effet des températures extérieures

En étudiant les températures moyennes mensuelles, il est possible de constater que l'année 2019 se caractérise par un printemps frais (tableau 7, annexe 3). En effet, les températures du mois d'avril et mai 2019 sont inférieures à celles de 2017 et 2018 et sont situées en dessous des normales de saison pour la période 1981-2010. Le mois d'avril 2019 présente des températures moyennes inférieures de 0.7°C par rapport aux normales de saison et le mois de mai un écart de -1.2°C (figure 28). En comparaison, les écarts aux normales des années 2017 et 2018 étaient respectivement de +0.2°C et +2.3°C pour le mois d'avril et de -0.5°C et 0°C pour le mois de mai. L'année 2019 a donc été plus froide que les années 2017 et 2018 lors de la période où les premiers *Nesidiocoris tenuis* sont habituellement observés.

3.3. Impacts des interventions sur les différents stades de développement

3.3.1. Influence de la lutte mécanique

La méthode du retrait des bourgeons (ou jeunes pousses) est réalisée de façon routinière, il est donc difficile d'évaluer son impact. En revanche, les observations réalisées confirment la forte présence de larves sur les parties juvéniles de la plante. L'évacuation de ces jeunes pousses dans des sacs fermés lors des opérations de taille permet donc d'exporter une partie des populations en dehors de la serre (Ginez and Brun, 2017).

La lutte par aspiration et le piégeage manuel en secouant les plantes devant des bandes engluées cherchent à faire diminuer les populations adultes de *Nesidiocoris tenuis*. Ces méthodes ont été pratiquées uniquement en 2017 sur l'ensemble de la serre entre fin avril et fin juin pour les aspirations et le 28 juillet pour le piégeage manuel. Il est possible de constater une stabilité des populations adultes de *Nesidiocoris tenuis* pendant le mois de mai et juin puis une augmentation de celle-ci peu après l'arrêt des aspirations (figure 29). Ces aspirations ne semblent pas affecter le développement de l'auxiliaire *Macrolophus pygmaeus* (figure 29). Le piégeage manuel ne semble pas avoir d'impact sur *N. tenuis*. En effet, une stabilité des populations est observée lors de cette intervention.

En 2017 et 2018, les premiers *N. tenuis* ont été observés au début du mois de mai et les températures mensuelles moyennes extérieures ont été similaires. Il est possible de constater que le nombre de larves âgées ainsi que le nombre d'adultes de *N. tenuis* observés augmentent de façon plus précoce en 2018 qu'en 2017 (figure 30). En supposant que ces années soient comparables, il semblerait que les aspirations aient permis de retarder l'émergence des larves en limitant les populations adultes. Après l'arrêt des aspirations, les populations adultes augmentent en 2017. Concernant les populations globales de *N. tenuis*, le seuil de 1 individu par plante est atteint le 31 mai en 2018 et le 13 juin en 2017, soit un décalage de deux semaines. Il est toutefois difficile de savoir si ce décalage est lié à la pratique des aspirations, la présence de proies ou au climat de la serre.

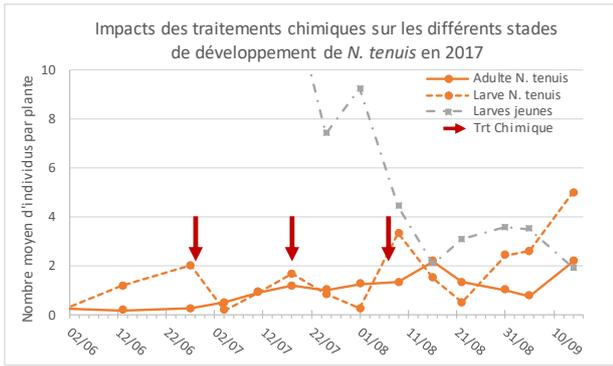


Figure 31 Impacts des traitements sur les stades de développement de *N. tenuis* (adultes, larves âgées et larves jeunes) en 2017. Les larves jeunes comprennent les populations de *N. tenuis* et *M. pygmaeus*

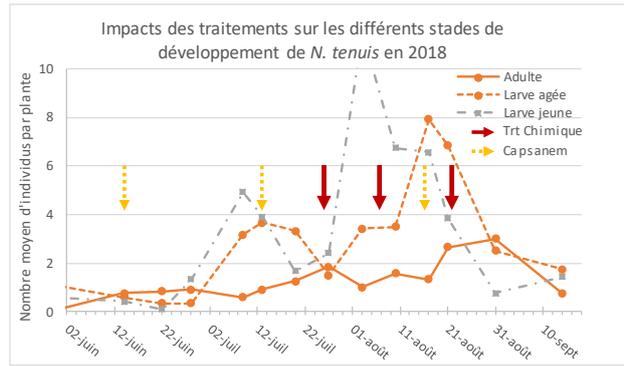


Figure 32 Impacts des traitements sur les stades de développement de *N. tenuis* (adultes, larves âgées et larves jeunes) en 2018.

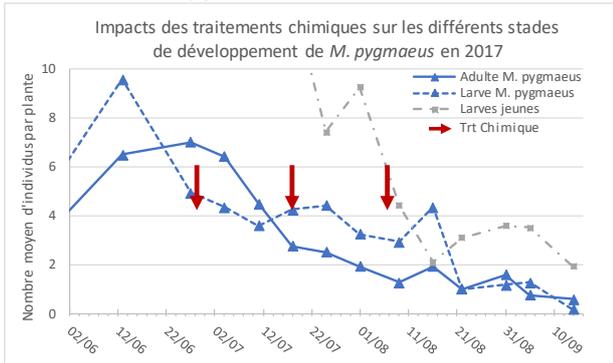


Figure 33 Impacts des traitements sur les stades de développement de *M. pygmaeus* (adultes, larves âgées et larves jeunes) en 2017. Les larves jeunes comprennent les populations de *N. tenuis* et *M. pygmaeus*

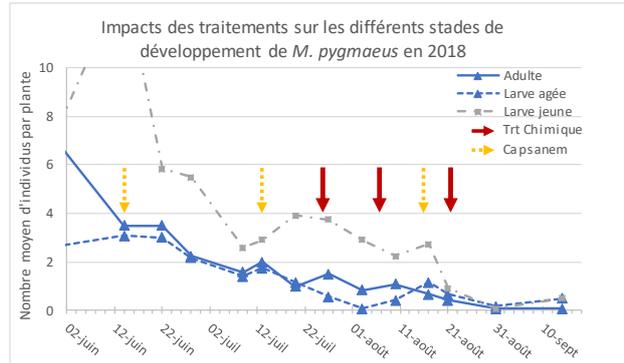


Figure 34 Impacts des traitements sur les stades de développement de *M. pygmaeus* (adultes, larves âgées et larves jeunes) en 2018

Tableau 8 Evolution des populations de *N. tenuis* et *M. pygmaeus* 7 jours après application de nématodes entomopathogène (Capsanem). *HR : Hygrométrie moyenne entre deux observations. ** Observation des populations 5 jours après application du produit

Date application	Larves jeunes <i>N. tenuis</i>	Larves âgées <i>N. tenuis</i>	Population globale <i>N. tenuis</i>	Larves jeunes <i>M. pygmaeus</i>	Larves âgées <i>M. pygmaeus</i>	Population globale <i>M. pygmaeus</i>	HR*
14/06/2018	- 80 %	- 43 %	- 29 %	- 57 %	- 3 %	- 39 %	60 %
13/07/2018	- 57 %	- 9 %	- 26 %	+ 34 %	- 33 %	- 9 %	66 %
16/08/2018**	- 42 %	- 14 %	- 16 %	- 67 %	- 43 %	- 56 %	68 %
Moyenne	- 60 %	- 22 %	- 24 %	- 30 %	-26%	- 35 %	

Tableau 9 Evolution des populations de *N. tenuis* et *M. pygmaeus* 14 jours après application de nématodes entomopathogène (Capsanem). *HR : Hygrométrie moyenne entre deux observations. ** Observation des populations 15 jours après application du produit

Date application	Larves jeunes <i>N. tenuis</i>	Larves âgées <i>N. tenuis</i>	Population globale <i>N. tenuis</i>	Larves jeunes <i>M. pygmaeus</i>	Larves âgées <i>M. pygmaeus</i>	Population globale <i>M. pygmaeus</i>	HR*
14/06/2018	+ 220 %	- 43 %	+ 48 %	- 60 %	- 30 %	- 51 %	61 %
13/07/2018	+ 45 %	- 55 %	- 32 %	29 %	- 67 %	- 13 %	66 %
16/08/2018**	- 89 %	- 68 %	- 61 %	- 97 %	- 86 %	- 93 %	65 %
Moyenne	+ 59 %	- 55 %	- 15 %	- 43 %	- 61 %	- 52 %	

3.3.2. Efficacité des traitements chimiques (benzoate d'émamectine)

Le traitement chimique appliqué est le produit Affirm, homologué contre chenille phytophage. Les applications visent les parties supérieures des plantes pour limiter l'impact du traitement sur l'auxiliaire *Macrolophus pygmaeus*. L'efficacité des traitements varie en fonction des applications et des dates d'observations.

En 2017, les traitements chimiques ont montré une bonne efficacité sur la population de *Nesidiocoris tenuis* (figure 31). Après chaque application du produit, le nombre de larves âgées de *N. tenuis* observés diminue d'en moyenne 65% par rapport à l'observation précédente le traitement. Une diminution d'environ 30% des larves jeunes est également remarquée après chaque traitement mais les deux espèces sont confondues dans cette catégorie en 2017. Les stades adultes de *N. tenuis* ne semblent pas affectés par le traitement, la quantité observée ne diminuant pas après application (figure 31).

En 2018, l'efficacité des traitements paraît moins importante (figure 32). En effet, une augmentation des stades larvaires d'en moyenne 30% est constatée à deux reprises après applications du produit. Toutefois, la quantité de larves âgées observée diminue de 63% lors de la dernière application mais celle-ci a été précédée par une introduction de nématodes entomopathogènes avec le produit Capsanem.

Les populations de *Macrolophus pygmaeus* semblent impactées aléatoirement par les traitements localisés en tête. En 2017, une diminution des populations de larves et d'adultes est observée lors de la première application (figure 33). Les deux autres traitements ne semblent pas affecter les populations. En 2018, l'impact sur *M. pygmaeus* varie entre les différentes applications (figure 34) mais les effectifs étaient déjà faibles avant les traitements. De plus, il est difficile de conclure sur l'impact sur *M. pygmaeus* en raison des nombreux paramètres pouvant faire réduire les populations et notamment en raison des températures élevées à cette période.

3.3.3. Effets de l'application de nématodes entomopathogènes (Capsanem)

En 2018, trois applications de nématodes entomopathogènes *Steinernema carpocapsae* (produit Capsanem) ont été réalisées dans la serre : le 14 juin, le 13 juillet et le 16 août. Le produit est chaque fois combiné au mouillant Squad et les applications sont localisées en tête de plante. En raison de l'absence du ravageur en 2019, l'évaluation de cette méthode de lutte n'a pas pu être approfondie cette dernière année. En revanche, trois applications ont été réalisées dans la serre B, accueillant le dispositif expérimental du piégeage de masse.

L'utilisation de nématodes entomopathogènes montre une efficacité variable. Entre 5 et 7 jours après application les populations de larves jeunes de *N. tenuis* sont fortement impactées avec une diminution moyenne de 60% par rapport aux observations précédentes (tableau 8). Cette diminution a atteint 80% au mois de juin. La quantité de larves âgées diminue en moyenne de 22 % 7 jours après application du traitement et la population globale est réduite de 24% en moyenne. Les populations de *Macrolophus pygmaeus* semblent également impactées par ce nématode. En effet, même si les applications sont localisées en tête de plante, une diminution de 35% de la population globale de *M. pygmaeus* est observée 7 jours après application (tableau 8).

Deux semaines après application des nématodes, une augmentation du nombre de larve jeune est constatée pour deux applications alors que pour la dernière une diminution de 89% du nombre de larves jeunes initial est observée (tableau 9). Cette dernière application est également celle ayant eu la plus forte hygrométrie. Les populations globales de *Nesidiocoris tenuis* ont poursuivi leur diminution pour les applications du mois de juillet et août. En revanche, celles-ci réaugmentent 14 jours après l'application du mois de juin (tableau 8). Cette application est celle ayant eu une hygrométrie moyenne la plus faible les jours suivants. Les populations de *Macrolophus pygmaeus* diminuent fortement deux semaines après application. Toutefois, de nombreux facteurs influencent les populations et les populations de

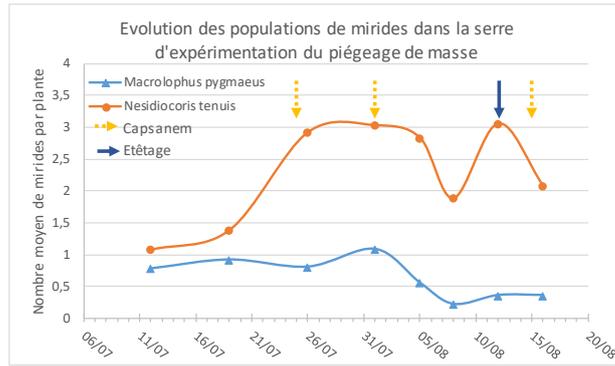


Figure 35 Impacts des applications de nématodes entomopathogènes (Capsanem) sur les populations de *N. tenuis* et *M. pygmaeus* dans la serre B en 2019

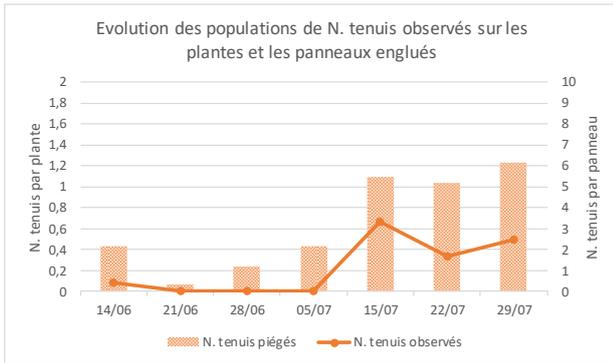


Figure 36 Evolution des piégeages de *N. tenuis* et des populations dans la serre

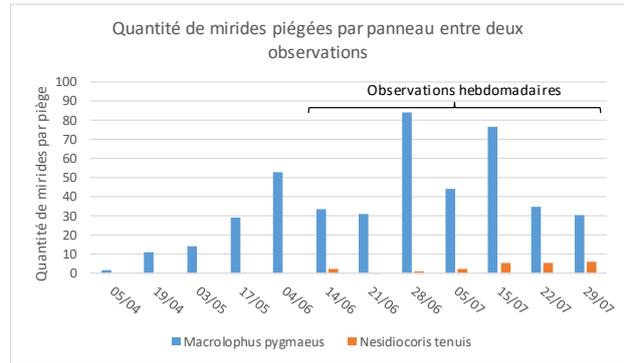


Figure 37 Quantité de mirides piégées sur les panneaux de détection

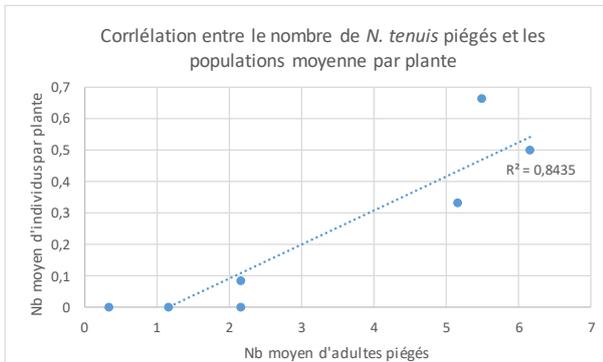


Figure 38 Corrélation entre le nombre de *N. tenuis* piégés et les populations (adultes, larves âgées et larves jeunes) observées en moyenne dans la serre

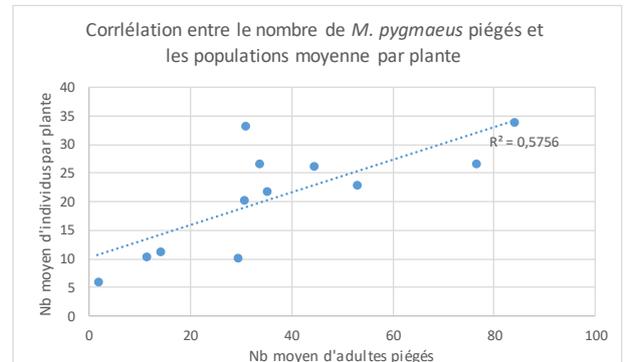


Figure 39 Corrélation entre le nombre de *M. pygmaeus* piégés et les populations (adultes, larves âgées et larves jeunes) observées en moyenne dans la serre

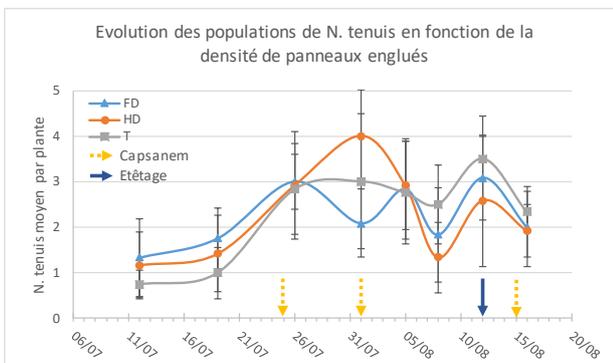


Figure 40 Impacts de la densité de panneaux englués sur les populations de *N. tenuis*. Les barres d'erreurs représentent les écarts-types des observations. Représentation des différence significatives : P-valeur >0.05 (*), >0.01 (**), >0.001 (***)

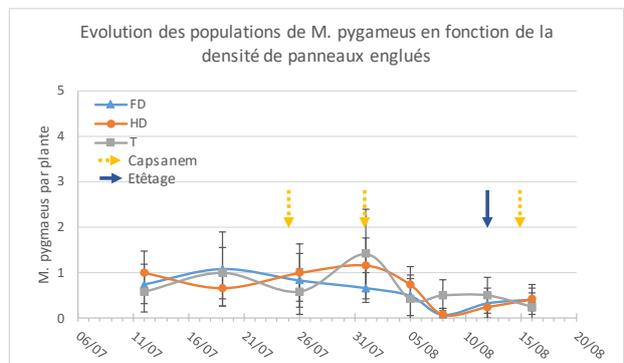


Figure 41 Impacts de la densité de panneaux englués sur les populations de *M. pygmaeus*. Les barres d'erreurs représentent les écarts-types des observations. Représentation des différence significatives : P-valeur >0.05 (*), >0.01 (**), >0.001 (***)

M. pygmaeus sont déjà affaiblies par les fortes températures. L'accumulation de ces différents facteurs peut accentuer cette diminution.

En 2019, l'application des nématodes dans la serre B accueillant le dispositif du piégeage de masse a permis de diminuer les populations de *Nesidiocoris tenuis* (figure). La première application réalisée le matin n'a pas montré d'efficacité. En revanche, la deuxième application réalisée dans l'après-midi montre une diminution de 6 % puis 36 % des populations de *N. tenuis* 4 jours et 7 jours après traitement. Les populations de *M. pygmaeus* sont également fortement impactées avec une diminution de 79% des individus présent sur les plantes 7 jours après application (figure 35).

3.4. Efficacité de la stratégie de protection globale

Pendant les 3 années d'observations, la présence de *N. tenuis* n'a pas occasionné de dégâts impactant la production. La combinaison des différentes méthodes employées dans les stratégies de gestion de *N. tenuis* a été satisfaisante pour le producteur.

3.5. Efficacité d'un piégeage de détection

Des panneaux jaunes englués ont été installés dans la serre A le 21 mars dans l'objectif d'assurer une détection préventive du ravageur *Nesidiocoris tenuis*. Les premiers individus de *N. tenuis* ont été repérés au même moment sur les panneaux et sur les plantes, soit le 14 juin. Lors des semaines suivantes, des individus sont retrouvés sur les panneaux alors qu'aucun n'est observé dans la serre (figure 36). Lors des premières observations, peu d'individus sont retrouvés sur les panneaux avec une moyenne de 4 à 5 *M. pygmaeus* piégés par semaine jusqu'au mois de mai. En revanche, à partir du début des observations hebdomadaires, la quantité de *M. pygmaeus* piégée dépasse les 30 individus par semaine (figure 37). A partir de la première détection de *N. tenuis*, les panneaux englués ont piégé en moyenne 3 *N. tenuis* par semaine contre 48 *M. pygmaeus*.

Une certaine corrélation a pu être constaté entre le nombre moyen d'individus de *Nesidiocoris tenuis* piégés par panneau et les populations moyennes observées dans la serre (figure 38). Cette corrélation n'est pas observée chez l'auxiliaire *Macrolophus pygmaeus* (figure 39).

3.6. Evaluation d'une nouvelle méthode de lutte par piégeage de masse

3.6.1. Effet sur les populations de *Nesidiocoris tenuis*

La première observation, le 12 juillet, correspond à la date d'installation des panneaux englués et constitue un point zéro. Pour l'ensemble des trois facteurs, il n'y avait pas de différences significatives entre les modalités à cette date. Lors de l'installation du dispositif expérimental, les populations du ravageur *N. tenuis* étaient d'environ 1 individu par plante.

Concernant l'influence de la densité des panneaux, une augmentation similaire des populations entre les 3 modalités est observée jusqu'au 26 juillet (figure 40). Les populations du ravageur ayant largement dépassé le seuil de 1 individu par plante, le producteur a déclenché l'application de nématodes avec le produit Capsanem. L'application réalisée le matin du 25 juillet n'a pas montré d'efficacité lors des observations la semaine suivante (figure 35). En revanche, les modalités présentent des moyennes éloignées mais aucune différence significative n'est observée (figure 40). Face à la faible efficacité du premier traitement, une nouvelle application de nématodes a été réalisée le 1 août dans l'après-midi. L'efficacité est visible les semaines suivantes et une diminution des populations du ravageur est observée (figure 40). A partir du 8 août, les populations de *N. tenuis* sont en moyenne légèrement plus faibles dans la modalité à haute densité de panneaux englués que dans les deux autres, la modalité témoin présentant la moyenne la plus élevée. En revanche, la variabilité à l'intérieur des modalités est très importante et aucune différence significative n'est constatée sur l'ensemble des observations réalisées. Lors de la dernière observation, le nombre d'individus

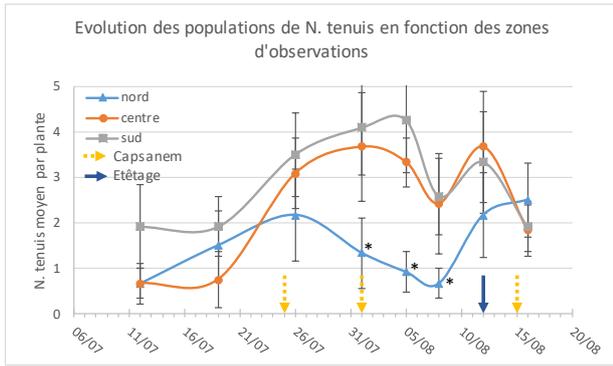


Figure 42 Influence de la zone d'observation sur les populations de *N. tenuis* dans le dispositif du piègeage de masse. Les barres d'erreurs représentent les écarts-types des observations. Représentation des différence significatives : P-valeur >0.05 (*), >0.01 (**), >0.001 (***)

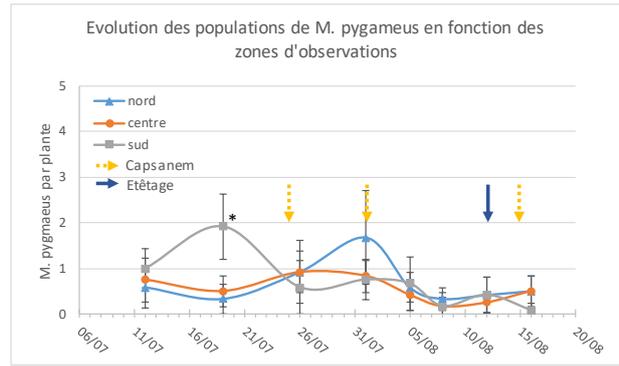


Figure 43 Influence de la zone d'observation sur les populations de *M. pygmaeus* dans le dispositif du piègeage de masse. Les barres d'erreurs représentent les écarts-types des observations. Représentation des différence significatives : P-valeur >0.05 (*), >0.01 (**), >0.001 (***)

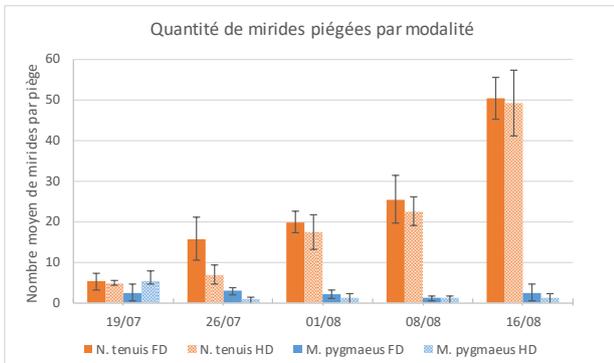


Figure 44 Quantité de mirides piégées par densité de panneaux englués. FD = Faible densité ; HD = Haute densité. Les barres d'erreurs représentent les écarts-types des observations. Représentation des différence significatives : P-valeur >0.05 (*), >0.01 (**), >0.001 (***)

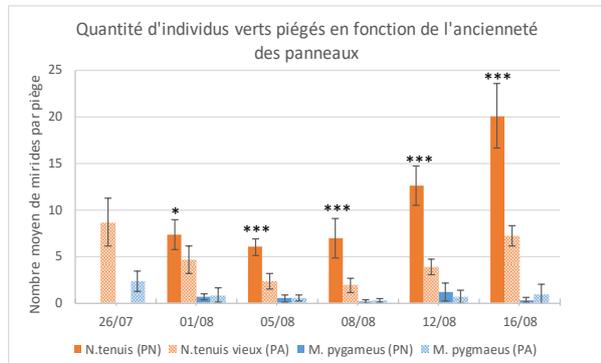


Figure 45 Quantité de mirides piégées récemment par type de panneaux. PN = panneau neuf ; PA = panneau ancien. Les barres d'erreurs représentent les écarts-types des observations. Représentation des différence significatives : P-valeur >0.05 (*), >0.01 (**), >0.001 (***)

observé chute de nouveaux (figure 35). Cette diminution des populations peut être expliquée par l'opération de taille réalisée en début de semaine. En effet, la fin de culture approchant, la croissance des plantes a été arrêtée par un étêtage réalisé le 12 août. Les apex ainsi coupés ont été enfermés dans des sacs et sortis de la serre pour évacuer les larves de *N. tenuis* présentes. Cette action combinée à la présence de nombreux panneaux semble avoir permis de diminuer les populations. Une application de Capsanem a également été réalisée le 15 août mais l'observation du lendemain est trop proche pour supposer une action des nématodes.

Les populations de l'auxiliaire *Macrolophus pygmaeus* ont été identiques entre les modalités pour toutes les observations (figure 41). Ces populations étaient d'environ 1 individu par plante avant l'application de nématodes, celle-ci ont chuté après la deuxième application. Aucune différence significative n'a été observée entre les modalités.

Les analyses réalisées ont mis en évidence une influence de la zone d'observation sur les populations de *N. tenuis* (figure 42). A partir du 1 août, la partie nord de la serre présente significativement moins d'individus que les deux autres zones. Cette différence survient après l'application de nématodes et peut être justifiée par une efficacité du traitement plus importante. Cette partie de la serre présente généralement une hygrométrie plus élevée et celle-ci peut influencer l'efficacité des nématodes. En effet, lors de la semaine pendant laquelle la seconde application a été réalisée, l'hygrométrie moyenne dans la partie nord était de 77% contre 65% dans la partie sud. Toutefois, cette différence de *N. tenuis* observé n'est plus visible deux semaines plus tard lorsque les populations augmentent de nouveau. Concernant *M. pygmaeus* une différence significative entre la zone sud et les autres a été observé lors de la deuxième observation (figure 43). Par la suite il n'y a eu aucune influence de la zone sur les populations de l'auxiliaire.

Le nombre d'adultes de *N. tenuis* et *M. pygmaeus* piégés par modalité est évaluée à partir des comptages des panneaux « neufs » remplacés chaque semaine (figure 44). Pendant le mois d'observation, la quantité de *M. pygmaeus* sur les pièges chromatiques était très faible et n'a pas dépassé le seuil de 5 individus par panneau. En revanche, le nombre d'adultes *N. tenuis* présents augmente chaque semaine. Lors de la dernière observation, la quantité d'adultes par piège a doublé avec près de 50 individus par panneaux. Cette augmentation peut être liée à l'opération d'étêtage réalisée le 12 août et l'application du Capsanem. En effet, ces deux actions peuvent provoquer l'envol des individus présents sur les plantes et ceux-ci peuvent ensuite se coller sur les panneaux proches de la canopée. L'analyse statistique réalisée ne met en évidence aucune différence significative de la quantité d'individus piégés entre les modalités.

3.6.2. Durée d'efficacité du piégeage

Le nombre d'individus piégés récemment, identifiés par leur couleur encore verte, de *N. tenuis* et *M. pygmaeus* a été évalué deux fois par semaine à partir du mois d'août (figure 45). La première observation correspond à la deuxième semaine d'installation des panneaux mais en raison d'une erreur de manipulation les individus verts n'ont pas été comptés sur les panneaux neufs. A partir du mois d'août, une différence significative du nombre de *N. tenuis* piégés est observée entre les panneaux dits « neufs » remplacés chaque semaine et les panneaux « anciens » non remplacés. Cette différence s'accroît par la suite. Le nombre de *N. tenuis* verts piégés par les panneaux neufs pendant le mois d'août est en moyenne de 10 individus alors qu'il n'est que de 4 individus pour les panneaux anciens. Les analyses n'ont montré aucune différence significative de *M. pygmaeus* piégés entre les deux types de panneaux.

4. Discussion

4.1. Biologie de *Nesidiocoris tenuis* et *Macrolophus pygmaeus*

Le projet IMPULsE et les observations réalisées au cours des différentes années ont permis d'approfondir les connaissances sur le ravageur *Nesidiocoris tenuis* et sur l'auxiliaire *Macrolophus pygmaeus*. De nombreux facteurs semblent influencer la dynamique des populations des deux mirides. Toutefois, des similitudes ont été observées entre les années.

En effet, lors des observations réalisées en 2017 et 2018, le ravageur *N. tenuis* semblait avoir une dynamique similaire avec une apparition dans la serre au mois de mai puis un développement intensifié au cours de l'été et un pic de population atteint au mois d'août. Le retard de développement du ravageur observé en 2019 a permis de poser de nouvelles hypothèses sur la dynamique de ces populations.

4.1.1. Une influence non négligeable des températures

Lors des différentes années du projet, les premières observations de *N. tenuis* ont débutées à partir du mois de mai ou juin. Les températures dans les serres en début de culture sont relativement constantes et pourraient permettre un développement plus précoce des populations du ravageur (annexe). En effet, d'après les différentes études réalisées, *N. tenuis* aurait besoin d'environ 278 degrés jours (DJ) pour accomplir son développement de l'œuf à l'adulte avec un seuil de température minimal de 12.9°C (Hughes et al., 2009). Cette quantité de degré-jours varie toutefois en fonction des études. Sanchez et al (2009) indique notamment un seuil de température minimal différent entre les œufs et les stades larvaires et de respectivement 10.3°C et 11.7°C. L'accumulation de ces degrés jours débiterait généralement à partir du mois de mars dans la région d'Avignon. Ces observations indiquent donc que les populations du ravageur arrivent chaque année depuis l'extérieur de la serre.

En 2019, les températures extérieures au printemps ont été plus faibles qu'au cours des deux autres années du projet. Les mois d'avril et mai pourraient correspondre à la période de développement du ravageur et expliquer son arrivée tardive dans la serre. Malgré les différentes études réalisées sur l'effet des températures sur le développement de *N. tenuis*, il reste difficile de prévoir la date d'entrée en serre du ravageur. Actuellement, peu de références sont disponibles sur les lieux ou la manière dont ce ravageur passe l'hiver. Toutefois, *N. tenuis* est sensible aux températures basses et ne peut actuellement pas se développer dans les pays d'Europe du Nord car il ne pourrait pas entrer en diapause (Hughes et al., 2009). Cette étude précise également que la LT50 (Lethal time 50%) de *N. tenuis* à 5°C est de 6 et 9 jours pour les larves et adultes respectivement (Hughes et al., 2009). Il est donc envisageable que les populations de *N. tenuis* se maintiennent durant l'hiver dans d'autres cultures abritées.

Les températures à l'intérieur de la serre jouent également un rôle important dans le développement de l'auxiliaire *Macrolophus pygmaeus* et du ravageur *Nesidiocoris tenuis*. En effet, la vitesse de développement des deux mirides est dépendante des températures (Perdikis and Lykouressis, 2002; Hughes et al., 2009; Sanchez et al., 2009; Gavkare and Sharma, 2017). Chaque année une diminution des populations de *M. pygmaeus* est observée durant l'été. En 2017 et 2018 cette observation correspondait aux périodes d'accroissement des populations de *N. tenuis*. Il a donc d'abord été supposé que les chutes des populations de *M. pygmaeus* étaient liées à l'interaction avec *N. tenuis* et surtout à l'impact des traitements réalisés pour le réguler. Or en 2019, cette même diminution est observée en l'absence du ravageur et donc de traitement contre celui-ci. Cette chute des populations survient chaque année après un épisode de forte chaleur caractérisé par des températures dépassant les 30°C pendant plusieurs heures de la journée et ce pendant plusieurs jours. De plus, *M. pygmaeus* est connu pour être sensible aux fortes températures. En effet, des études indiquent un taux de mortalité larvaire de près de 50% lorsque les températures atteignent 30°C et un taux de 100% avec des températures de 35°C (Perdikis and Lykouressis, 2000). En comparaison, la mortalité larvaire de *N. tenuis* est de 100% à partir de 40°C (Sanchez et al., 2009).

Lors de ces différentes périodes de fortes chaleurs, une augmentation des populations de *N. tenuis* a été globalement observée malgré l'application de traitements de régulation. Ces résultats sont cohérents avec la bibliographie. En effet, différentes études ont prouvées que le ravageur *N. tenuis* supportait mieux les fortes chaleurs que l'auxiliaire *M. pygmaeus*, il est notamment identifié comme l'espèce la plus thermophile des mirides de la méditerranée (Sanchez et al., 2009; Martínez-García et al., 2016). De plus, les populations peuvent augmenter très rapidement en fonction des températures et la fertilité de *N. tenuis* est importante. En effet, lorsque les températures sont de 20°C, les adultes émergeant peuvent pondre des œufs dans les 24 à 48 heures suivante (Hughes et al., 2009). Dans leur étude, Sanchez et al (2009) indiquent également que la fertilité à 30 et 35°C n'est pas différente significativement de celle à 20°C et peut atteindre près de 80 larves par femelle. Les populations de *N. tenuis* peuvent ainsi doubler en une moyenne de 6.3 jours à 27°C (Baños-Díaz et al., 2017).

Dans le cadre du projet IMPULsE, les capteurs climatiques ont été placés à des endroits différents afin d'étudier le comportement de *M. pygmaeus* lors de la première année du projet puis de *N. tenuis* lors de la seconde. De nombreux facteurs peuvent influencer l'évolution des populations mais nous pouvons toutefois supposer que lorsque les températures dépassent 30°C sur une période prolongée, les populations de *M. pygmaeus* seront fortement impactées négativement alors que celles de *N. tenuis* auront tendance à augmenter. Afin de limiter, ce phénomène la gestion des températures dans la serre apparait comme primordial. En effet, celle-ci doit permettre d'assurer une croissance optimale à la plante tout en maintenant les populations d'auxiliaires et réduisant l'effet néfaste du ravageur *Nesidiocoris tenuis*.

4.1.2. Une répartition spatiale différente entre les espèces

Les données récoltées montrent que *N. tenuis* est majoritairement présent dans les parties supérieures des plantes. En effet, environ 80% des populations sont retrouvées en têtes et à l'inverse les populations de *M. pygmaeus* se situent au cœur des plantes. Ces résultats sont cohérents avec ceux obtenus par Arno et al (2010) indiquant une présence de 88,5% de *N. tenuis* sur le premier tier de la plante.

En 2019, cette observation diffère et les populations de *M. pygmaeus* semblent mieux réparties sur la plante en l'absence du ravageur. Toutefois, des études indiquent que la présence de *N. tenuis* n'influence pas la répartition de *M. pygmaeus* et que celui-ci se trouve généralement en milieu de plante (Moreno-Ripoll et al., 2012; Perdakis et al., 2014). Plusieurs hypothèses sont possibles pour expliquer ces observations. Les différences observées peuvent être liées aux températures. En effet, les températures de la serre étaient globalement plus élevées en 2018 qu'en 2019 et *M. pygmaeus* pourrait descendre dans la plante pour rester à des températures plus faibles. Ces différences pourraient également être liées au nombre de feuilles évaluées pour les comptages.

Les données obtenues dans le projet permettent toutefois de confirmer la présence de *N. tenuis* en tête de plante et celle de *M. pygmaeus* dans les parties centrales. Les interventions réalisées pour réguler les populations de *N. tenuis* doivent donc être localisée en tête pour limiter l'impact sur *M. pygmaeus*.

4.1.3. Un impact de la présence de proies sur le développement de *N. tenuis*

Au cours des années du projet, les périodes d'augmentations de *N. tenuis* semblent correspondre aux périodes d'accroissement des populations d'aleurodes. L'année 2019 a présenté une très faible pression aleurodes et des populations très importantes de l'auxiliaire *M. pygmaeus*. Le nombre de proies disponibles pour le développement de *N. tenuis* était donc très faible. De plus, le ravageur ne peut pas compléter son développement et meurt en l'absence de proies (Urbaneja et al., 2005; Varshney et al., 2017). Ces éléments ainsi que les températures pourraient expliquer le décalage d'apparition des populations. La présence de proies pourrait donc constituer un élément influençant le développement des populations de

N. tenuis. Nous pouvons donc supposer qu'une bonne gestion des autres ravageurs pouvant constituer une source de nourriture permettrait également de limiter les populations de *N. tenuis*.

4.2. Stratégie de gestion de *Nesidiocoris tenuis*

4.2.1. Les moyens de protection à dispositions des producteurs

Les différentes combinaisons de méthodes de lutttes utilisées par le producteur ont été étudiée au cours du projet. Ainsi la première année, les stratégies comportaient des moyens de lutttes mécaniques et chimiques. La seconde année portait sur l'application de nématodes tout en conservant des moyens de lutttes chimiques. Puis en dernière année des méthodes de biocontrôles combinées à une méthode de piégeage. Les observations étant réalisées directement chez un producteur, la mise en place d'un témoin n'était pas envisageable pour l'évaluation de ces méthodes. Les différentes stratégies ont donc été comparées entre elles annuellement malgré la quantité de facteurs pouvant influencer le développement du ravageur et de l'auxiliaire. D'une manière générale, le producteur déclenche une intervention lorsqu'un individu par plante est repéré.

Concernant les méthodes de lutte mécanique, le retrait des bourgeons axillaires semble pourrait montrer un réel intérêt mais la méthode est difficile à évaluer car réalisée de façon routinière. Les suivis des populations au cours du projet ont permis de constater que les larves étaient majoritairement présentes au niveau des jeunes pousses. Lors des opérations de taille, l'exportation de ces pousses hors de la serre en les plaçant dans des sacs fermés permettrait donc de retirer une partie des populations de la culture. Des observations ponctuelles des sacs ont permis de constater l'intérêt de cette méthode mais une expérimentation nécessiterait d'être mise en place pour quantifier son efficacité réelle. La gestion des déchets semble primordiale pour une bonne efficacité. En effet, si les sacs comportant les jeunes pousses sont laissés dans la serre, les larves peuvent s'en échapper. Les sacs doivent être placés en extérieur au soleil pendant quelques jours pour tuer les populations présentes puis les déchets peuvent être compostés.

Concernant les méthodes d'aspirations, de nouvelles expérimentations sont nécessaires. En supposant que les années 2017 et 2018 sont comparables car ayant eu les même températures extérieures, le nombre d'adultes observés en 2018 était plus important qu'en 2017 pendant la période des aspirations. Les résultats indiquent également un retard sur l'apparition des larves âgées. L'utilisation de l'aspirateur pourrait donc avoir permis de diminuer les populations adultes et éventuellement empêcher leur accouplement et donc l'émergence de larves. Toutefois, il est difficile de conclure à une efficacité car de nombreux facteurs influencent le développement des populations, notamment la présence de proies et les températures. De plus, d'autres études évaluant l'effet des aspirateurs sur la punaise *Lygus lineolaris* montrent des résultats d'efficacité variables et la nécessité de combiner cette méthode avec d'autres moyens de lutte (Vincent and Lachance, 1993; Rancourt et al., 2003). De plus, la période de ponte de *N. tenuis* est située entre 24 et 48 heures après l'émergence des adultes (Hughes et al., 2009). Il parait donc difficile qu'une aspiration par semaine suffisent à limiter les pontes du ravageur. Toutefois, en supposant un effet de cette méthode sur les populations de *N. tenuis*, celle-ci reste contraignante. En effet, l'aspiration est réalisée toutes les semaines et nécessite une main d'œuvre importante. Environ 25 heures sont nécessaires à l'aspiration d'un hectare de serre et une personne doit donc être dédiée à cette opération. Le coût de la mise en place d'un tel moyen de lutte est donc très important pour une efficacité non prouvée et une dynamique des populations finalement assez similaire entre 2017 et 2018. La mise en place d'expérimentation dans une station dédiée pourrait cependant permettre de quantifier l'efficacité de cette méthode. De plus des moyens d'aspirations automatisés et plus performant pourraient être employés limitant ainsi la main d'œuvre nécessaire à la réalisation de cette opération.

L'utilisation des méthodes chimiques a montré une efficacité variable au cours des années du projet. En effet, en 2017 les applications ont permis de diminuer les populations mais en 2018 celle-ci ont augmentées à plusieurs reprises après application. De plus, l'utilisation de ces produits implique de nombreuses contraintes. Le produit possède notamment un délai avant récolte de 3 jours et une rémanence qui pourrait être toxique aux populations d'auxiliaires. De plus, l'utilisation de produits chimiques pourrait entraîner l'apparition de résistances et une réduction de l'efficacité par la suite. Cette méthode n'est en plus pas compatible avec les objectifs de réduction des produits phytosanitaires. Pour ces raisons, le moyen de lutte chimique ne semble pas présenter d'intérêt.

En revanche, l'utilisation des nématodes entomopathogènes a montré des résultats encourageants. En effet, l'application du produit Capsanem a permis de réduire les populations de *N. tenuis* à plusieurs reprises. Toutefois, les conditions d'applications semblent jouer un rôle primordial sur l'efficacité des nématodes. Il est conseillé de réaliser les applications lorsque les températures sont élevées afin de limiter la présence de *M. pygmaeus* en tête de plante. De plus, l'hygrométrie de la serre doit être importante et autour de 70% pour assurer une bonne efficacité des nématodes. Les populations de larves jeunes sont ainsi réduites de 60% en 7 jours et les populations globales diminuent de près de 25%. Deux semaines après application des nématodes les populations ont tendance à augmenter de nouveau en raison de la croissance rapide de *N. tenuis* et l'absence de rémanence. Les nématodes ont également un impact non négligeable sur l'auxiliaire *M. pygmaeus* dont les populations sont déjà affaiblies par les températures. L'utilisation de ces nématodes peut présenter de nombreux avantages, notamment par l'absence de délai avant récolte et ils peuvent s'intégrer dans une démarche de commercialisation zéro résidu par exemple.

4.2.2. Les nouveaux outils testés dans le projet

Au cours des années du projet, l'utilisation de pièges chromatiques est apparue comme une nouvelle alternative à exploiter pour la gestion du ravageur *N. tenuis*. Le dispositif mis en place au cours de l'année 2019 comportait ainsi plusieurs densités de panneaux englués jaunes. Dans les conditions de l'essai, aucune différence significative pour réduire les populations de *N. tenuis* n'a été observée entre les modalités. Toutefois, plusieurs facteurs peuvent avoir masqué l'efficacité de cette méthode de lutte. En effet, il est possible que les ravageurs attirés par la couleur jaune se soient éloignés des zones témoins ne comprenant pas de panneaux. De plus, le dispositif a été implanté dans une autre serre que celle prévu à l'origine. Les populations n'étaient donc pas suivies régulièrement dans cette zone. Toutefois, l'installation a pu être effectuée comme prévu initialement au moment où le seuil de 1 individu par plante a été atteint. Cette mise en place pourrait cependant être trop tardive, la première génération étant déjà en place, une quantité importante de larves ont ensuite émergé. En effet, les populations ont fortement augmenté et ont nécessité une intervention avec des nématodes. Cette application a permis de faire diminuer les populations mais une différence d'efficacité en raison de l'hygrométrie a été observée. Ainsi la partie nord de la serre a présenté significativement moins de ravageur que les autres parties. Cet effet de la zone a pris le dessus sur un éventuel effet de la modalité testée. Toutefois, l'objectif du projet est de proposer une gestion globale des populations, l'application de nématodes était donc intéressante pour l'expérimentation car elle représentait une bonne combinaison de méthodes. Il semble toutefois compliqué d'installer les panneaux de manière plus précoce en raison de l'impact possible sur les populations de l'auxiliaire *M. pygmaeus*.

Les panneaux mis en place ont piégé de nombreux *N. tenuis* pendant toute la durée de l'essai. En revanche, une nette distinction est observée entre les panneaux remplacés et ceux laissés en place. En effet, la durée d'efficacité du piégeage semble être optimale pendant 2 semaines. Les panneaux non remplacés piègent ensuite de moins en moins de mirides. Cette observation peut être expliquée par la salissure provoquée par les résidus d'insectes et de plantes. En effet, les panneaux peuvent ensuite être moins attractifs et moins collants lorsqu'ils sont laissés en place dans la serre.

L'installation d'un tel dispositif représente actuellement un coût important. En effet, le prix de ces pièges est d'environ 60 centimes d'euros par panneau. Avec une densité de 2,5 ou 5 panneaux par mètre linéaire le coût de cette installation reviendrait donc à 1450 euros ou 725 euros par hectare, auxquels doivent s'ajouter le coût de la main d'œuvre pour la mise en place. En comparaison, les produits appliqués contre *N. tenuis* en 2018 (Affrim et Capsanem) ont eu un coût total de 881 euros par hectare. L'installation d'un tel dispositif chez un producteur peut donc être compromise en raison du coût actuel des panneaux et encore plus si ils doivent être remplacés.

Les données obtenues cette année avec le dispositif en place ne permettent pas de prouver une efficacité d'un piégeage de masse pour limiter les populations du ravageur *Nesidiocoris tenuis*. En revanche, il serait intéressant d'améliorer le dispositif est d'évaluer en conditions contrôlées l'efficacité de ce piégeage chromatique. En effet, la mise en place d'une telle expérimentation chez un producteur est contraignante car les risques doivent être limités pour assurer une production suffisante. Il est également possible que l'effet de cette méthode ne soit visible que sur le long terme alors que les conditions particulières de l'année liées à l'absence de ravageur ont retardé la mise en place du dispositif. Cette expérimentation pourrait donc être renouvelée avec des densités de panneaux plus importants mais également avec un témoin disposant de panneaux jaunes non engluées. Ainsi l'influence de la couleur des panneaux sur les éventuels déplacements du ravageur serait limitée. De plus, les panneaux pourraient être installés plus tôt pour éviter le développement de la première génération de *N. tenuis* mais aussi pour évaluer l'impact sur l'auxiliaire *M. pygmaeus*.

4.2.3. Nouvelles pistes pour une gestion de *N. tenuis* compatible avec la PBI

L'utilisation des pièges chromatiques semble montrer un bon potentiel dans le cas d'un piégeage de détection. En effet, les panneaux mis en place dans la serre d'études des populations ont permis de constater la présence d'adultes lorsque les observations sur les plantes n'en indiquaient pas. Une corrélation a également pu être mise en évidence entre le nombre moyen d'individus piégés par panneau et la population moyenne observée par plante. Ainsi, ce piégeage a montré un réel intérêt avec seulement 6 panneaux déployés dans une serre d'un hectare. Ce dispositif pourrait être utilisé comme un outil d'aide à la décision pour connaître le développement du ravageur et prévoir les interventions nécessaires à sa gestion. Ces panneaux pourraient donc être placés à des endroits stratégiques de la serre, notamment au niveau des bordures pouvant représenter des zones d'entrée du *N. tenuis*.

Dans plusieurs pays, *Nesidiocoris tenuis* est introduit dans les cultures en tant qu'auxiliaire pour son efficacité à réguler les populations de *Tuta absoluta* et *Bemisia tabaci* notamment (Pérez-Hedo and Urbaneja, 2016; Varshney et al., 2017). Son activité phytophage est connue, mais il est souvent considéré que sa capacité de prédation aura un impact bénéfique plus important que les dégâts pouvant être occasionnés (Castañé et al., 2011).

4.3. Apport du projet IMPULsE pour la filière

Les suivis de populations réalisés dans le cadre du projet IMPULsE cherchaient à caractériser les méthodes de lutttes disponibles pour la gestion du ravageur *Nesidiocoris tenuis*. L'objectif final étant de proposer un protocole d'application de ces méthodes pour une meilleure gestion de ce ravageur. De nombreuses questions restent à approfondir et l'évaluation des méthodes doit être poursuivie, toutefois quelques éléments de réponses peuvent être apportées.

Dans un premier temps, la surveillance des populations semble primordiale. En effet, les populations se multipliant très vite, les premières interventions doivent être réalisées avant que les populations ne s'installent. Afin de faciliter cette surveillance, l'installation de quelques panneaux chromatiques dans la serre pourrait permettre de connaître les périodes d'arrivées

dans la culture de *N. tenuis*. Ces panneaux doivent être observés et remplacés régulièrement pour assurer une bonne efficacité.

Le climat influence de façon importante le développement de *N. tenuis*, des études pourraient être mises en place pour étudier le comportement de ce ravageur pendant l'hiver. En effet, *N. tenuis* ne semble pas avoir les caractéristiques physiologiques pour réaliser une diapause et pourrait donc passer l'hiver dans d'autres cultures (Hughes et al., 2009). Les températures extérieures peuvent également être consultées afin de calculer le cumul des degrés-jours nécessaire au développement du ravageur. Cependant plusieurs questions sur la méthodologie à appliquer persistent notamment par rapport à la période de début de ce calcul. De plus, la gestion climatique de la serre permettrait de conserver les populations de l'auxiliaire *M. pygmaeus* tout en limitant l'accroissement des populations de *N. tenuis*. L'installation d'ombrières ou l'utilisation d'une brumisation plus importante pourraient être envisagée pour éviter que les températures ne dépassent les 30°C sur des périodes prolongées. Cette gestion climatique paraît toutefois difficile dans la région notamment en période de canicule.

Lorsque les premiers individus sont observés, des méthodes de prophylaxie comme le retrait des jeunes pousses peuvent être pratiquées. Les sacs contenant les bourgeons et les éventuelles larves doivent être exportés et placés au soleil puis les déchets végétaux traités classiquement.

Pour finir, l'utilisation de nématodes entomopathogènes semble pouvoir diminuer les populations de *N. tenuis*. Les nématodes peuvent cependant fortement impacter les populations de *M. pygmaeus*. Ces applications doivent être localisées en tête de plante où le ravageur est concentré afin de limiter l'impact sur l'auxiliaire. De plus, il est conseillé de réaliser ces applications aux heures chaudes et avec une hygrométrie importante pour assurer une meilleure efficacité.

Ces méthodes pourraient permettre de limiter le développement des populations dans un cas de pression assez faible comme cela a été le cas en 2019. Toutefois, de nouvelles pistes restent à explorer dans des conditions contrôlées afin de proposer des moyens de gestion adaptées aux cas de fortes pressions du ravageur mais également pour mieux comprendre le développement de cet insecte dans les conditions climatiques et environnementales de la France.

5. Conclusion

Le ravageur *Nesidiocoris tenuis* peut fortement impacter la production de manière directe par son action phytophage et indirecte par l'impact des traitements sur la protection biologique intégrée en place. A travers le projet IMPULsE, le développement de ce ravageur et ses interactions avec l'auxiliaire *Macrolophus pygmaeus* ont été étudiées dans une serre de production de la région Sud-PACA. Les observations réalisées reflètent ainsi un exemple de situation rencontrée par les producteurs de la région et les moyens de luttés à leurs dispositions. Les résultats obtenus mettent en évidence la complexité de gestion des équilibres entre l'auxiliaire *M. pygmaeus* et le ravageur *N. tenuis* dans une serre en PBI.

La réalisation de ce projet chez un producteur permet de confronter les données issues de la bibliographie aux réalités de la production. En effet, les conditions environnementales et climatiques influencent fortement les différentes stratégies utilisées. Ainsi, en 2019 la pression du ravageur *N. tenuis* a été particulièrement faible et a permis de comparer les différentes situations annuelles et de mettre en avant des facteurs influençant l'évolution des populations. Le climat apparaît ainsi comme un aspect primordial de la gestion des populations de l'auxiliaire *M. pygmaeus* mais aussi du ravageur *N. tenuis*. En effet, il peut provoquer la diminution des populations d'auxiliaires mais aussi influencer le développement du ravageur et l'efficacité des traitements.

Les trois années du projet ont permis d'élaborer un début de protocole de gestion de *N. tenuis* combinant plusieurs méthodes alternatives qu'il reste à approfondir en intégrant de nouvelles. La mise en place d'essais en serre expérimentale permettrait également de prendre plus de risque et d'aller plus loin dans l'évaluation de méthodes alternatives. En effet, les essais réalisés chez un producteur impliquent de limiter les risques pour ne pas pénaliser la production de manière trop importante. De ce fait, les évaluations réalisées n'ont pas eu de réel de témoin non traité. De plus, les expérimentations en espace contrôlé permettraient d'identifier plus clairement l'efficacité de chaque méthode. Ainsi, le piégeage chromatique de masse n'a pas montré d'influence sur les populations de *N. tenuis* dans les conditions de l'essai et nécessite une nouvelle expérimentation.

Pour améliorer ce protocole de gestion de *N. tenuis*, de nouvelles pistes comme la mise en place de plantes pièges pourraient être envisagées pour limiter l'impact du ravageur sur les plantes. Certains aspects de la biologie du ravageur restent à élucider notamment en ce qui concerne les périodes hivernales en France voir la création d'un modèle de développement du ravageur en fonction des températures extérieures.

Enfin, l'utilisation de *Nesidiocoris tenuis* en tant qu'auxiliaire dans d'autres pays alors qu'il est considéré comme un ravageur en France, laisse de nombreuses interrogations et perspectives d'études. Ainsi, les questions sur les conditions de cultures, les aspects variétaux, l'agressivité des populations ou encore l'interaction avec l'auxiliaire *Macrolophus pygmaeus* constituent de nouvelles pistes à étudier.

Bibliographie

- Arnó J, Castañé C, Riudavets J, Gabarra R** (2010) Risk of damage to tomato crops by the generalist zoophytophagous predator *Nesidiocoris tenuis* (Reuter) (Hemiptera: Miridae). *Bulletin of Entomological Research* **100**: 105–115
- Arnó J, Castañé C, Riudavets J, Roig J, Gabarra R** (2006) Characterization of damage to tomato plants produced by the zoophytophagous predator *Nesidiocoris tenuis*. *IOBC/WPRS Bull* **29**: 249–254
- Baños-Díaz HL, Ruiz-Gil T, del Toro-Benítez M, Mirada-Cabrera I, Martínez-Rivero M de los A** (2017) Desarrollo, reproducción y tablas de vida de *Nesidiocoris tenuis* Reuter empleando como presa estadios inmaduros de mosca blanca. *Revista de Protección Vegetal* **32**: 00–00
- Biondi A, Zappalà L, Di Mauro A, Tropea Garzia G, Russo A, Desneux N, Siscaro G** (2016) Can alternative host plant and prey affect phytophagy and biological control by the zoophytophagous mirid *Nesidiocoris tenuis*? *BioControl* **61**: 79–90
- Calvo FJ, Bolckmans K, Belda JE** (2012) Release rate for a pre-plant application of *Nesidiocoris tenuis* for *Bemisia tabaci* control in tomato. *BioControl* **57**: 809–817
- Calvo J, Bolckmans K, Stansly PA, Urbaneja A** (2009) Predation by *Nesidiocoris tenuis* on *Bemisia tabaci* and injury to tomato. *BioControl* **54**: 237–246
- Castañé C, Arnó J, Gabarra R, Alomar O** (2011) Plant damage to vegetable crops by zoophytophagous mirid predators. *Biological Control* **59**: 22–29
- Durairaj C, Shobanadevi R, Suresh S, Natrajan S** (2007) A NON-CHEMICAL METHOD FOR THE MANAGEMENT OF LEAFMINER *LIRIOMYZA TRIFOLII* AND WHITEFLY *BEMISIA TABACI* IN BRINJAL. *Acta Horticulturae* 527–530
- FranceAgriMer** (2018) Fruits et légumes. Chiffres clés 2017.
- Gavkare O, Sharma PL** (2017) Influence of Temperature on Development of *Nesidiocoris tenuis* (Reuter) Preying on *Trialeurodes vaporariorum* (WESTWOOD) on Tomato. *Entomological News* **127**: 230–241
- Ginez A, Brun V** (2017) Stratégie de protection contre la punaise *Nesidiocoris tenuis* : Projet IMPULsE 2017.
- Ginez A, Gonzalez N** (2018) Stratégie de protection contre la punaise *Nesidiocoris tenuis* : Projet IMPULsE 2018.
- Hughes GE, Bale JS, Sterk G** (2009) Thermal biology and establishment potential in temperate climates of the predatory mirid *Nesidiocoris tenuis*. *BioControl* **54**: 785–795
- Kim JG, Lee WH, Yu YM, Yasunaga C, Jung SH** Lifecycle, Biology, and Descriptions of Greenhouse Biological Control Agent, *Nesidiocoris tenuis* (Reuter, 1895) (Hemiptera: Miridae). 7
- van Lenteren J** (2007) Biological control for insect pests in greenhouses: An unexpected success. *Biological Control: A Global Perspective* 105–117
- Lu Y, Bei Y, Zhang J** (2012) Are Yellow Sticky Traps an Effective Method for Control of Sweetpotato Whitefly, *Bemisia tabaci*, in the Greenhouse or Field? *Journal of Insect Science* **12**: 1–12
- Malausa J-C** (1989) Lutte intégrée sous serre: les punaises prédatrices Mirides dans les cultures de Solanacées du sud-est de la France.
- Malausa JC, Ehanno B** (1988) First observations in France of *Cyrtopeltis* (*Nesidiocoris*) *tenuis* Reuter, 1895 (Het. Miridae). *Nouvelle Revue d'Entomologie* 5:
- Martínez-García H, Román-Fernández LR, Sáenz-Romo MG, Pérez-Moreno I, Marco-Mancebón VS** (2016) Optimizing *Nesidiocoris tenuis* (Hemiptera: Miridae) as a biological control agent: mathematical models for predicting its development as a function of temperature. *Bulletin of Entomological Research* **106**: 215–224
- Michelet B, Timoteo J** (2019) Agreste, la statistique agricole, région Provence-Alpes-Côte d'Azur.

- Mollá O, Biondi A, Alonso-Valiente M, Urbaneja A** (2014) A comparative life history study of two mirid bugs preying on *Tuta absoluta* and *Ephestia kuehniella* eggs on tomato crops: implications for biological control. *BioControl* **59**: 175–183
- Moreno-Ripoll R, Agustí N, Berrueto R, Gabarra R** (2012) Conspecific and heterospecific interactions between two omnivorous predators on tomato. *Biological Control* **62**: 189–196
- Perdikis D, Fantinou A, Garantonakis N, Kitsis P, Maselou D, Panagakis S** (2009) Studies on the damage potential of the predator *Nesidiocoris tenuis* on tomato plants. 6
- Perdikis D, Lucas E, Garantonakis N, Giatropoulos A, Kitsis P, Maselou D, Panagakis S, Lampropoulos P, Paraskevopoulos A, Lykouressis D, et al** (2014) Intraguild predation and sublethal interactions between two zoophytophagous mirids, *Macrolophus pygmaeus* and *Nesidiocoris tenuis*. *Biological Control* **70**: 35–41
- Perdikis D, Lykouressis D** (2000) Effects of Various Items, Host Plants, and Temperatures on the Development and Survival of *Macrolophus pygmaeus* Rambur (Hemiptera: Miridae). *Biological Control* **17**: 55–60
- Perdikis DCh, Arvaniti KA, Papadimitriou DM** (2017) Effects of sticky traps on *Dacnusa sibirica*, *Diglyphus isaea* and *Nesidiocoris tenuis*. *ENTOMOLOGIA HELLENICA* **25**: 1
- Perdikis DCh, Lykouressis DP** (2002) Thermal Requirements for Development of the Polyphagous Predator *Macrolophus pygmaeus* (Hemiptera: Miridae). *Environmental Entomology* **31**: 661–667
- Pérez-Hedo M, Urbaneja A** (2016) The Zoophytophagous Predator *Nesidiocoris tenuis*: A Successful But Controversial Biocontrol Agent in Tomato Crops. *Advances in insect control and resistance management*. Springer Berlin Heidelberg, New York, NY, pp 121–138
- Raman K, Sanjayan KP** (1984) Histology and histopathology of the feeding lesions by *Cyrtopeltis tenuis* Reut. (Hemiptera: Miridae) on *Lycopersicon esculentum* Mill. (Solanaceae). 5
- Rancourt B, Vincent C, De Oliveira D** (2003) Field Evaluation of Efficacy and Persistence of an Insect Vacuum Device Against the Tarnished Plant Bug (Hemiptera: Miridae) in a Day-Neutral Strawberry Field. *Journal of Economic Entomology* **96**: 401–406
- Sanchez JA** (2008) Zoophytophagy in the plantbug *Nesidiocoris tenuis*. *Agricultural and Forest Entomology* **10**: 75–80
- Sanchez JA, Lacasa A, Arnó J, Castañé C, Alomar O** (2009) Life history parameters for *Nesidiocoris tenuis* (Reuter) (Het., Miridae) under different temperature regimes. *Journal of Applied Entomology* **133**: 125–132
- Terrentroy A, Ginez A, Goillon C** (2019) Protection de la tomate sous abri.
- Trottin-Caudal Y** (2011) Maîtrise de la protection intégrée : tomate sous serres et abris.
- Trottin-Caudal Y, Fournier C, Leyre J, Chabriere C** (2006) La tomate sous serre dans le sud-est de la France - Protection contre la punaise *Nesidiocoris tenuis*. *Infos Ctifl* 30–35
- Urbaneja A, Tapař G, Stansly P** (2005) Influence of host plant and prey availability on developmental time and survivorship of *Nesidiocoris tenuis* (Het.: Miridae). *Biocontrol Science and Technology* **15**: 513–518
- Varshney R, Division of Insect Ecology, ICAR-National Bureau of Agricultural Insect Resources, P.B. No. 2491, H.A Farm Post, Bellary Road, Hebbal , Bangalore - 560024, Karnataka, India., R. Ballal C, Division of Insect Ecology, ICAR-National Bureau of Agricultural Insect Resources, P.B. No. 2491, H.A Farm Post, Bellary Road, Hebbal , Bangalore - 560024, Karnataka, India.** (2017) Studies on evaluation of *Nesidiocoris tenuis* (Reuter) (Hemiptera: Miridae) preying on invasive insect pest *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) and its damage to tomato plant. *Journal of Biological Control* **31**: 69–73
- van der Velder N, Suay R, Urbaneja A, Giorgini M, Ruocco M, Poncet C, Lefèvre A** (2012) Recent developments and market opportunities for IPM in greenhouse tomatoes in southern Europe; Consequences for advanced IPM toolboxes and greenhouse engineering. 43

Vincent C, Lachance P (1993) Evaluation of a Tractor-Propelled Vacuum Device for Management of Tarnished Plant Bug (Heteroptera: Miridae) Populations in Strawberry Plantations. *Environmental Entomology* **22**: 1103–1107

Yabas C ((Plant PRI, Ulubilir A, Yigit A (2000) Effect of mass trapping by yellow sticky traps in controlling of leafminer, *Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae) injurious on vegetables in greenhouses in Icel (Turkey). *IOBC WPRS Bulletin*

Sitographie

Chambre d'agriculture PACA, Productions végétales [En ligne]. Disponible sur : <https://paca.chambres-agriculture.fr/notre-agriculture/productions-vegetales> (consulté le 15 mai 2019)

A. D., 2019, Vegetable : Le risque du virus TOBRFV se précise. [En ligne]. Disponible sur <http://vegetable.fr/2019/04/15/le-risque-du-virus-tobrfv-se-precise>. (consulté le 10 mai 2019)

Infoclimat, Climatologie de l'année 2019 à Avignon [En ligne]. Disponible sur : <https://www.infoclimat.fr/climatologie/annee/2019/avignon/valeurs/07563.html> (consulté le 10 août 2019)

Annexe 1 : Fiche produit Capsanem



surface à traiter. Agiter continuellement la bouillie dans le réservoir du pulvérisateur (pompe de recirculation).

Préparation de la bouillie :
Mettre des gants et un masque avant de manipuler le produit.
Verser le contenu d'un sachet dans un seau contenant 2L d'eau (15 à 20 °C), soit 20L pour l'ensemble de la boîte. Utiliser les sachets dans leur intégralité, la distribution des nématodes dans le sachet n'étant pas homogène.
Bien remuer et laisser se diluer le contenu pendant 5 minutes. Bien mélanger à nouveau et verser le contenu dans la moitié du réservoir du pulvérisateur. Compléter le réservoir avec la quantité d'eau nécessaire.
Pour optimiser l'efficacité de la bouillie, ajouter l'adjuvant SQUAD à 0,15% dans la limite de 1,5L/ha.
Pulvériser la bouillie immédiatement après préparation.

Conditions requises :
La température doit être comprise entre 14 et 35°C (T° du sol ou de l'air selon le type d'application). Les nématodes sont sensibles à la lumière (UV) : éviter d'appliquer les nématodes en plein soleil, traiter le soir de préférence.
Pour un résultat optimal, la surface du sol doit être humide avant application et conservée humide pendant deux semaines après l'application. En cas de traitement foliaire, maintenir une humidité du feuillage pendant plusieurs heures après l'application.

Compatibilités : Contacter votre distributeur avant d'utiliser CAPSANEM en mélange avec des produits de protection des plantes ou adjuvants.

2 500 000 000 STEINERNEMA CARPOCAPSAE
10 sachets de 250 millions de nématodes
Code produit : FR52719C

CAPSANEM permet de contrôler principalement les larves de pyrales, noctuelles, courtillères, capnodes et de la Galéruque de l'orme. Elle est également efficace contre les stades larvaires de la punaise *Nesiodorcas tenuis*.

Composition : 90,5% *Steinernema carpoapsae*, 9,5% support inerte.

Mode d'action :
Les nématodes entrent dans la larve du ravageur par les voies naturelles et libèrent des bactéries symbiotiques dans le corps de l'hôte. Ces bactéries transforment les tissus en produits qui peuvent être assimilés par les nématodes. Les nématodes se nourrissent, se développent et se reproduisent à l'intérieur du corps de l'hôte. Suite à cette infection, qui arrive entre plusieurs heures et plusieurs jours après application, la larve du ravageur meurt en 48 heures.

Application :
Pulvérisateur motorisé ou non, système d'irrigation. Pour éviter tout risque de bouchage, tous les filtres de maillage inférieur à 0,3 mm doivent être enlevés. Utiliser une pression maximale de 20 bars. L'ouverture des buses de pulvérisation doit être supérieure à 1/2 mm (500 microns). Répartir la solution de pulvérisation de façon égale sur la

Ravageurs	Dose ném. / unité	Volume de bouillies	Périodes d'application	Nombre d'apports	Mode d'apport	Conditions d'application
<i>Nesiodorcas tenuis</i>	3 à 5 millions de nématodes / arbre de 600L/ha*	Jusqu'au point de ruissellement sur le feuillage	Toute l'année	1 fois, puis observer l'efficacité du traitement dans les 5 j suivant l'application. Si besoin, répéter à 1 semaine d'intervalle.	Pulvérisateur * Pour les pulvérisateurs à pression, une dose minimale de 2 millions de ném./ha.	Efficacité maximale avec l'adjuvant SQUAD. - En présence de <i>M. pygmaeus</i> : traiter les têtes sur 30 cm. - En l'absence de <i>M. pygmaeus</i> , traiter l'ensemble de la plante.
PYRALES <i>Duponchella fovealis</i>	500 000 / m ²	300 litres / 1000 m ² minimum	Toute l'année	Répéter le traitement en cas de fortes attaques (tous les 7 à 14 j.)	Arrosoir, pulvérisateur, système d'irrigation	Efficacité maximale avec l'adjuvant SQUAD. Appliquer sur un sol / substrat humide et utiliser l'aspersion immédiatement après l'application.
NOCTUELLES ET COURTILLÈRES <i>Agrotis</i> sp., <i>Gryllotalpa gryllotalpa</i>	100 litres / 1000 m ² minimum	5 à 10 litres / arbre	Courtillères : avril-mai Noctuelles : sur larves jeunes, toute l'année sous abris chaurtés.	1 à 2 traitements par printemps et 1 traitement à l'automne	Pulvérisation sur un périmètre d'1 m de diamètre autour du collet	Appliquer sur un sol humide et utiliser l'aspersion immédiatement après l'application. Alternativement, appliquer lors d'un épisode pluvieux.
CAPNODES <i>Capnodis tenebriosis</i>	2,5 millions / litre	5 à 10 litres / arbre, selon la taille	(1) 1 ^{re} génération : mai à fin juin (2) 2 ^e gén. : juillet à sept. (3) fin 2 ^e gén. : octobre	2 traitements par génération, à 1 semaine d'intervalle sur les larves	Pulvérisation du feuillage (1&2) ou de la base des troncs et du sol (3).	Efficacité maximale avec l'adjuvant SQUAD. La protection du feuillage peut être complétée par l'utilisation d' <i>Adalia bipunctata</i> .

Producteur : Koppert Biological Systems, Netherlands
Distributeur : Koppert France
147 av. des Banquets 89300 Cavailhon
www.koppert.fr - info@koppert.fr - T. 04 90 78 30 13



Stockage : voir date d'expiration sur la boîte.
Conserver dans son emballage d'origine, au frais entre 2 et 6 °C et à l'obscurité.

Annexe 2 : Script R utilisé pour évaluer le piégeage chromatique de masse

Influence de la densité de panneaux sur les populations de N. tenuis

```
data<-read.table("popd1.txt",header=T)
attach(data)
hist(N.tenuis)
qqnorm(N.tenuis)
qqline(N.tenuis)
dotchart(N.tenuis)
plot(N.tenuis~modalite)
#Test non paramétrique
#H0 : La population suit une loi normale, si  $P < 0.05$  alors on rejette H0
shapiro.test(N.tenuis)
#H0 Les médianes sont égales
kruskal.test(N.tenuis~modalite)
pairwise.wilcox.test(N.tenuis, modalite, p.adjust = "bonferroni")
detach(data)
```

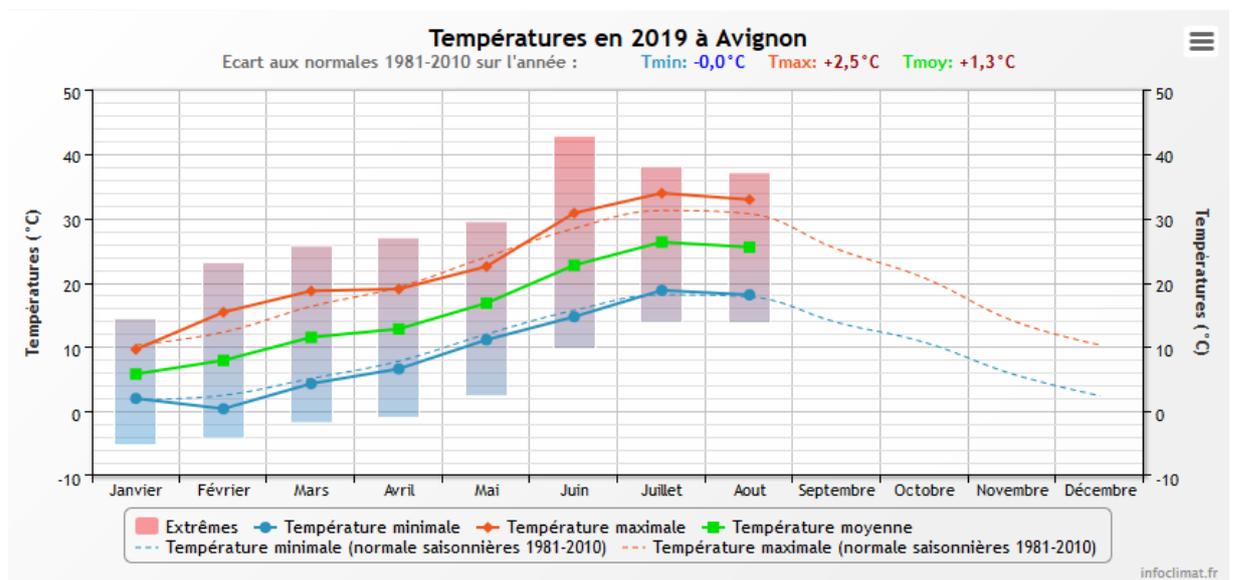
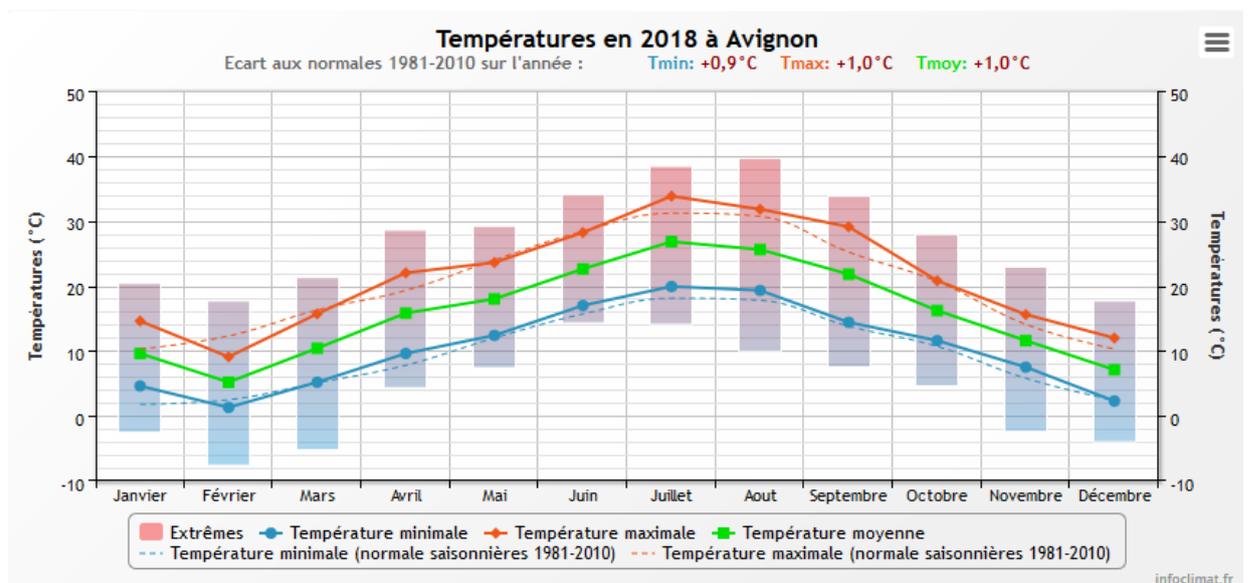
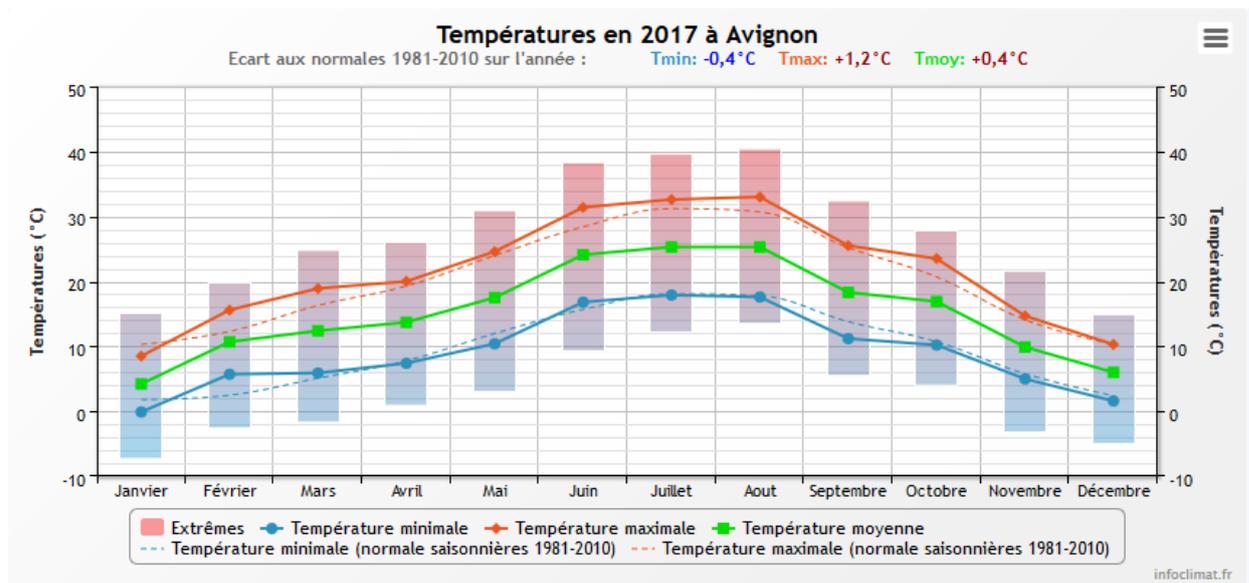
Influence de la zone sur les populations de N. tenuis

```
data<-read.table("popd1.txt",header=T)
attach(data)
hist(N.tenuis)
qqnorm(N.tenuis)
qqline(N.tenuis)
dotchart(N.tenuis)
plot(N.tenuis~zone)
#Test non paramétrique
#H0 : La population suit une loi normale, si  $P < 0.05$  alors on rejette H0
shapiro.test(N.tenuis)
#H0 Les médianes sont égales
kruskal.test(N.tenuis~zone)
pairwise.wilcox.test(N.tenuis, zone, p.adjust = "bonferroni")
detach(data)
```

Durée d'efficacité du piégeage

```
data<-read.table("piege.txt",header=T)
attach(data)
hist(N.tenuis)
qqnorm(N.tenuis)
qqline(N.tenuis)
dotchart(N.tenuis)
plot(N.tenuis~etat)
#Test non paramétrique
#H0 : La population suit une loi normale, si  $P < 0.05$  alors on rejette H0
shapiro.test(N.tenuis)
#H0 Les médianes sont égales
wilcox.test(N.tenuis~etat)
detach(data)
```

Annexe 3 : Relevé climatique à Avignon pour les années 2017, 2018 et 2019





Diplôme : Diplôme d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences Agronomiques, Agroalimentaires Horticoles et du Paysage
Spécialité : Horticulture
Spécialisation / option : Protection des Plantes et Environnement en Horticulture
Enseignant référent : Yann TRICAULT

Auteur : Fanny de BOISVILLIERS

Date de naissance : 16/11/1993

Nb pages : 26

Annexe(s) : 3

Année de soutenance : 2019

Organisme d'accueil : APREL

Adresse : Route de Mollégès

13210 Saint-Rémy de Provence

Maître de stage : Anthony GINEZ / Claire GOILLON

Titre français : Gestion de *Nesidiocoris tenuis* en protection biologique intégrée dans des cultures de tomates hors sol

Titre anglais : Control of *Nesidiocoris tenuis* in soil-less tomatoes with integrated pest management

Résumé : *Nesiodocoris tenuis* (Reuter) (Hemiptera : Miridae) est un ravageur important des tomates dans le sud de la France. Son action phytophage limite la croissance des plantes et peut provoquer des abscissions florales impactant le rendement. Les actions de régulation appliquées impactent *Macrolophus pygmaeus* Rambur (Hemiptera: Miridae), principal auxiliaire introduit en culture de tomate. Les objectifs de cette étude sont d'approfondir les connaissances biologiques des deux mirides, d'évaluer des méthodes de protection et enfin de proposer un protocole de gestion de *N. tenuis* dans des cultures de tomates hors-sol. Pour y répondre, la stratégie de protection mise en place par un producteur de la région SUD-PACA a été évaluée pendant 3 ans par l'intermédiaire de suivis de population dans le cadre du projet IMPULsE. De nouvelles méthodes utilisant des panneaux jaunes à glu sèche en tant que moyen de détection et de piégeage de masse ont également été expérimentées. Ainsi, les résultats montrent que les facteurs climatiques et la disponibilité en proie impactent fortement le développement des deux insectes et la stratégie mise en place. L'utilisation de nématodes entomopathogènes présente des résultats intéressants pour réduire les populations du ravageur. Le piégeage de détection a montré un bon potentiel d'utilisation comme outil d'aide à la décision pour évaluer la présence du ravageur. L'installation d'un piégeage de masse n'a pas permis de réduire significativement les populations de *N. tenuis*.

Abstract : *Nesiodocoris tenuis* (Reuter) (Hemiptera : Miridae) is a major pest of tomatoes in southern France. Its phytophagous action reduces plant growth and induces floral abscissions affecting yield. The treatment against *N. tenuis* impact the beneficial insect *Macrolophus pygmaeus* Rambur (Hemiptera: Miridae) mainly used on tomatoes. This study aims to increase the biological knowledge of both mirids, to evaluate crop protection methods and finally to propose a protocol for managing *N. tenuis* in soil-less tomatoes crops. To achieve this goal, the protection strategy implemented by a farmer in the SUD-PACA region was evaluated for 3 years with monitoring of population as a part of the IMPULsE project. New methods using yellow dry glue panels as a mean of detection and mass trapping have also been tested. The results show that climatic factors and prey availability have a strong impact on the development of the two insects and on the strategy implemented. Using entomopathogenic nematodes presents good results for controlling these pest populations. Detection trapping has shown good potential as a decision support tool to assess the presence of the pest. The installation of mass trapping did not significantly reduce populations of *N. tenuis*.

Mots-clés : *Nesidiocoris tenuis*, *Macrolophus pygmaeus*, PBI, tomates hors-sol, méthodes de protection

Key Words: *Nesidiocoris tenuis*, *Macrolophus pygmaeus*, IPM, soil-less tomatoes, crop protection ways