



HAL
open science

Identification des facteurs de succès pour le contrôle de *Nesidiocoris tenuis* en serre de tomate hors-sol

Nils Tribot

► **To cite this version:**

Nils Tribot. Identification des facteurs de succès pour le contrôle de *Nesidiocoris tenuis* en serre de tomate hors-sol. Biodiversité et Ecologie. 2018. dumas-02962811

HAL Id: dumas-02962811

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02962811>

Submitted on 9 Nov 2020

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.



Mémoire de stage
Présenté pour l'obtention du diplôme d'ingénieur agronome, option Inter-Etablissement Protection des Plantes et Environnement

Sur le thème

**Identification des facteurs de succès pour le contrôle de
Nesidiocoris tenuis en serre de tomate hors-sol**

Par

Nils Tribot

Ecole de rattachement : Montpellier Supagro

Stage réalisé à : SCA Pardi
1925 route de Cavaillon D29
Le Petit Mas
13670 St Andiol
Maître de Stage : Céline Tardy

Soutenu le 26 septembre 2018 à Montpellier, devant le jury composé de :

Président: Anne Le Ralec
Membres : Romain Bonafos
Marie-Stéphane Tixier
Pierre Franck



Résumé :

Nesidiocoris tenuis (Reuter) (Hemiptera : miridae) est une punaise zoophytophage utilisée comme auxiliaire de culture dans la majeure partie du monde. Cependant, dans la région Provence-Alpes-Côte d'Azur (France), l'activité phytophage de *N. tenuis* provoque des dégâts et des pertes économiques considérables dans les serres de tomates. Cette étude exploratoire vise à connaître l'impact de facteurs environnementaux et culturels sur les populations de *N. tenuis* dans les serres de culture hors-sol de tomate. Pour cela, les populations de *N. tenuis* ont été suivies durant 4 mois dans 14 serres réparties dans la région. Il a pu être démontré que la présence de filets sur les ouvrants des serres est un frein considérable à l'installation de la punaise. La lutte par aspiration, dès l'émergence de *N. tenuis* dans la serre, a pu ralentir le développement de la punaise pendant un mois. La variété Marnero et les plantes à forte vigueur ont été identifiées comme potentiellement tolérantes à la punaise. Les panneaux englués jaunes à glue sèche ont montré une forte efficacité pour le contrôle de *N. tenuis*. Une stratégie de contrôle, abordant à la fois la prévention du risque et la gestion de la punaise, a été imaginée. De par la nature exploratoire de l'étude il sera important de réaliser des expérimentations en conditions contrôlées pour vérifier toutes ces observations.

Mots clés : *Nesidiocoris tenuis*, tomate, Rougeline, PBI, PACA, Capsanem

Abstract :

Nesidiocoris tenuis (Reuter) (Hemiptera : miridae) is a zoophytophagous bug used as a biological control agent in most of the countries. However, in Provence-Alpes-Côte d'Azur (France), *N. tenuis* is considered as a pest in so its damages on crops have some important economic impacts in the tomato greenhouses. This study aims to understand the effects of some environmental and cultural factors on the bug populations. To achieve this goal we have followed *N. tenuis* population in 14 greenhouses which used different strategies to fight against the bug during 4 months. It has been shown that the nets placed on the greenhouse windows greatly limit the bug entering. Only 4 of the 9 net-equipped greenhouses have been attacked by the bug whereas 8 out of the 9 non-net-equipped greenhouses have been touched. The use of the vacuum from the very first bug observation can slow down its development until 1 month. At the variety level, Marnero variety and the vigorous plants show a better tolerance to the bug plant feeding. Marnero shows 33% less damages than the most sensitive variety identified. In general, the very vigorous plants (stem diameter > 2 cm) show 21% less damages than the weak plants (stem diameter < 1,6 cm). In case of strong colonization of the greenhouses the yellow sticky traps with dry glue are very effective to control the adult flying bugs. An example of control strategy has been developed, this aims to prevent the entering of the bug in the greenhouse and, if the bug is already inside, provides some control technics and advice. This includes the new Koppert biocontrol product Capsanem which control a mean of 62% of a larval population in 2 weeks. The results of this exploratory study can't be taken as scientific truth. All the highlighted control methods should be tested in controlled conditions.

Key words: *Nesidiocoris tenuis*, tomato, Rougeline, IPM, PACA, Capsanem

Remerciements :

Ce stage de fin d'études s'est déroulé au sein de l'entreprise Pardi, coopérative agricole membre du groupe « Les paysans de Rougeline », installée à Saint-Andiol (84).

Mes premiers remerciements vont bien évidemment à toi, Céline, pour ton encadrement sérieux, toutes les connaissances que tu m'as apportées et ton soutien sans faille. Mais aussi pour ta bonne humeur, les histoires sur Nova qui constituaient mon « temps de récréation » et ton implication dans mon projet. Pour toutes ses raisons (et bien d'autres encore), un grand merci à toi.

Merci aussi à toi Fabrice, qui réussis toujours à trouver le meilleur dans toutes les situations et dont les histoires ne manquent pas. Merci pour le savoir que tu as su me transmettre et ta disponibilité en tout temps.

Il m'aurait été impossible de réaliser ce travail sans les producteurs de la coopérative qui m'ont accueilli et qui m'ont laissé travailler dans leurs serres. Un gigantesque merci à vous Jean-Philippe, Henri, Jean-Pierre, Jean-Christophe, Jean-François, Jean-Yves, Cyril S., Olivier, Cédric, Cyril A., Boris et Rolland. Et un tout aussi gigantesque merci à l'ensemble de vos équipes. Vous tous, avez toujours fait preuve d'un accueil et d'une gentillesse sans égaux qui m'ont touchés et m'ont confortés dans mon choix professionnel. Je vous souhaite la réussite dans votre aventure.

Un grand merci à toutes les personnes extérieures à la coopérative qui m'ont aidé durant mon travail. Merci Anthony pour ton temps et tes précieux conseils qui m'ont permis de me lancer dans ce travail et m'ont fait gagner un temps fou. Merci Lucie pour l'apport de tes conseils techniques sur le terrain. Et enfin, une mention spéciale à toi Audrey, qui, en plus de m'avoir apporté des connaissances techniques importantes à mon travail, a su prendre le temps de répondre à toutes mes questions et mes interrogations concernant mon futur professionnel. A très bientôt j'espère.

Malgré beaucoup de travail sur le terrain, j'ai pu côtoyer la vie de bureau pour rédiger le travail qui suit. Cette période aurait été bien morose sans vous, Pascale, Cécile, Corinne, Marie, Lionel et mes deux très chers chefs, Céline et Fabrice. Je tiens à vous remercier sincèrement pour votre bienveillance et votre bonne humeur constantes. Ne vous en faites pas, j'irai manger à midi !

Je tiens aussi à remercier Rémi Tessier, directeur de la SCA Pardi, pour m'avoir accueilli au sein de l'entreprise, pour m'avoir apporté tout le soutien matériel nécessaire à mon travail mais aussi le soutien professionnel pour mes futures activités.

Enfin, last but not least, je te remercie, toi mon compagnon de route, toi avec qui j'ai passé le plus clair de mon temps, toi qui a su me mener et me guider lors de mes nombreux trajets professionnels, toi qui n'a pas l'air climatisé mais dont fort heureusement les fenêtres électriques fonctionnent encore. Merci à toi la belle Clio.

Table des matières

Résumé :	3
Abstract :	3
Introduction :	9
1) Synthèse bibliographique.....	10
1.1) Contextes européen et national	10
1.1.a) La tomate en Europe	10
1.1.b) Maraîchage et importance de la culture tomatière en région Provence-Alpes-Côte d'Azur	10
1.2) Les Paysans de Rougeline.....	11
1.2.a) Présentation	11
1.2.b) La démarche « Zéro Résidu de Pesticide ».....	12
1.3) Les principaux bioagresseurs de la tomate en région PACA.....	12
1.4) <i>Nesidiocoris tenuis</i> : un prédateur ravageur	13
1.4.a) Biologie	13
1.4.b) Activités entomophages.....	14
1.4.c) Activités phytophages et dégâts.....	15
1.4.d) Méthodes de lutte.....	16
1.5) La problématique <i>Macrolophus pygmaeus</i>	17
1.6) Un outil de production : la serre chauffée	18
1.6.a) La serre classique	18
1.6.b) Les serres fermées et semi-fermées	18
1.6.c) Quelles utilisations des serres fermées par « Les Paysans de Rougeline » ?	18
1.7) Cadre de l'étude	19
2) Matériel et méthodes	19
2.1) Paramètres étudiés	19
2.2) Protocole de suivi des populations de <i>Nesidiocoris tenuis</i>	20
2.3) Recensement de la flore alentours	21
2.4) Choix des modalités	22
2.5) Efficacité de capture de différents types de panneaux englués	23
2.6) Statistiques.....	23
3) Résultats	25
3.1) Degré de colonisation et degré d'attaque	25
3.2) Recensement floral	26
3.3) Impact des facteurs géographiques, climatiques et physiques	26
3.3.a) Localisation géographique	26

3.3.b) Les variables climatiques.....	28
3.3.c) Type de serre et filet.....	28
3.4) Caractéristiques variétales.....	29
3.5) Méthodes de luttes actives.....	31
3.5.a) Capsanem.....	31
3.5.b) Aspiration.....	32
3.5.c) Affirm.....	33
3.5.d) Impact sur <i>M. pygmaeus</i>	33
3.6) Comparaison des stratégies de lutte.....	35
3.7) Efficacité comparée des panneaux englués.....	36
4) Discussion.....	37
4.1) La serre fermée, un outil préventif.....	37
4.2) Efficacité du Capsanem.....	38
4.2.a) Contrôle de <i>N. tenuis</i>	38
4.2.b) Impacts sur une population de <i>M. pygmaeus</i>	39
4.3) Quelles conclusions concernant l'aspiration ?.....	39
4.4) La piste variétale.....	40
4.5) L'utilisation des panneaux englués, une solution à développer ?.....	40
4.6) L'hypothèse des cycles de culture.....	41
4.7) Dynamique de population et risques.....	41
4.8) Identification de la meilleure stratégie.....	42
4.8.a) Prévention des risques.....	42
4.8.b) Stratégie de contrôle des populations.....	44
4.9) Limites et perspectives.....	45
Conclusion :	45
Bibliographie :	47
Webographie :	50
Annexes :	51

Sommaire des tableaux :

Tableau 1: Caractéristiques des serres suivies	22
Tableau 2: Efficacité du Capsanem sur <i>N. tenuis</i>	32
Tableau 3: Efficacité de l'aspiration dans JPL1 entre le 09/05 et le 13/06 2018	32
Tableau 4: Efficacité de l'aspiration dans JPL2 entre le 09/05 et le 30/05 2018	32
Tableau 5: Efficacité de l'aspiration dans Nuances entre le 05/06 et le 26/06.....	33
Tableau 6: Efficacité du produit Affirm (Proclaim) sur <i>N. tenuis</i>	33
Tableau 7: Impact de l'aspiration sur <i>M. pygmaeus</i>	34
Tableau 8: Efficacité du Capsanem sur <i>M. pygmaeus</i>	34

Sommaire des figures :

Figure 1: Production agricole en région PACA en 2015	10
Figure 2: Production de tomate en région PACA en 2015	11
Figure 3: Stades de développement de <i>N. tenuis</i>	13
Figure 4: Adulte et larve de <i>N. tenuis</i>	14
Figure 5: Dégâts et symptômes occasionnés par <i>N. tenuis</i>	15
Figure 6: <i>N. tenuis</i> et <i>M. pygmaeus</i> adultes.....	17
Figure 7: Schéma de disposition des quadrats pour un échantillonnage discret en W	21
Figure 8: Carte de répartition des différents sites suivis.....	22
Figure 9: Dispositif d'expérimentation efficacité de différents types de panneaux	23
Figure 10: En tête du tableau de données utilisé pour créer les ACP	24
Figure 11: Graphique d'ACP représentant la dispersion des observations selon le degré de colonisation	25
Figure 12: Graphique d'ACP représentant la dispersion des observations selon la pression en aleurode).	26
Figure 13: Carte de répartition des sites suivis	27
Figure 14: Site Chênes Verts/Blancs et parc de serres de Pierrelatte.....	27
Figure 15: Graphique d'ACP modalisée sur la variable « filets ».....	28
Figure 16: Graphique d'ACP projetant l'ensemble des observations en situation d'attaque forte par <i>N. tenuis</i> selon la vigueur de plante.	29
Figure 17: Distribution des diamètres de tiges pour chaque variété selon les classes de vigueurs établies par la méthode « K means clustering ».	30
Figure 18: Graphique d'ACP projetant l'ensemble des observations en situation d'attaque forte par <i>N. tenuis</i> selon les variétés	31
Figure 19: Evolution de <i>N. tenuis</i> dans les serres JPL2 et Dominière.....	35
Figure 20: Evolution des mirides en tête sur les sites Durette (gauche) et Saint-Laurent (droite).....	36
Figure 21: Nombre de capture de <i>N. tenuis</i> par type de panneau et par serre.....	36
Figure 22: Classement d'efficacité des panneaux englués dans les deux serres	37
Figure 23: Evolution des populations de <i>N. tenuis</i> sur la variété Marbone dans la serre Dominière ..	38
Figure 24: Evolution de <i>N. tenuis</i> et état des têtes de plantes dans la serre Etang.....	42
Figure 25: Ecart des températures de février et mars 2018 aux températures moyennes observées en février et mars sur Avignon (84).....	43
Figure 26: Aspirateur à aleurode modifié et adapté à l'aspiration de <i>N. tenuis</i>	44

Introduction :

La région Provence-Alpes-Côte-D'azur (PACA) est une grande région légumière française dont la principale composante est la culture tomarière, représentant 43% de la production légumière régionale ([DRAAF – Direction Régionale de l'Alimentation, l'Agriculture et de la forêt - 2015](#)). Aujourd'hui, 11% de la surface allouée à cette culture est occupée par des serres chauffées (Grisey & Decker, 2017). Cet outil présente de nombreux avantages, dont les principaux sont la possibilité de contrôler l'environnement dans lequel la plante pousse et l'augmentation de sa productivité. Ce contrôle est plus ou moins précis selon le type de serre et les outils technologiques utilisés. Grâce aux progrès réalisés au cours de ces 20 dernières années dans ce domaine, il a été, en particulier, possible de contrôler et de réduire grandement la pression de nombreux bioagresseurs de la tomate.

Malgré cela, certains bioagresseurs restent omniprésents dans les cultures. C'est le cas des insectes ravageurs à fort taux de reproduction comme les aleurodes (*Trialeurodes vaporariorum* Westwood et *Bemisia tabaci* Gennadius) et les acariens (principalement *Tetranychus urticae* Koch). Dans la région PACA, la punaise zoophytophage *Nesidiocoris tenuis* Reuter constitue une menace supplémentaire pour la culture. *N. tenuis* est naturellement présente dans la région méditerranéenne et a tendance à pulluler dans les serres de tomates. Dès lors, son régime phytophage devient majoritaire et la punaise occasionne des dommages pouvant se répercuter sur les rendements. De par sa très grande similarité biologique avec *Macrolophus pygmaeus* Rambur, une punaise de la même famille utilisée et commercialisée à grande échelle comme auxiliaire de culture dans les cultures de tomates, la lutte contre *N. tenuis* est complexe. En effet, les méthodes de luttés utilisées contre *N. tenuis* affectent aussi *M. pygmaeus*.

Le groupe « Les paysans de Rougeline », distributeur de tomate à l'échelle nationale, dont fait partie la coopérative agricole Pardi, est l'initiateur d'une démarche de qualité nommée « Zéro Résidu de Pesticide » (ZRP). Cette action assure au consommateur un niveau de molécules chimiques inférieur à la limite de quantification dans les produits labélisés. La démarche implique l'utilisation de la Protection Biologique Intégrée (PBI) sur l'ensemble des zones de production ZRP. Alors que les moyens de lutte durables contre les ravageurs communs des serres sont bien connus, ceux pour lutter contre *N. tenuis* ne sont pas clairement identifiés. Il est donc aujourd'hui nécessaire d'évaluer les méthodes envisageables dans le cadre du programme ZRP et de mettre en place des stratégies permettant de lutter contre *N. tenuis* tout en conservant les populations de *M. pygmaeus* introduites par lâchers.

Cette étude se concentre donc sur les leviers de contrôle des populations de *N. tenuis* en serre de tomate en analysant en particulier une série de facteurs environnementaux, culturels et physiques pouvant impacter l'implantation et le développement de la punaise.

1) Synthèse bibliographique

1.1) Contextes européen et national

1.1.a) La tomate en Europe

Avec 24 169 000 tonnes produites en 2016, l'Europe est le 2^{ème} producteur mondial de tomates derrière l'Asie (106 486 000 tonnes en 2016). La tomate prend une place extrêmement importante dans le système maraîcher européen, elle représente 23% de la production et occupe 12% de la surface maraîchère totale. La culture se développe particulièrement bien sous serre ou sous les abris hauts qui représentent 16% de la production en occupant 7% de la surface totale tomarière européenne ([base de données de la FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations](#), [base de données européenne - Eurostat](#)).

Au sein de ce système, la France, avec 771 000 tonnes produites en 2017, s'impose comme le 6^{ème} producteur européen derrière l'Italie, l'Espagne, le Portugal, la Grèce et les Pays-Bas. Contrairement aux quatre premiers producteurs, la France (et les Pays-Bas) concentrent la majeure partie de leur production sous serre (72% de la production française) et affichent des rendements moyens bien plus élevés dans ce système de culture : 268 t/ha en France contre 123,3 t/ha en Grèce et 97,5 t/ha en Espagne. Cette particularité permet à la France de rester concurrentielle sur le marché européen et international malgré des surfaces cultivées bien moindres ([base de données de la FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations](#), [base de données européenne - Eurostat](#)). En France la tomate est le légume le plus consommé (14,1 kg par ménage sur l'année 2015 pour un total de 900 000 tonnes consommées). La consommation nationale est plus importante que la production et implique une importation forte (539 000 tonnes en 2016). Cette importation, majoritaire depuis l'Espagne et le Maroc, est très concurrentielle car concerne principalement des segments « bons marchés » comme les tomates d'industries. Afin de rester compétitifs, la France, tout comme les Pays-Bas et l'Espagne s'orientent de plus en plus vers une production de tomate de qualité dédiée au marché frais (Duranton-Eveillard, 2016).

1.1.b) Maraîchage et importance de la culture tomarière en région Provence-Alpes-Côte d'Azur

La région Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA), située dans le sud-est de la France, est l'une des grandes régions françaises productrices de fruits et légumes. En effet, 71% de la production est dédié à ce secteur (figure 1). Elle se distingue, notamment, par ses 8000 hectares de culture maraîchère pour une production de légumes totale de 400 000 tonnes en 2014 ([Chambre d'Agriculture PACA](#)). La culture légumière de la région représente 5% de la surface légumière nationale pour une production de 9% de la part nationale ([Chambre d'Agriculture France](#) ; FranceAgrimer, 2017).

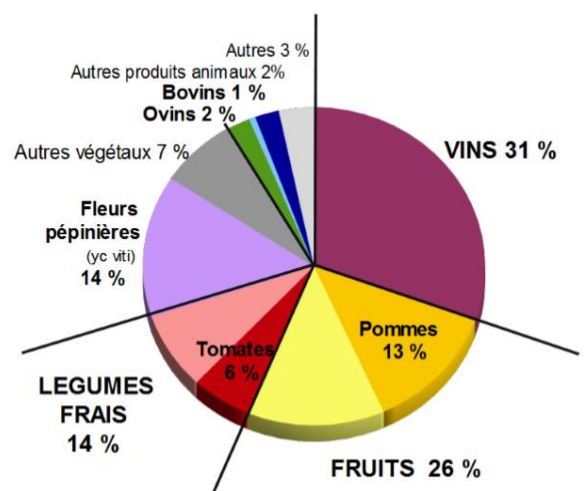


Figure 1: Production agricole en région PACA en 2015 (sources: DRAAF PACA et Agreste)

La région bénéficie d'un climat général atypique, le climat méditerranéen, caractérisé par des étés chauds et secs et des hivers doux et humides. Ce facteur climatique fait de cette zone un environnement propice à l'agriculture dans ses départements non-montagneux (Bouches-du-Rhône, Vaucluse, Var) et à l'élevage dans les départements de montagne (Alpes-Maritimes, Hautes-Alpes et Alpes-de-Haute-Provence). Le climat régional est très favorable à la production de « légumes du soleil » tels que la tomate, le poivron ou l'aubergine, cultures demandeuses en rayonnement solaire et en chaleur. Dans ce système, la culture de tomate prend une place particulièrement importante. Elle représente 43% de la production de légumes frais en PACA en 2015 (DRAAF). Avec les 180 000 tonnes produites en 2016 la région est la 2^{ème} région productrice de tomates de France (figure 2) (Service régional de l'information statistique et économique de la DRAAF, 2013).

Dans la région, en 2016, on recense 1347 hectares de culture de tomates, soit 16% de la surface légumière en PACA et 23% de la surface nationale allouée à la culture tomatière en 2006. Cette surface comprend 150 hectares de serres chauffées, principalement construites dans les départements des Bouches-du-Rhône et du Vaucluse, soit 11% de la surface tomatière en PACA et 15% de la surface nationale de serre chauffées dédiées à cette culture en 2016 (Chambre d'Agriculture PACA ; Grisey & Decker, 2017). Le reste de la surface est partagée entre la culture sous serre froide, tunnel plastique ou en plein champ.

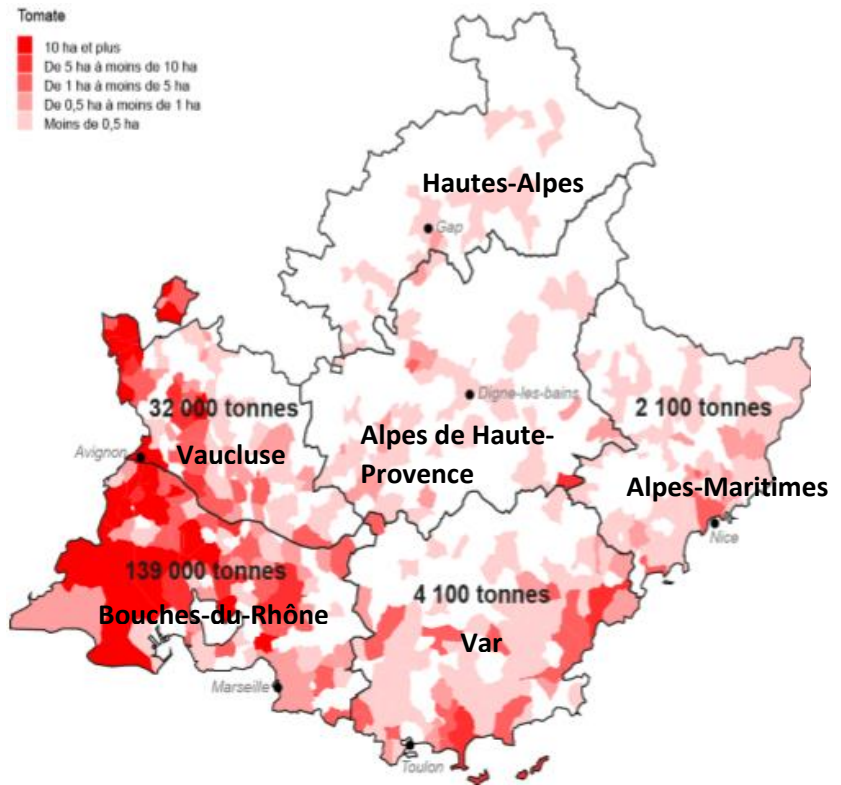


Figure 2: Production de tomate en région PACA en 2015 (source: DRAAF PACA et Agreste)

1.2) Les Paysans de Rougeline

1.2.a) Présentation

La marque Rougeline est créée en 1990. Elle regroupe un ensemble d'organisations de producteurs (OP) et a pour objectif de fédérer la production de tomates de Provence et du Roussillon sur un même socle de qualité. L'ensemble des structures membres rassemble alors 27 000 tonnes de tomates par an. En 1995 la marque s'étend dans le sud-ouest avec l'entrée de la coopérative Solprim basée à Marmande (47). La production se diversifie alors entre tomates, fraises, melons et légumes à ratatouille pour un total de 57 000 tonnes de fruits et légumes par an (Lacroix & Hairion, 2015).

Au fil des années et des fusions l'entreprise s'est agrandie pour devenir aujourd'hui « Les Paysans de Rougeline », regroupant 5 organisations de producteurs : Valprim et Perrinots pour le sud-ouest, Pardi et Primeurs de la Crau pour la Provence et Agrisud pour le Roussillon. La production de tomates s'élève à 70 000 tonnes par an en moyenne (environ 10% de la production nationale) sur 300 hectares de serres (Rougeline - chiffres clés). Les cultures de tomates de la marque sont quasi-exclusivement réalisées sous serre. Quatre-vingt-dix pourcents de la production des « Paysans de

Rougeline » sont vendus en France, les 10% restant sont exportés, principalement en Europe ([Rougeline – distribution](#)).

Le groupe met en avant ses démarches qualité à travers les certifications qu'il détient (ISO 9001, 3D) et dont les serres de ses maraîchers font l'objet. En effet, en 2007 les premières certifications GlobalGAP sur les serres du groupe ont été obtenues ([Rougeline – certifications](#)). Cette certification repose sur une série de normes de traçabilité et de sécurité alimentaire reconnues au niveau mondial à travers les principes de HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point) relatifs aux risques liés à la sécurité et à l'environnement. Grâce à une stratégie basée sur la recherche de la qualité, « Les Paysans de Rougeline » s'impose comme le producteur principal de tomates du Grand Sud destinées au marché du frais.

1.2.b) La démarche « Zéro Résidu de Pesticide »

Les demandes sociales s'orientent aujourd'hui vers un « retour du goût » et une agriculture privée de solutions chimiques. Cet engouement a donné l'impulsion nécessaire à la marque pour lancer son programme « Zéro Résidu de Pesticide » (ZRP) dès 2017. « Les Paysans de Rougeline » s'inscrit ainsi dans la stratégie nationale de recherche de la qualité et s'impose comme l'un des producteurs principaux de tomates gustatives, saines de tout produit chimique en respect avec les attentes sociétales.

La démarche assure au consommateur que le produit labélisé ne contient aucune des 220 molécules testées à un niveau supérieur au seuil de quantification au moment de la consommation. Le seuil de quantification est la concentration d'une molécule dans un produit à partir duquel les appareils de mesure peuvent quantifier cette dernière. Le ZRP s'appuie en particulier sur l'utilisation de la Protection Biologique Intégrée (PBI), la traçabilité totale du produit et des analyses réalisées par un laboratoire indépendant accrédité COFRAC ([Rougeline – le ZRP](#)). Aujourd'hui, cette initiative est portée par le collectif « Nouveaux Champs ». Fondé en 2018, un an après le lancement du ZRP par « Les Paysans de Rougeline », le collectif a pour but d'étendre le cahier des charges du ZRP sur l'ensemble des fruits et légumes et de promouvoir le label ([Nouveaux Champs – Histoire](#)). Porté à la base par 7 entreprises (dont « Les Paysans de Rougeline »), le collectif compte aujourd'hui 42 membres pour 39 produits labélisés ZRP ([Nouveaux Champs – Produits](#)).

Le programme est garant d'un produit de qualité, sain et traçable. Ceci n'est possible que grâce à un cahier des charges plus strict, imposant certaines restrictions. Dans le cadre de cette étude, le recours obligatoire à la PBI et l'interdiction d'utiliser les produits chimiques conventionnels nous intéresse particulièrement car ceci implique la nécessité de la mise en place de stratégies dites « alternatives » pour le contrôle des bioagresseurs de la tomate.

1.3) Les principaux bioagresseurs de la tomate en région PACA

De par son importance dans le système agricole légumier provençal, la protection des cultures de tomates apparaît comme un enjeu primordial pour le maintien de la force agricole de la région. Les bioagresseurs les plus activement combattus dans les serres sont les ravageurs. En culture de tomate, les ravageurs les plus communément rencontrés sont les aleurodes (*T. vaporariorum* et *B. tabaci*), les acariens (principalement *T. urticae*) et la mineuse de la tomate (*Tuta absoluta* Meyrick) (Malais & Ravensberg, 2006). Les virus de la tomate sont nombreux et présentent un très grand risque pour les cultures si les mesures prophylactiques (utilisation de variétés résistantes et de plants sains, désinfection des outils, destruction des organes touchés...) ne sont pas respectées et si les ravageurs,

principaux vecteurs de virus, ne sont pas combattus. On pourra citer parmi eux, le virus des Feuilles Jaunes en Cuillère de la Tomate (TYLCV), le virus de la Maladie Bronzée de la Tomate (TSWV) ou encore le virus de la Mosaïque du Pépino (PepMV), mais de nombreux autres peuvent affecter les cultures. Le plus grand danger bactérien des cultures sous serre est le Chancre Bactérien de la Tomate (le Coryné) causé par *Clavibacter michiganensis*. Particulièrement redoutée, cette pathologie ne peut être contenue qu'en utilisant des mesures de contrôle drastiques et le plus souvent destructrices pour la culture. Au niveau régional, les principaux risques fongiques pour la plante sont le Botrytis, causé par *Botrytis cinerea*, l'oïdium par *Leveillula taurica* et la cladosporiose, causée par *Passalora fulva*.

En serre, la grande majorité de ces bioagresseurs est principalement évitée et contenue grâce aux mesures prophylactiques. Ces précautions sont aujourd'hui primordiales dans la mesure où la lutte chimique devient de plus en plus complexe à mettre en place avec la raréfaction des substances actives autorisées et l'apparition rapide des résistances (Blancard *et al.*, 2009).

Les producteurs du sud de la France subissent néanmoins la pression d'un bioagresseur supplémentaire, la punaise zoophytophage *N. tenuis*.

1.4) *Nesidiocoris tenuis* : un prédateur ravageur

1.4.a) Biologie

Décrit pour la première fois en 1895, cet insecte de l'ordre des hémiptères et du sous-ordre des hétéroptères (punaises) appartient à la famille des miridés. *N. tenuis* est présente naturellement dans l'ensemble de la région méditerranéenne (Kerzhner & Josifov, 1999; Sanchez *et al.*, 2009). Cette punaise se développe à travers 5 stades larvaires avant d'atteindre l'état adulte ailé (figure 3). À 27°C et 66% d'humidité relative l'œuf est capable d'éclore après 7 à 11 jours d'incubation (Banos *et al.*, 2017; Martinez-Garcia *et al.*, 2016; Sanchez *et al.*, 2009). Chaque stade larvaire dure en moyenne 3 jours et la femelle adulte a une espérance de vie d'environ 13 jours (Gavkare & Sharma, 2017). *N. tenuis* peut se développer sur une gamme de températures large allant de 12 à 35°C avec un optimum entre 25 et 30°C. Le taux de mortalité avant maturité, à 27°C et 66% d'humidité relative est de 28% (Banos *et al.*, 2017; Hughes *et al.*, 2009). Le passage de l'hiver se réalise sous la forme d'œuf et généralement à l'intérieur des abris ou des serres. La punaise ne montre, en effet, pas d'aptitude à la diapause, état végétatif que certains insectes peuvent adopter pour survivre à des conditions environnementales inhospitalières (Hughes *et al.*, 2009).

Pour une température de 27°C et une humidité relative de 66%, le taux net de reproduction de *N. tenuis*, traduisant le nombre moyen de femelles mises au monde par une autre femelle au cours de sa vie, est $R_{0, Nesidiocoris} = 23$. Son temps de génération moyen est $T_{Nesidiocoris} = 28$ jours. Ce temps reflète

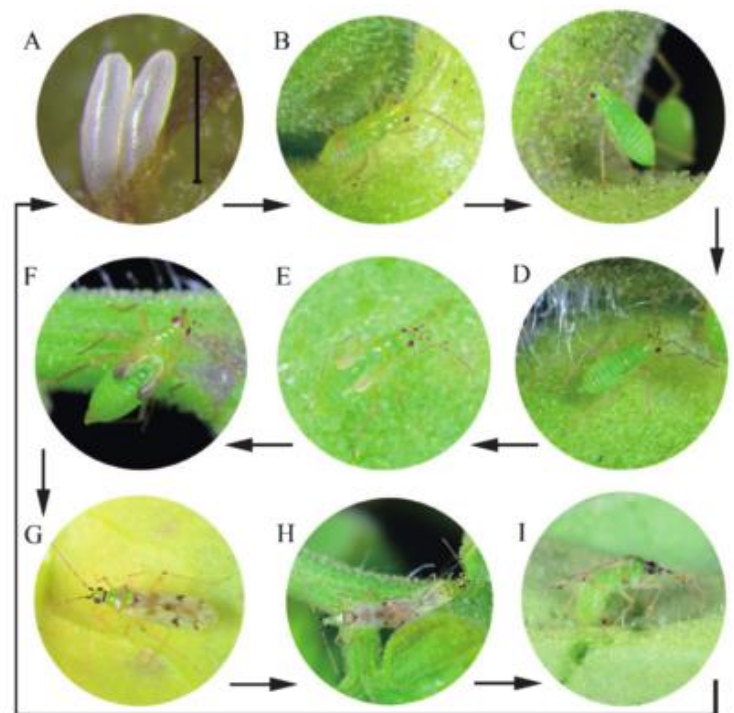


Figure 3: Stades de développement de *N. tenuis* (barre d'échelle : 0,5mm). A: œufs; B: stade L1; C: stade L2; D: stade L3; E: stade L4; F: stade L5; G: adulte; H: adultes en accouplement; I: femelle en oviposition.

le temps moyen entre deux générations successives d'une population. Le ratio des sexes est de 0,56 en faveur des femelles et le temps nécessaire à une population pour doubler son effectif est en moyenne de 6,3 jours (Banos *et al.*, 2017). Sur le moyen et long terme, *N. tenuis* présente des capacités de reproduction et de colonisation très fortes.

Au niveau morphologique, la larve, à partir du deuxième stade larvaire (L2), se distingue de certaines autres mirides par la forme arrondie de son abdomen et une forte segmentation de ce dernier. Sa taille, selon le stade, peut varier entre 1,4 mm et 3 mm. A la loupe, on peut remarquer la segmentation en trois parties et la coloration débutante des antennes, coloration qui devient de plus en plus marquée au cours du développement. Au stade adulte, *N. tenuis* possède un corps vert effilé allant de 2 à 4mm de long (figure 4). La punaise se distingue par une coloration des ailes brune, un collier noir à l'arrière de la tête et des yeux généralement noirs. A la loupe, en plus de la segmentation et de la coloration des antennes on peut observer une légère coloration brune à la base du fémur de chaque patte (Kim *et al.*, 2016).

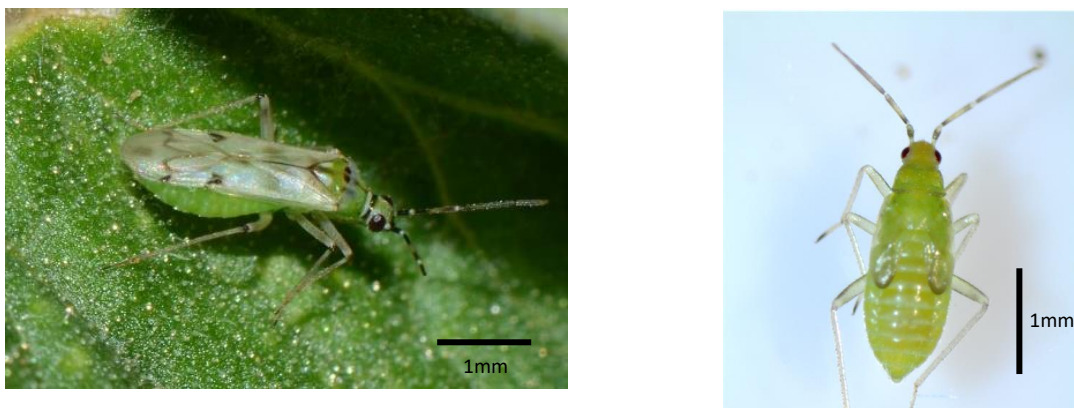


Figure 4: De gauche à droite: *N. tenuis* adulte, larve L4 de *N. tenuis*

N. tenuis est dotée d'un appareil buccal de type piqueur-suceur. Son alimentation suit un régime zoophytophage, c'est-à-dire qu'elle peut se nourrir d'autres insectes mais aussi directement des plantes. Elle est capable de se développer sur une large gamme de plantes avec une préférence pour les solanacées à forte pilosité comme la tomate, l'aubergine, le tabac ou le concombre. La vitesse de son cycle de développement dépend de sa plante hôte et de son alimentation. Il a été démontré que la tomate associée à une alimentation à base d'aleurode constituait les conditions optimales de développement pour la punaise (Alomar & Albajes, 1996; Perdakis & Lykouressis, 2004; Sanchez *et al.*, 2004).

1.4.b) Activités entomophages

N. tenuis se nourrit préférentiellement d'aleurodes, d'acariens et secondairement de thrips et d'œufs et de jeunes larve de *T. absoluta* (Carnero *et al.*, 2000; Torreno, 1994; Trottin-Caudal & Millot, 1997). La punaise, pour son activité entomophage et grâce à ses capacités de reproduction, est aujourd'hui utilisée et commercialisée comme agent de lutte biologique dans de nombreux pays.

Elle est un prédateur vorace, très mobile et efficace dans sa recherche de proies, autant durant ses stades larvaires que pendant sa phase adulte. La punaise, selon son stade de développement et la température, est capable de consommer de 15 à 45 larves et pupariums (dernier stade larvaire de l'aleurode) d'aleurode par jour (Calvo *et al.*, 2009; Ziaei Madbouni *et al.*, 2017). Son activité prédatrice a été reportée comme étant positivement corrélée avec la densité de proie et la température (avec un maximum à 35°C) (Ziaei Madbouni *et al.*, 2017). Le développement de *N. tenuis* repose essentiellement sur la prédation, comme le prouve la dynamique proie-prédateur de type Lotka-Volterra avec

l'aleurode et *Tuta absoluta* (Sanchez, 2008; Ram, 2013). Cette dynamique est caractérisée par une diminution de la population de prédateur suite à la diminution trop importante de l'effectif de proie et induit donc une dépendance du prédateur à sa proie. Malgré son régime zoophytophage, *N. tenuis* ne se nourrit quasi-exclusivement que de proies lorsque celles-ci sont en quantités suffisantes (Bueno & Van Lenteren, 2012; Lins *et al.*, 2014; Wheeler, 2000). Pour ces raisons *N. tenuis* est aujourd'hui principalement considérée comme un auxiliaire de culture. Cette considération est cependant à tempérer dans certaines régions du monde, en particulier en France où la punaise est reconnue comme ravageur des cultures. La commercialisation de *N. tenuis* est donc interdite en France.

1.4.c) Activités phytophages et dégâts

N. tenuis est aussi capable de se nourrir de la sève des plantes. Cette activité a été étudiée chez *Dicyphus hesperus* Knight et *Dicyphus tamaninii* Wagner, deux autres punaises zoophytophages de la famille des miridés. Chez ces punaises, la phytophagie a pour principal objectif la consommation d'eau et permet d'obtenir la ressource en eau nécessaire au maintien des fonctions vitales (Cohen, 1990, 1996; Gillespie & McGregor, 2000). Il a donc été supposé que la phytophagie, chez *N. tenuis*, avait les mêmes objectifs. Ce comportement est directement lié au ratio proie/prédateur et aux facteurs environnementaux tels que la température et l'humidité relative. L'activité phytophage de *N. tenuis* est positivement corrélée avec sa densité et la température et est négativement corrélée avec la densité de proie (Sanchez, 2008). La corrélation entre l'activité phytophage de la punaise et les variables climatiques peuvent aussi expliquer, au moins en partie, les différences d'importance des dégâts observées selon les localisations géographiques (Sanchez, 2008). En effet, alors qu'au sud de l'Espagne la corrélation positive entre la densité de *N. tenuis* et le nombre de dégâts par plantes est vérifiée (Sanchez & Lacasa, 2006), aux îles Canaries aucun dégât n'a pu être observé malgré la présence de la punaise (Carnero *et al.*, 2000). Les dégâts occasionnés par *N. tenuis* sont aisément reconnaissables. La punaise pique sur tout le contour des tiges et se nourrit du contenu des cellules du

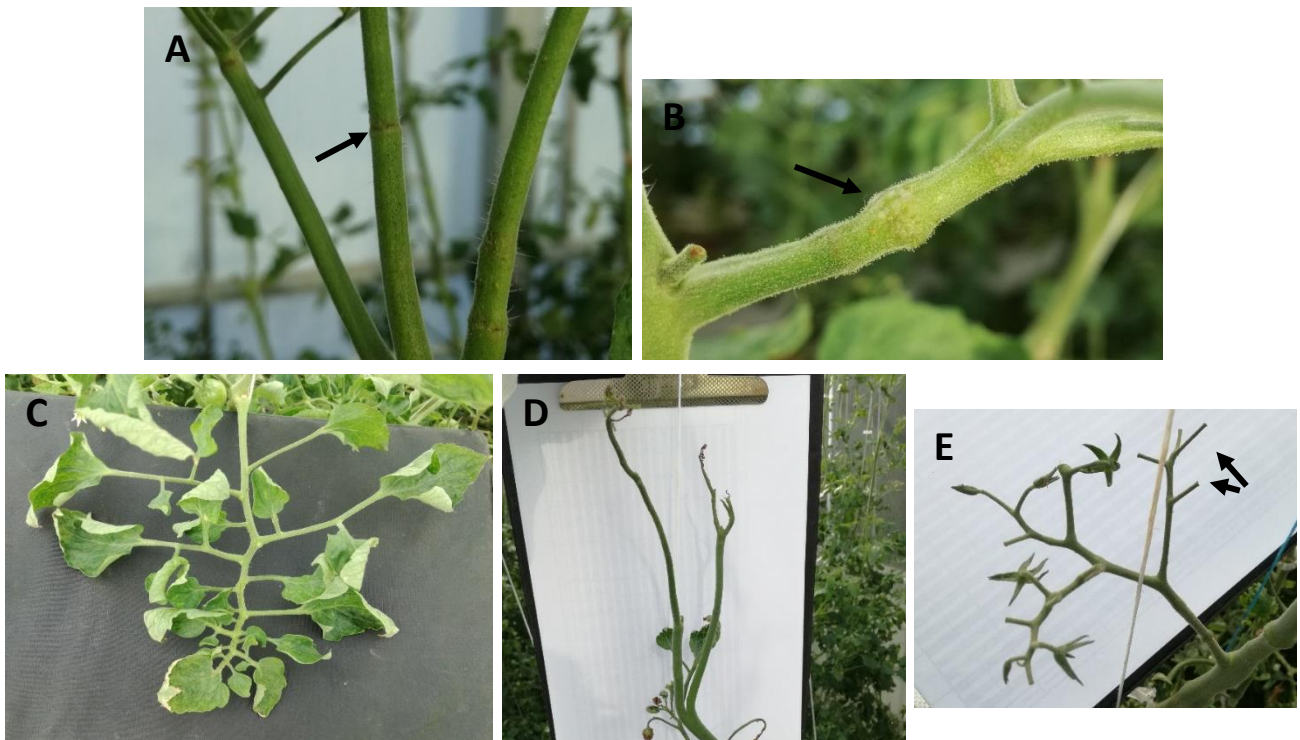


Figure 5: Dégâts et symptômes occasionnés par *N. tenuis*. A: anneau nécrotique. B: Boursoufflure. C: Repliement des feuilles (attaque moyenne). D: Arrêt de croissance (attaque sévère). E: Avortement des fleurs (attaque sévère).

parenchyme, ce qui a pour conséquence l'apparition « d'anneaux nécrotiques » et parfois de boursouflures au niveau de la piqûre (Arno, Castane, Riudavets, & Gabarra, 2006; Malausa, 1989) (figure 5).

La punaise préfère se nourrir sur les jeunes organes localisés en tête de la plante, particulièrement sensibles et fragiles. Les anneaux représentent des points de fragilité qui peuvent entraîner la cassure de la tête lors des manipulations (Sanchez & Lacasa, 2006). Les piqûres au niveau des pédoncules des fleurs peuvent, dans certain cas, entraîner la chute des fleurs. En cas de forte attaque, l'affaiblissement en tête peut suffire à stopper la croissance de la plante (Sanchez, 2008).

1.4.d) Méthodes de lutte

Face à cette menace, les solutions de lutte sont peu nombreuses. A ce jour, aucun produit chimique pour lutter contre *N. tenuis* n'a été homologué en culture de tomate. Cependant, certaines molécules ont pu être identifiées comme toxiques pour *N. tenuis*. C'est le cas du benzoate d'émamectine dont l'application peut éliminer jusqu'à 78,5% d'une population de *N. tenuis* en 48 heures en conditions contrôlées (Portakaldali & Satar, 2015). Le benzoate d'émamectine est la substance active principale du produit Affirm (autre nom commercial : Proclaim) homologué et utilisé en France en culture de tomate contre les chenilles phytophages. L'application de ce produit, dans le cadre de la lutte contre la chenille, impacte donc les populations de *N. tenuis*.

La lutte passive grâce à la mise en place de panneaux englués dans les serres peut être envisagée. *N. tenuis* est en effet attirée par les panneaux englués colorés jaunes ou bleus sans montrer de préférences particulière (Perdikis *et al.*, 2016). L'efficacité de cette méthode en conditions culturales n'a cependant jamais été quantifiée.

La lutte active se réalise par différentes techniques dont les efficacités respectives ont été observées sur le terrain mais jamais documentées dans le cas de *N. tenuis*. La principale de ces techniques est l'aspiration des têtes des plantes. Ce sujet a été largement étudié pour le contrôle de *Lygus hesperus* Knight, une autre miride ravageur du fraisier mais aussi de certaines solanacées comme l'aubergine. Dans le cas de *L. hesperus*, l'aspiration s'est révélée être efficace mais insuffisante. La réduction de population la plus élevée atteinte après une aspiration est de 36%, réduction qui ne permettait pas d'observer une diminution du nombre de fruits endommagés pendant la culture (Pickel *et al.*, 1995; Rancourt *et al.*, 2003; Vincent & Lachance, 1993). Les différentes études sur le sujet concluent systématiquement par l'importance de l'aspiration comme alternative aux produits chimiques mais aussi par son insuffisance si non accompagnée d'autres mesures.

N. tenuis préfère se nourrir des tissus jeunes de la plante. Ainsi, l'extraction hors de serres des tiges surnuméraires (aussi appelées gourmands) sur lesquelles *N. tenuis* peut se développer constitue une autre méthode de contrôle. Généralement, lors de la taille, les gourmands sont laissés au sol. Mais dans le cadre de la lutte contre *N. tenuis* les gourmands sont mis directement dans un sac, qui est ensuite sorti de la serre. Ainsi les punaises présentes sur les gourmands sont éliminées (Koppert B.S. – [Nesidiocoris : une punaise sous biocontrôle](#)).

Très récemment, une solution de biocontrôle a été mise en avant par la société Koppert B.S. Il s'agit du Capsanem ([Koppert B.S. – Nesidiocoris : une punaise sous biocontrôle](#)), un produit à base du nématode *Steinernema carpocapsae* Weiser, déjà utilisé pour la gestion d'autres ravageurs. Le nématode a été identifié comme parasite de *N. tenuis* et serait capable, d'après la société, de tuer son hôte en 2 jours. Le produit serait particulièrement efficace contre les larves de *N. tenuis* (voir étiquette du produit en annexe 5). Les toutes premières utilisations du Capsanem contre *N. tenuis* en conditions de culture en France datent de cette année, il n'existe donc aucune documentation sur son efficacité à ce jour. Néanmoins, les données obtenues dans le cas de la lutte contre la fausse teigne de la cire et

le charançon rouge du palmier montrent que *S. carpocapsae* est un nématode mobile pouvant tuer son hôte en quelques jours (3 dans le cas de la fausse teigne) (Han & Ehlers, 2000; Llácer *et al.*, 2009).

1.5) La problématique *Macrolophus pygmaeus*

N. tenuis est une cousine proche de *M. pygmaeus*, un auxiliaire de culture extrêmement utilisé sous serre contre les aleurodes, les acariens et *T. absoluta* (Bouagga *et al.*, 2015; De Backer *et al.*, 2015; Gigon *et al.*, 2016; Prieto *et al.*, 2016). Elles partagent, en effet, une biologie et une anatomie très proches ainsi qu'un régime alimentaire identique. *M. pygmaeus*, tout comme *N. tenuis* se développe à travers 5 stades larvaires. Pour une température de 27°C et une humidité relative de 66%, *M. pygmaeus* est caractérisée par un taux net de reproduction 2,5 fois plus important que *N. tenuis* mais un temps de génération deux fois plus long (Banos *et al.*, 2017). A l'œil nu, on pourra distinguer les deux espèces à partir du stade L2. L'abdomen des larves de *N. tenuis* prend alors une forme ovale avec une segmentation bien marquée (Kim *et al.*, 2016) là où les larves de *M. pygmaeus* gardent un abdomen effilé avec une segmentation plus légère tout au long de leur développement (Hamdi, 2012). Au stade adulte *N. tenuis* se distingue par la coloration brune de ses ailes et un collier noir à l'arrière de la tête alors que *M. pygmaeus* affiche des ailes transparentes et ne possède pas de collier (Hamdi, 2012; Kim *et al.*, 2016) (figure 6).



Figure 6: A gauche: *N. tenuis* adulte. A droite: *M. pygmaeus* adulte.

Il est important de comprendre que la lutte contre *N. tenuis*, mis à part sa complexité technique, pose un problème stratégique. En effet, en France, l'agent principal de lutte contre l'aleurode (*B. tabaci* et *T. vaporariorum*) est *M. pygmaeus* (Streito *et al.*, 2017; Van Lenteren, 2012). Les solutions chimiques contre l'aleurode étant limitées et les résistances du ravageur contre ces produits étant déjà bien installées dans les populations, *M. pygmaeus* est introduit dans la quasi-totalité des serres du parc français. Or, comme nous l'avons évoqué plus tôt, *M. pygmaeus* et *N. tenuis* sont biologiquement très proches, ce qui sous-entend que les méthodes de lutte efficaces contre *N. tenuis* le sont probablement tout autant contre *M. pygmaeus*. Ainsi, toutes les actions de contrôle menées contre *N. tenuis* peuvent potentiellement affecter les populations de *M. pygmaeus*.

A ce jour, la stratégie de lutte contre *N. tenuis* tout en conservant *M. pygmaeus* repose sur la différence de préférence thermique des deux espèces. En effet, *N. tenuis* se développe de façon optimale pour des températures entre 27°C et 30°C alors que *M. pygmaeus* préfère des températures légèrement plus basses (entre 25 et 27°C) (Martinez-Garcia *et al.*, 2016; Perdikis & Lykouressis, 2002). Cette dernière caractéristique explique pourquoi durant la journée les populations de *N. tenuis* et de *M. pygmaeus* sont étagées dans la plante (de tomate). Alors que *N. tenuis*, en quête de chaleur, se développe principalement au niveau de l'apex de la plante, *M. pygmaeus*, se déplace au cours de la

journée dans les étages de plante. Lorsque les températures sont fraîches, en matinée, *M. pygmaeus* recherche la chaleur en tête de plante, puis, si la température dépasse 27°C en tête, on observe une migration vers les niveaux inférieurs de la plante ou la température est plus basse (Lucas *et al.*, 2009). Le positionnement des méthodes de lutte est donc conditionné par cette observation.

1.6) Un outil de production : la serre chauffée

1.6.a) La serre classique

La serre classique représente l'ancienne génération de serres. Elle est caractérisée par un système de ventilation en toiture. Les ouvrants, positionnés sur le toit de la serre, permettent de contrôler la ventilation par leur degré d'ouverture. Ce contrôle est néanmoins très imprécis car l'air circule très rapidement dans la serre occasionnant jusqu'à 30 renouvellement de l'air de la serre par heure. Les conséquences principales sont une hétérogénéité des températures dans les différents niveaux et l'impossibilité de contrôler finement les variables climatiques dans la serre (température et hygrométrie). De plus, ces serres ne sont que très rarement équipées de filets anti-insectes au niveau de leurs ouvrants qui constituent alors des points d'entrée pour les ravageurs (Lionel Chazelle – Directeur Développement & Technique, Rougeline – Communication personnelle).

1.6.b) Les serres fermées et semi-fermées

Contrairement à la serre classique, la serre fermée, est caractérisée par un système de ventilation latéral et un contrôle très fin de la circulation de l'air dans la serre. L'air est apporté par le système de ventilation latéral. Equipé de sondes, ce système de ventilation est capable d'ajuster la température et l'hygrométrie de l'air apporté en réalisant des mélanges air extérieur/air intérieur et grâce au système de « cooling pad » (panneaux humidifiés permettant de refroidir et de charger en eau l'air le traversant - [Richel - Principe du « cooling pad »](#)). Le flux d'air dans la serre est contrôlé par légères surpressions. La sortie de l'air se fait au niveau des ouvrants de surpression positionnés en toiture. Les ouvrants sont systématiquement équipés de filets anti-insectes très fins ($\sim 1\mu\text{m}$) en inox. Ce maillage présente deux intérêts majeurs : la possibilité de limiter la sortie de l'air de la serre et la protection de la serre contre l'entrée des ravageurs. Ainsi, ce type de serre permet une circulation de l'air lente occasionnant une stratification des températures (températures plus élevées en tête de plante et plus basses au niveau des racines) bénéfique pour la croissance des plantes et le contrôle des maladies (Grisey & Decker, 2017; Le Corre, 2017). Ces serres sont néanmoins de plus grandes consommatrices d'énergie et sont donc mises en place avec un système de cogénération permettant de réduire la consommation d'énergie jusqu'à 50% (Debon, 2017; Le Corre, 2017).

1.6.c) Quelles utilisations des serres fermées par « Les Paysans de Rougeline » ?

La première serre semi-fermée rattachée à la coopérative agricole Pardi est entrée en production en 2013. La motivation majeure pour sa construction était la protection vis-à-vis des ravageurs, et plus particulièrement contre les aleurodes, qui avaient mis en péril l'exploitation durant la saison précédente (Céline Tardy, technicienne d'exploitation – communication personnelle). Le mode de fonctionnement de ce système de serre s'est avéré très intéressant pour la société, qui a donc décidé de familiariser ses producteurs à ses intérêts et de les aider à leur construction. En effet, la possibilité de produire avec un meilleur rendement tout en diminuant la dépendance aux traitements chimiques

et en intégrant des systèmes de recyclage et de réduction de consommation d'énergie entre parfaitement dans les projets et les démarches éco-responsables des « Paysans de Rougeline ».

Ainsi, depuis 2013, six nouvelles serres semi-fermées pour un total de 11,5 ha ont été construites chez les producteurs de la coopérative Pardi. Elles ont permis au groupe de développer et créer un label nommé « écoserre » relatif aux serres utilisant des énergies alternatives, pratiquant le recyclage des eaux d'irrigation et des déchets, et utilisant la Protection Biologique Intégrée (PBI) pour lutter contre les bioagresseurs ([Rougeline – l'écoserre](#)).

1.7) Cadre de l'étude

Ce travail est réalisé suite à une demande des producteurs de la coopérative. Il vise à mettre en évidence des méthodes de contrôle de la punaise et à mettre en place de potentielles stratégies qui peuvent s'inscrire dans le programme ZRP des « Paysans de Rougeline ». Il s'appuie donc sur l'étude de la nouvelle solution de biocontrôle (le Capsanem), les techniques de contrôle physique, mais aussi sur de multiples paramètres cultureux et environnementaux.

La, ou les stratégies ainsi dégagées seront mises en essai durant la saison prochaine pour confirmation et/ou adaptation.

2) Matériel et méthodes

L'objectif de cette étude est l'identification des facteurs de succès dans la protection des cultures de tomates sous serre contre *N. tenuis*. Sachant que la punaise est sensible à différents paramètres physiques, cultureux et environnementaux nous avons choisis de réaliser une étude exploratoire permettant d'identifier les facteurs déterminants en région PACA. Pour cela, des suivis de populations de *N. tenuis* dans différentes exploitations de la coopérative sont réalisés. Au cours de la saison, toute opération pouvant impacter les populations sont notées. Ceci permettra, à termes, la mise en place de stratégies de lutte durable pouvant s'inscrire dans la démarche ZRP des « Paysans de Rougeline ».

2.1) Paramètres étudiés

Type de serre :

Sur l'ensemble du parc de la coopérative deux types de serres s'opposent, les serres dites classiques et les serres fermées ou semi-fermées. Ces dernières sont présentées comme impénétrables par les insectes, cependant, chaque année, les ravageurs arrivent à pénétrer l'enceinte. Les infestations sont néanmoins souvent plus tardives et de moins grande envergure que dans le cas des serres classiques. J'ai donc choisi de comparer les différences de colonisation de *N. tenuis* dans ces deux types de serres.

Localisation géographique :

N. tenuis, d'origine méditerranéenne, n'est pas répartie de façon homogène sur le territoire français. On peut donc penser que cette hétérogénéité s'observe aussi au niveau régional. La zone géographique occupée par l'ensemble des serres de la coopérative s'étend sur 3 départements et présente des environnements différents. J'ai choisi de réaliser les suivis sur 6 différentes régions géographiques.

Flore alentour :

Différentes études ont pu identifier l'inule visqueuse (*Dittrichia viscosa*) et le sésame (*Sesamum indicum*) comme plantes hôtes alternatives très appréciées par *N. tenuis* (Biondi et al., 2016). Ces plantes, pouvant être retrouvées dans la région aux abords des serres, peuvent constituer des réservoirs d'infestation. J'ai donc décidé de réaliser un suivi de la flore et la faune entomologiques l'habitant aux abords des serres suivies. Cela permet aussi d'identifier d'éventuelles autres plantes hôtes.

Variétés et vigueur de plantes :

A ce jour, aucune étude n'a été réalisée sur la résistance et/ou la tolérance variétale de la tomate à *N. tenuis*. Cependant, des rapports de réunion techniques et des témoignages d'agriculteurs font l'état de certaines préférences d'alimentation de type phytophage de la punaise. J'ai donc décidé de suivre différentes variétés (présentées en annexe 1) et de noter la vigueur des plantes suivies afin d'en étudier un éventuel effet sur les préférences de *N. tenuis*.

Méthodes de lutte active :

Comme détaillé en partie 1.3.d), une seule solution de lutte directe est disponible en France pour les producteurs de tomates, le Capsanem. Autrement, le contrôle de *N. tenuis* se fait par des mesures physiques généralistes comme l'aspiration ou la mise en place de panneaux englués. Les utilisations séparées ou conjointes du Capsanem et de l'aspiration ont constitué les principales stratégies de lutte utilisées par les exploitants sur la période de suivi. J'étudie l'efficacité de chacune des stratégies mises en place. Certains producteurs ont utilisé l'Affirm pour lutter contre *T. absoluta*, son effet sur *N. tenuis* est donc suivi. L'utilisation des panneaux jaunes à glue humide comme méthode de lutte passive est déjà généralisée dans les serres de la coopérative et son efficacité sur les populations ne pourra donc pas être évaluée. Néanmoins, une expérimentation portant sur l'efficacité de différents types de panneaux englués pour lutter contre *N. tenuis* est menée en parallèle.

2.2) Protocole de suivi des populations de *Nesidiocoris tenuis*

Dans chaque serre suivie, 6 rangs répartis de façon homogène sur la surface de la serre sont fixés. Dans chaque rang sélectionné, à chaque notation, 5 plantes au hasard réparties sur l'ensemble du rang sont analysées. L'analyse est réalisée sur les 7 dernières feuilles de tête (*N. tenuis* se concentre ici). Une plante supplémentaire sur le rang est analysée entièrement afin d'obtenir des indications sur le niveau de pression en ravageurs (aleurodes et acariens) et donc sur l'abondance de proies pour *N. tenuis*, ainsi que sur le niveau de colonisation par *Macrolophus pygmaeus*. Chaque notation est donc constituée de 36 individus. Un exemple de feuille de notation est donné en annexe 2.

Sur chaque plante entière on apprécie :

- La densité d'adultes d'aleurode selon une échelle de 0 à 5
- La densité de larves d'aleurode selon une échelle de 0 à 5
- Le parasitisme (par *Encarsia formosa* Gahan) selon une échelle de 0 à 3

Et on compte (plante entière et feuilles en tête) :

- Le nombre d'adultes et de larves âgées de *N. tenuis*
- Le nombre d'adultes et de larves âgées de *M. pygmaeus*
- Le nombre de jeunes larves de miride (L1)
- Le nombre d'anneaux nécrotiques ou de boursoufflures sur tige, pétiole, feuille et pédoncule de fleur.
- Le nombre de fleurs/fruits sur les deux derniers bouquets noués

- Le nombre de fleurs coulées sur les deux derniers bouquets noués
- Le diamètre de tige sous le dernier bouquet fleuri (indicateur de la vigueur de la plante)

Afin d'estimer la situation des serres suivies les informations suivantes sont récupérées :

- Type de serre (classique ou semi-fermée)
- Filet sur les ouvrants (oui ou non) et état des filets si présents
- Variétés sur lesquelles les comptages sont effectués
- Température et humidité relative en tête de plante tout au long de la notation

Les populations d'aleurodes et le taux de parasitisme ne sont qu'appréciés car ils n'ont pour objectif que de renseigner la disponibilité de proies pour *N. tenuis*. Le comptage précis n'est pas nécessaire. Les larves de *M. pygmaeus* et *N. tenuis* étant très similaires à leur premier stade de développement (L1) elles ne peuvent pas être différenciées de façon sûre sur le terrain. Elles sont donc comptabilisées dans la catégorie « jeunes larves ».

Les relevés de température et d'humidité relative permettent de mettre en évidence d'éventuelles différences climatiques majeures entre les serres. Ces différences peuvent expliquer des différences de colonisation ou d'efficacité d'un produit.

Les notations sont réalisées à la fréquence d'une notation par semaine et par serre.

2.3) Recensement de la flore alentours

Le recensement a été réalisé de manière qualitative. Pour chaque serre, une bande de 5 mètres autour du bâtiment est analysée. La proportion de couverture de cette surface par les plantes est faite par appréciation visuelle. Chaque plante couvrant au moins 15% de la surface (ou se présentant en grande quantité pour les plantes non couvrantes) est identifiée à l'aide d'une flore, au moins jusqu'au genre. Sachant que l'inule visqueuse est une plante hôte déjà identifiée je note à chaque fois que sa présence sur un site est observée. De même pour les plantes aromatiques dont l'effet répulsif est envisagé.

A cela s'ajoute une notation sur la présence ou l'absence de *N. tenuis* dans la bande de 5 m. Pour cela, un échantillonnage discret en W est réalisé (figure 7). Quand cela est possible (sur certains sites, certaines zones ne sont pas accessibles), sur chaque côté de la serre un quadrat de 50 cm² est observé tous les 10 m. Dans ces quadrats toutes les plantes sont observées pour vérifier la présence ou l'absence de *N. tenuis*.

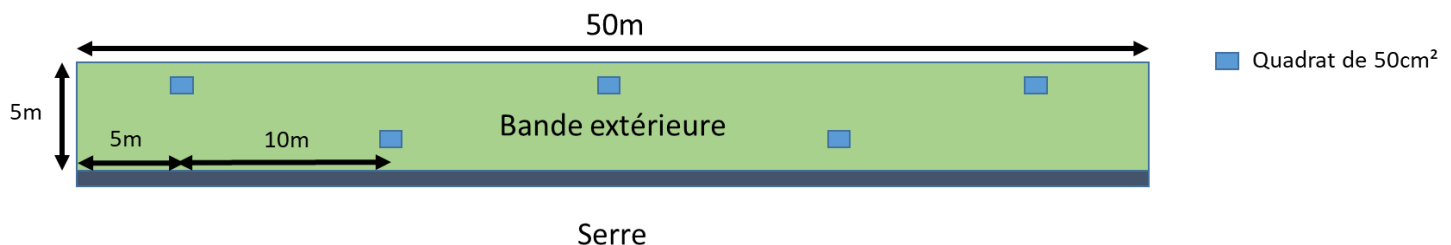


Figure 7: Schéma de disposition des quadrats pour un échantillonnage discret en W

2.4) Choix des modalités

Les serres suivies (présentées dans le tableau 1) ont été choisies selon trois paramètres principaux : Leur localisation géographique, leur type (classique ou semi-fermée) et la présence ou non de filet. Ainsi, 18 serres ont été sélectionnées :

Tableau 1: Caractéristiques des serres suivies

Dénomination serre	Type de serre	Localisation	Filet
JPL 1	Classique	Montfavet (84)	Non
JPL 2	Classique	Montfavet (84)	Non
Dominière	Classique	Pierrelatte (26)	Non
Nuances	Classique	Pierrelatte (26)	Non
Fayard	Classique	Pierrelatte (26)	Oui
Tomunion	Classique	Pierrelatte (26)	Non
Les Sureaux	Classique	Pierrelatte (26)	Oui
Reghaia	Classique	Sarriens (84)	Non
Saint-Laurent	Classique	Sarriens (84)	Non
Chênes Blancs/Verts	Classique	Entressen (13)	Oui
Perez & fils 1	Classique	St-Rémy-De-Pvce (13)	Non
Jardin de Claire	Classique	Pertuis (84)	Non
La Durette	Semi-fermée	Montfavet (84)	Oui
L'étang	Semi-fermée	Pierrelatte (26)	Oui
Simonière	Semi-fermée	Pierrelatte (26)	Oui
H2O	Semi-fermée	Pierrelatte (26)	Oui
Tomunion 2	Semi-fermée	Pierrelatte (26)	Oui
Perez & fils 2	Semi-fermée	St-Rémy-De-Pvce (13)	Oui

Les deux serres « Chênes Blancs/Verts » et « Jardin de Claire » sont considérées comme des serres de référence car aucune infestation par *N. tenuis* n'y a été précédemment reportée. Les dynamiques de populations de *M. pygmaeus* notées dans ces serres serviront de référence à celles observées dans les autres serres. Les notations dans ces deux serres se font une fois toutes les deux semaines. La répartition des différents sites de suivi est reportée dans la figure 8. Parmi les 18 serres, 12 sont dites « classiques » et 6 « semi-fermées », 9 sont équipées de filets et 9 ne le sont pas.



Figure 8: Carte de répartition des différents sites suivis. Les points et indications en rouge représentent les sites de suivi

2.5) Efficacité de capture de différents types de panneaux englués

L'une des pistes de recherche actuellement expérimentée par les stations d'expérimentations régionale comme l'APREL (Association Provençale de Recherche et d'Expérimentation Légumière) et le CTIFL (Centre Technique Interprofessionnel Fruits et Légumes) concerne les panneaux englués. Intéressé par cette piste, j'ai réalisé une expérimentation en utilisant 6 types de panneaux différents : jaune à glue humide (20cmx25cm et 20x40), noir à glue humide (20x25), bleu à glue humide (20x25), rouge à glue humide (20x25) et jaune à glue sèche (20x25).

L'expérimentation a été menée dans deux serres sévèrement attaquées par *N. tenuis* : site « Dominière » et site « Etang ». Chaque type de panneaux a été placé en rang à raison d'un panneau par mètre et chaque modalité est espacée de deux rangs. Dans chaque serre le dispositif est répété une fois (figure 9). Les panneaux sont disposés dans le rang de telle sorte que le tiers inférieur des panneaux (~8cm) soit au niveau des têtes des plantes. Les panneaux sont récupérés 3 semaines après leur installation et les comptages de *N. tenuis* sont réalisés directement dessus. Dans chaque site les deux répétitions du dispositif sont installées dans la même variété (Marbone pour la Dominière et Summer Sun pour l'Etang).

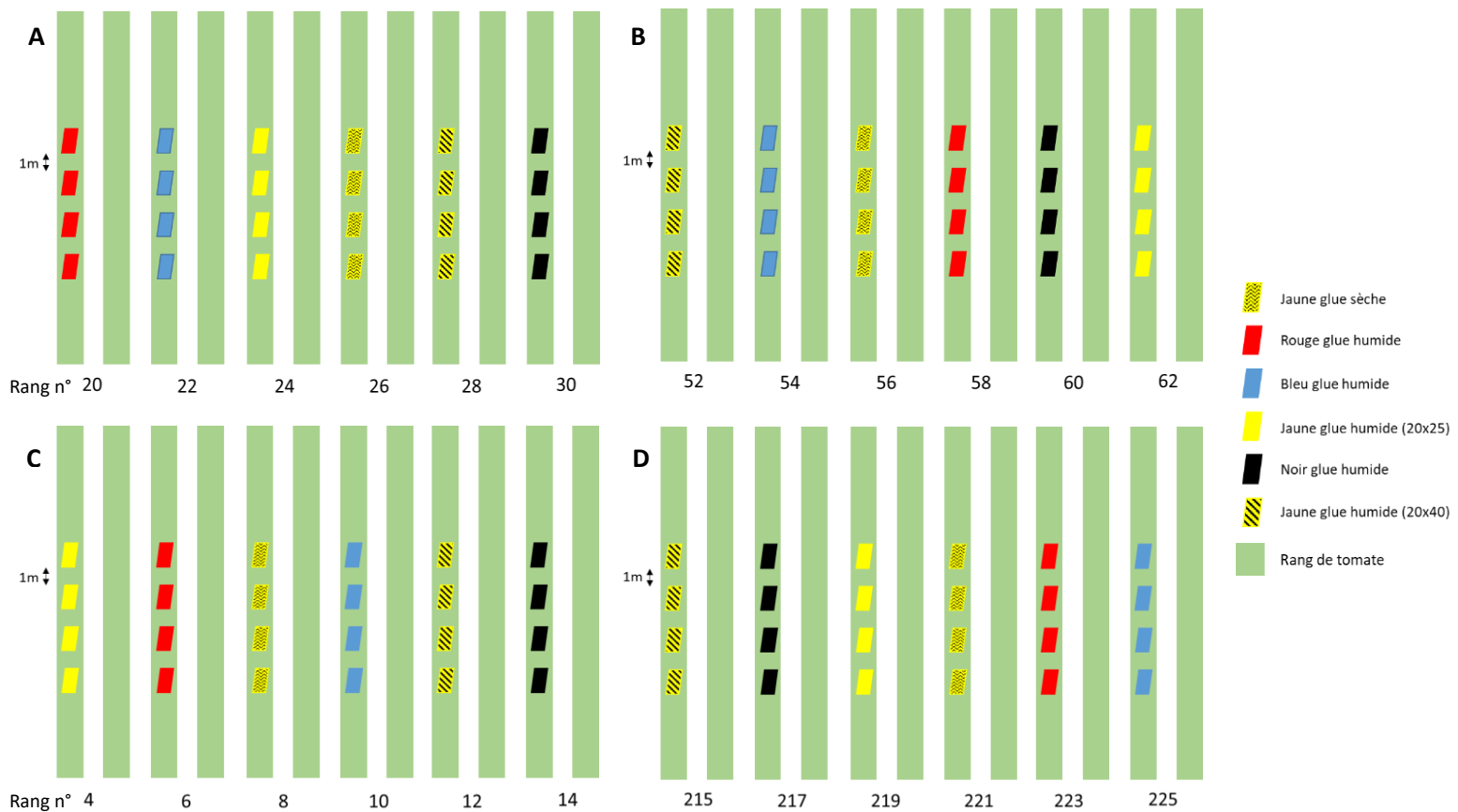


Figure 9: Dispositif d'expérimentation efficacité de différents types de panneaux. A : Serre Dominière répétition 1. B : Serre Dominière répétition 2. C : Serre Etang répétition 1. D : Serre Etang répétition 2

2.6) Statistiques

Toutes les mesures d'efficacité concernant le Capsanem, l'aspiration, les panneaux englués ou l'Affirm sont statistiquement vérifiées par des tests de comparaison de populations avant et après le traitement. Les différents comptages de *N. tenuis* suivent des lois binomiales négatives, et sont

appariés au sein d'une même serre, de plus, les échantillons ainsi comparés sont petits (entre 10 et 30 individus). J'utilise donc des tests non-paramétriques de Wilcoxon-Mann-Whitney en utilisant un seuil de probabilité critique à 5% dans la totalité de ces cas. La présence d'ex-aequo dans les populations comparées m'empêche de calculer la valeur exacte de la probabilité critique qui sera donc approchée. Les diamètres de plantes sont classés en trois groupes (diamètre faible, moyen et élevé représentant donc des vigueurs respectivement faible, moyenne et forte) par la méthode « K Means clustering » développée sous le logiciel R (fonction « kmeans »). Les données de ce paramètre sont ainsi présentées sous la forme d'un paramètre qualitatif. Il en va de même pour le degré de colonisation par *N. tenuis*. Si la population est inférieure à 4 *N. tenuis* la population est dite « faible », entre 4 et 10, moyenne et au-delà de 10, forte. Afin d'éviter les mauvaises interprétations, l'analyse des paramètres variétaux et de vigueur de plante est réalisée en fonction du degré de colonisation par la punaise (faible, moyen et fort). Ces paramètres sont étudiés par Analyse en Composantes Principales (ACP) utilisant les populations de *M. pygmaeus*, le nombre d'anneaux et le ratio de fleurs coulées sur le nombre de fleurs totales en données quantitatives. Les graphiques sont réalisés grâce à la fonction « fviz_pca_biplot » du package « factoextra » et ont la particularité de regrouper les points ayant les mêmes caractéristiques et les mêmes coordonnées et d'afficher à la fois la projection des variables et des individus. Pour chacun des deux paramètres étudiés, 3 graphes sont créés, un par degré de colonisation. L'en-tête du tableau de données ayant permis de créer les ACP est présenté en figure 10. Ce tableau est ensuite subdivisé en trois, selon le paramètre « att », représentant le degré de colonisation par *N. tenuis*. Les distributions des populations de *N. tenuis* et du nombre d'anneaux observés par variété et par vigueur de plante suivent des distributions de type binomiales négatives. Leurs comparaisons sont réalisées par des tests de Wilcoxon-Mann-Whitney en utilisant un seuil de probabilité critique à 5%.

	serre	anneaux	variete	aleu.ad	ratio.fleur	macro	diam	att
1	Dominière	0	Marnero	fort	0.00000000	12	faible	faible
2	Dominière	0	Marnero	fort	0.00000000	16	moyen	faible
3	Dominière	0	Marnero	fort	0.00000000	0	moyen	moyen
4	Dominière	0	Marnero	fort	0.00000000	5	faible	faible
5	Dominière	1	Marnero	fort	0.00000000	7	faible	faible
6	Dominière	0	Marnero	fort	0.00000000	8	faible	faible
7	Dominière	0	Marnero	fort	0.00000000	8	moyen	faible
8	Dominière	0	Marnero	fort	0.00000000	4	faible	faible
9	Dominière	1	Marnero	fort	0.00000000	4	moyen	moyen
10	Dominière	0	Marnero	fort	0.00000000	11	faible	faible
11	Dominière	0	Marnero	fort	0.33333333	13	moyen	faible
12	Dominière	0	Marnero	fort	0.25000000	1	moyen	faible
13	Dominière	0	Marnero	fort	0.25000000	1	moyen	faible
14	Dominière	0	Marnero	fort	0.00000000	1	moyen	faible
15	Dominière	0	Marnero	fort	0.00000000	1	moyen	faible
16	Dominière	0	Marbone	fort	0.00000000	4	faible	moyen
17	Dominière	0	Marbone	fort	0.00000000	0	faible	faible
18	Dominière	0	Marbone	fort	0.00000000	0	moyen	faible
19	Dominière	1	Marbone	fort	0.00000000	1	moyen	moyen
20	Dominière	6	Marbone	fort	0.11111111	8	moyen	faible
21	Dominière	0	Marbone	fort	0.14285714	17	faible	faible
22	Dominière	0	Marbone	fort	0.00000000	7	faible	faible

Figure 10: En tête du tableau de données utilisé pour créer les ACP. "serre": nom de la serre. "anneaux": nombre d'anneaux. "aleu.ad": pression aleurode. "macro": nombre de *M. pygmaeus*. "diam": classe de diamètre de la plante. "att": degré de colonisation par *N. tenuis*

3) Résultats

Sur l'ensemble des 18 serres sélectionnées seulement 12 ont vu l'apparition de *N. tenuis* dans leur enceinte. En rajoutant les deux serres de références « Chênes Verts/Blancs » et « Jardin de Claire » j'obtiens un total de 14 serres utilisées pour produire les résultats suivants. L'ensemble de ces serres et des variétés suivies est répertorié en annexe 3.

3.1) Degré de colonisation et degré d'attaque

Les études menées sur l'activité phytophages de *N. tenuis* ont pu mettre en évidence la relation entre la densité de population de la punaise et le nombre de dégâts observés (Sanchez, 2008). Afin de vérifier la concordance des résultats je réalise en premier lieu une projection des différentes classes de colonisation par *N. tenuis* sur une ACP dont le 1^{er} axe est fortement corrélé avec le nombre d'anneaux. Cette projection est représentée dans la figure 11. Nous pouvons constater ici une franche distinction des degrés de colonisation en fonction du nombre d'anneaux et nous retrouvons la corrélation avancée par les études précédentes : Le nombre d'anneaux augmente avec la densité de population de *N. tenuis*.



Figure 11: Graphique d'ACP représentant la dispersion des observations selon le degré de colonisation en fonction du nombre d'anneaux (axe 1) et du nombre de *M. pygmaeus* (axe 2)

Nous pouvons, de la même façon, étudier l'attitude prioritairement prédatrice de *N. tenuis* avancée par la littérature en habillant les points selon la pression en aleurode. La projection ainsi obtenue est présentée en figure 12. La différenciation des deux catégories n'est pas claire. Nous observons une concentration des points relatifs à la pression en aleurode forte vers les valeurs du

nombre d'anneaux faible. Néanmoins les valeurs correspondantes à une pression en aleurode forte et donc à un nombre d'anneaux faible correspondent aussi à un degré de colonisation par *N. tenuis* faible à moyen. Il n'est donc pas possible de conclure quant à la préférence d'alimentation de *N. tenuis* dans cette étude.

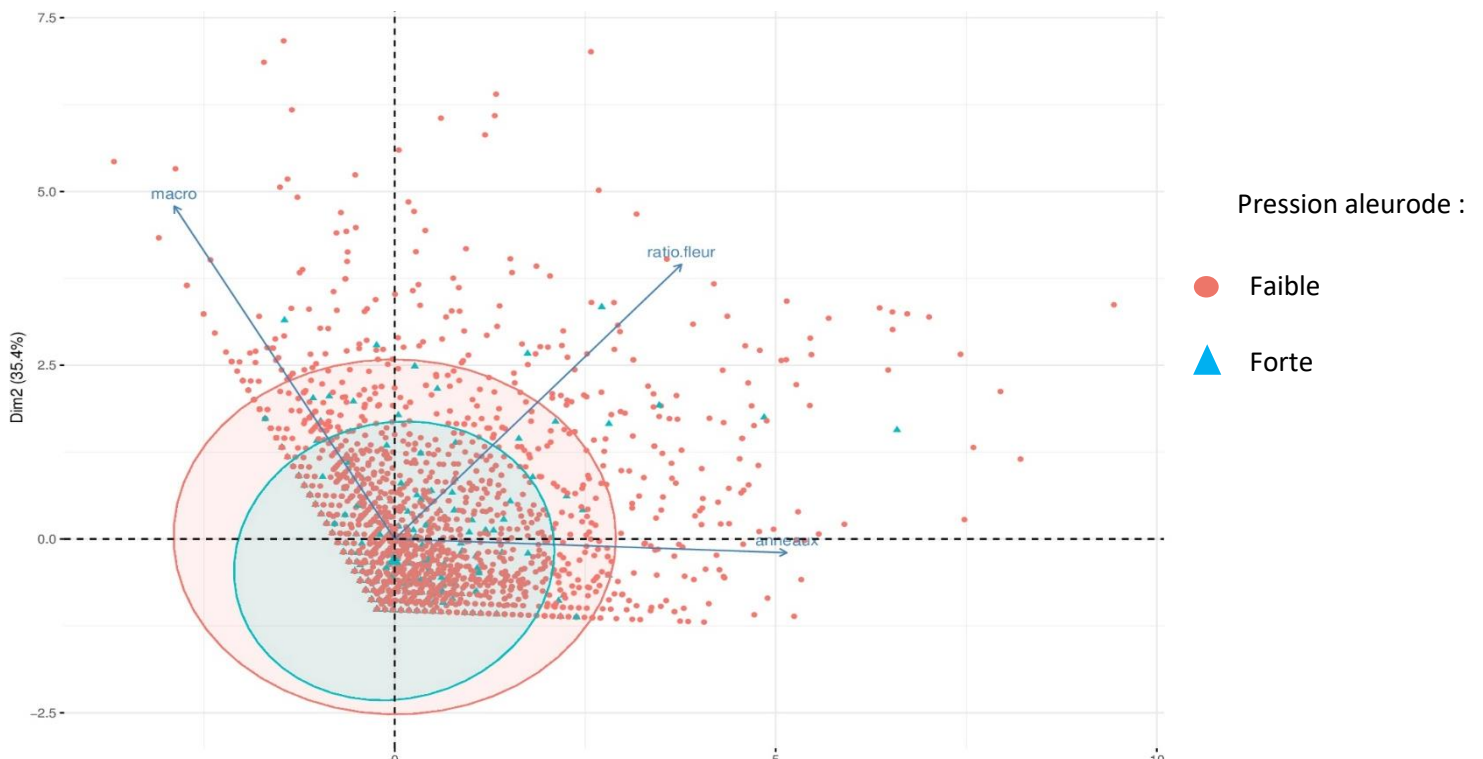


Figure 12: Graphique d'ACP représentant la dispersion des observations selon la pression en aleurode (accompagnée des ellipses de concentration des points à 95%) en fonction du nombre d'anneaux (axe 1) et du nombre de *M. pygmaeus* (axe 2).

3.2) Recensement floral

Le tableau énumérant l'ensemble des plantes identifiées est présenté en annexe 4. Ces plantes sont toutes très communes dans la région et aucune n'a été précédemment identifiée comme plante hôte de *N. tenuis*. J'ai retrouvé l'inule visqueuse sur 4 sites : Dominière, Tomunion, Reghaia et Saint-Laurent. Ces 4 sites ont été en effet infestés par *N. tenuis* mais il est impossible de relier l'infestation des serres à une migration depuis les inules adjacentes. En effet *N. tenuis* n'a jamais été observée sur l'ensemble des observations d'insectes peuplant la flore aux abords des serres. Pour la même raison il est impossible de conclure quant à un potentiel effet répulsif des plantes aromatiques.

3.3) Impact des facteurs géographiques, climatiques et physiques

3.3.a) Localisation géographique

N. tenuis a été repérée dès le mois de décembre 2017 au niveau de Pierrelatte, localisation où se concentre 9 des 18 serres sélectionnées. Plus précisément, c'est dans la serre « Etang » que la première identification a été réalisée. Jusqu'au mois d'avril aucune autre alerte n'a été lancée. La punaise est ensuite apparue sur la commune de Montfavet, dans les serres « JPL1 » et « JPL2 ». Durant

le mois de mai les serres de Pierrelatte ont été colonisées petit à petit. Au final, 6 des 9 serres de Pierrelatte ont été attaquées. Au début du mois de juin les premières *N. tenuis* ont été repérées dans les serres des sites de Sarrians et Saint-Rémy-de-Provence. L'ordre d'apparition de la punaise est donné dans la figure 13.



Figure 13: Carte de répartition des sites suivis. Les chiffres entourés représentent l'ordre dans lequel la punaise a émergé sur les sites

Les émergences de *N. tenuis* ne suivent pas un schéma de migration à partir d'une zone. On pourra donc penser que sur chacun des sites la punaise est présente tout au long de l'année. Les serres « Chênes Blancs/Verts » et « Jardin de Claire » ont été, comme attendu, épargnées par la punaise. Ces serres bénéficient d'un statut géographique particulier étant donné qu'aucune autre serre ne se trouve à moins de deux kilomètres, situation opposée au parc de serres de Pierrelatte (figure 14). Néanmoins, d'autres serres isolées ont été attaquées par la punaise. Cet élément ne semble donc pas être d'importance dans notre situation.

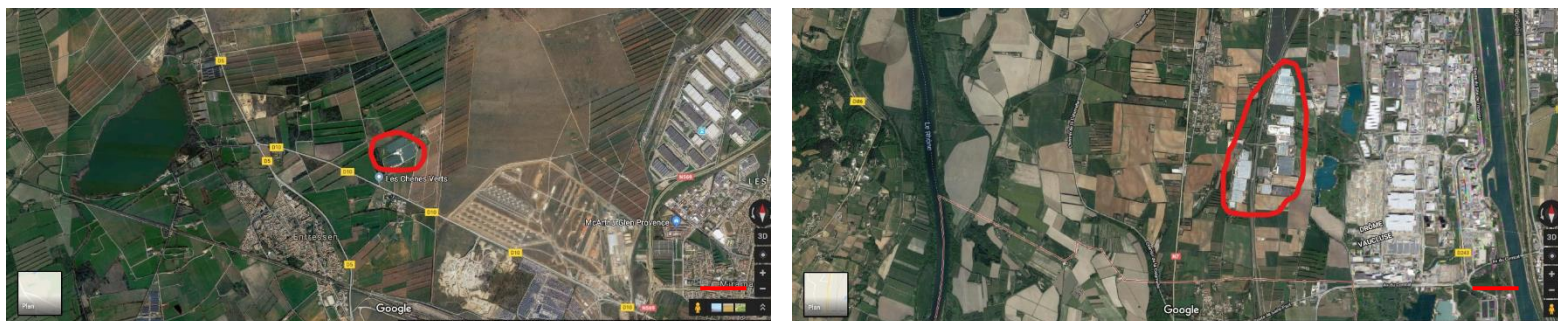


Figure 14: A gauche: région du site Chênes Blancs/Verts. A droite: Parc de serres de Pierrelatte. La zone rouge indique l'implantation des serres. Le trait rouge, dans les deux cas, représente 500m.

3.3.b) Les variables climatiques

Sur l'ensemble de la période de suivi, aucun phénomène météorologique extraordinaire n'a modifié le climat moyen de façon ponctuelle ou étendue dans le temps. De même, au niveau des têtes des plantes, aucune différence de température ni d'humidité relative statistiquement vérifiée n'a pu être relevée entre les différentes serres visitées aux mêmes horaires mais à différents jours. Les observations ont toujours été réalisées entre 7h du matin et 14h. On ne pourra donc pas conclure quant à l'effet de la température et de l'humidité relative en tête de plante sur les populations de punaises durant cette partie de la journée.

3.3.c) Type de serre et filet

Sur les 12 serres dites « classiques », 9 sont attaquées par *N. tenuis* alors que seulement 3 des 6 serres semi-fermées sont attaquées. Quatre des 9 serres équipées de filets sont attaquées par *N. tenuis* contre 8 sur 9 pour les serres sans filets. Les serres dans lesquelles *N. tenuis* n'a pas été observée sont les sites « Fayard » (serre classique à filets à Pierrelatte), « H2O » (serre semi-fermée à filets à Pierrelatte), « Tomunion 2 » (serre semi-fermée à filets à Pierrelatte) et « Perez & fils 2 » (serre semi-fermée à filets à Saint-Rémy-de-Provence).

Une fois la punaise installée dans la serre la présence ou non des filets anti-insectes ne semble pas impacter la population s'y développant ni la quantité de dégâts observée. L'Analyse en Composantes Principales (ACP) ci-dessous (figure 15), prend en compte, en termes de variables quantitatives, la population de *N. tenuis*, la population de *M. pygmaeus* et le ratio de fleurs coulées. Son graphique présente la dispersion de l'ensemble des observations pour lesquelles au moins une *N. tenuis* a été observée. L'habillage choisi ici distingue les observations réalisées dans des serres équipées de filet de celles réalisées dans des serres sans filets.

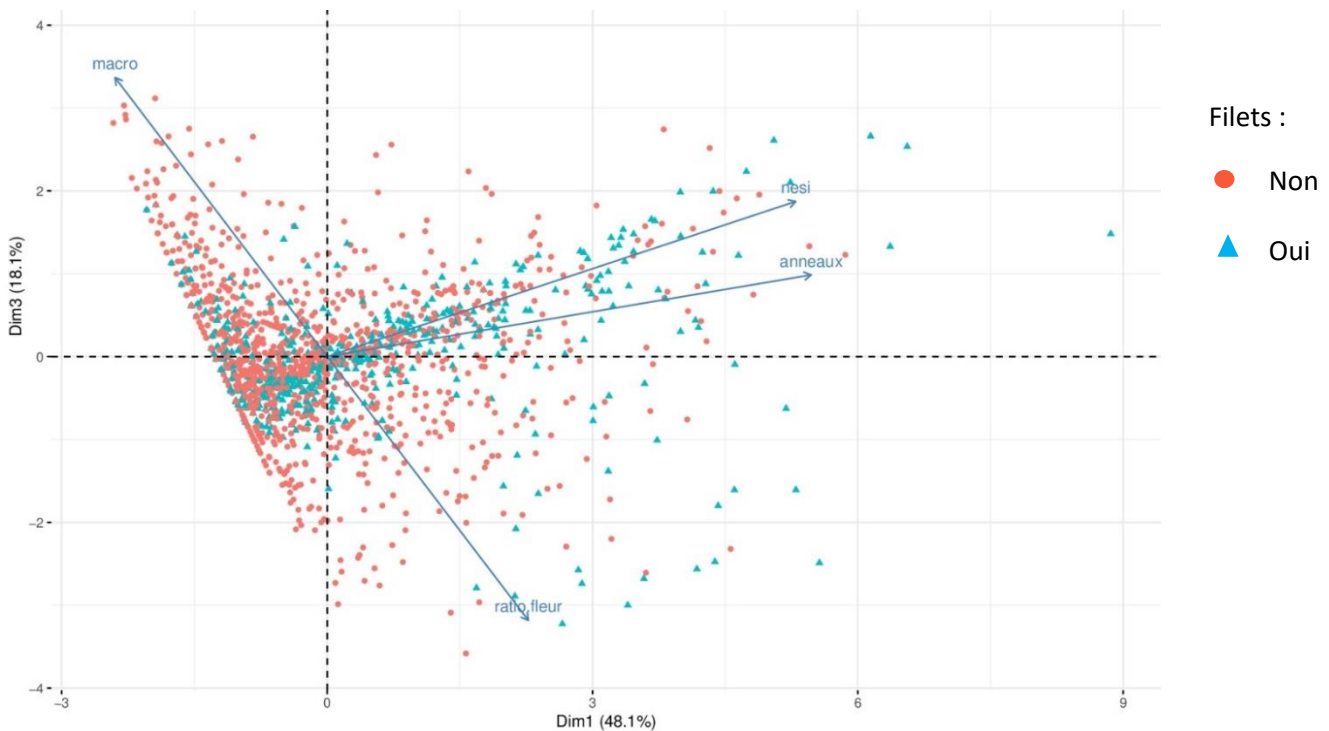


Figure 15: Graphique d'ACP modalisée sur la variable « filets ». Les variables relatives au nombre de *N. tenuis* et au nombre d'anneaux ont une forte affinité pour la dimension 1.

On remarque ici la dispersion homogène des observations relatives aux serres équipées ou non de filets anti-insectes le long des axes « nesi » et « anneaux » représentant respectivement le nombre de *N. tenuis* et le nombre d'anneaux comptés sur une plante. Entre ces deux types de serres, aucune différenciation n'est possible concernant la population de *N. tenuis* s'y développant et les dégâts qu'elle y occasionne.

Cette même analyse portée non pas sur la présence de filets mais sur le type de serre donne des résultats extrêmement similaires. En effet, les six serres semi-fermées et trois serres classiques sont équipées de filets anti-insectes, or dans deux des serres classiques équipées de filets (« Chênes Verts/Blancs » et « Fayard ») la punaise n'a pas été observée. La modalisation des données par la présence ou non de filets est donc quasi-similaire à celle par serre semi-fermée ou classique et aucune différence notable n'est trouvée.

3.4) Caractéristiques variétales

Les résultats concernant la vigueur des plantes pour des colonisation faibles (moins de 4 *N. tenuis* sur la plante) et moyennes (entre 4 et 10 *N. tenuis*) ne permettent pas de conclure quant à une préférence d'alimentation de la punaise. Le graphique de l'ACP (figure 16) projetant les observations en cas d'attaque forte selon la vigueur de plante correspondante montre un certain regroupement des individus à forte vigueur vers les valeurs faibles de nombre d'anneaux. Les tests statistiques de Wilcoxon-Mann-Whitney permettent de mettre en évidence cette observation. Les plantes à forte vigueur présentent 21% d'anneaux en moins que les plantes à faible vigueur ($W=4992,5$; $p<0,05$).

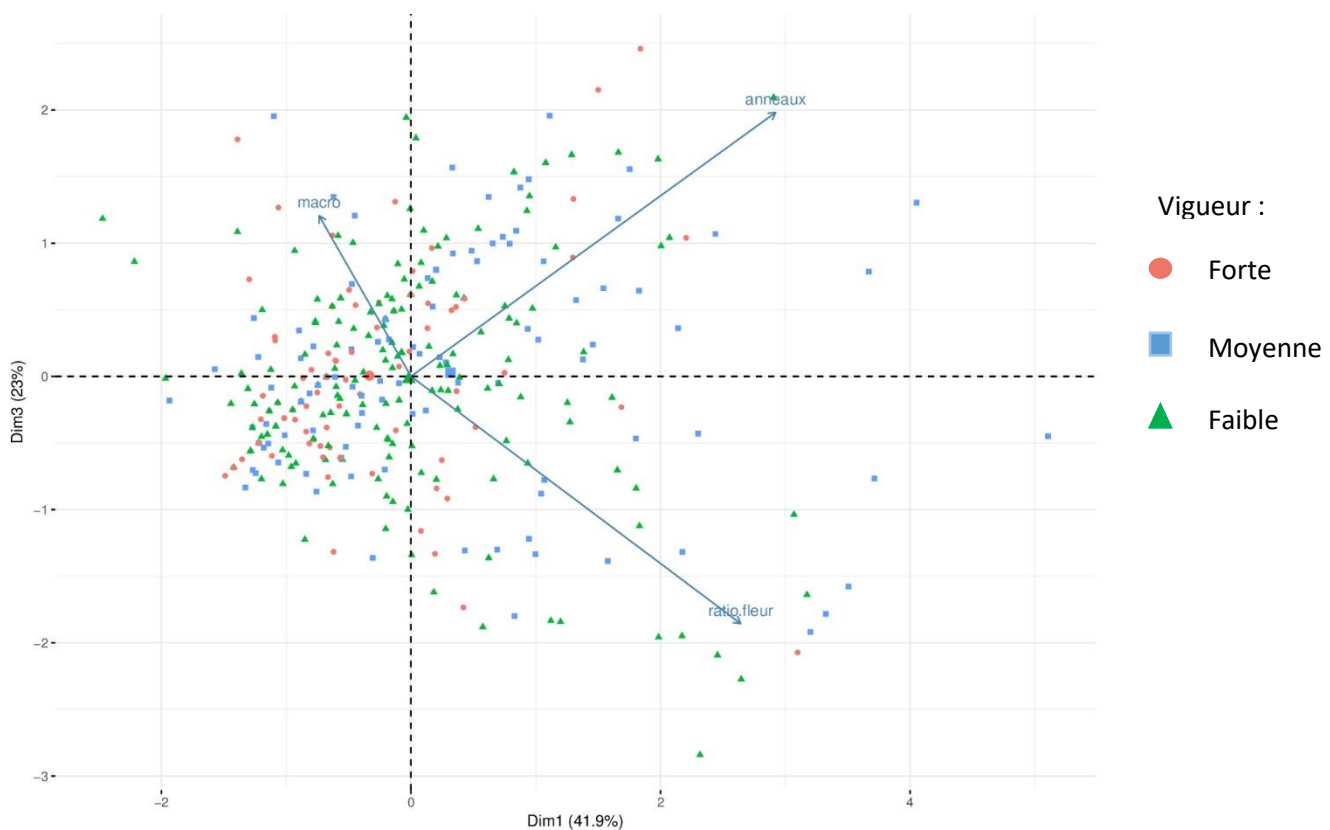


Figure 16: Graphique d'ACP projetant l'ensemble des observations en situation d'attaque forte par *N. tenuis* selon la vigueur de plante.

Il n'a cependant pas été possible de catégoriser les variétés par groupe de vigueur. En effet, une variance intra-variétale importante est observée sur le critère diamètre de tige pour la quasi-totalité des variétés (figure 17).

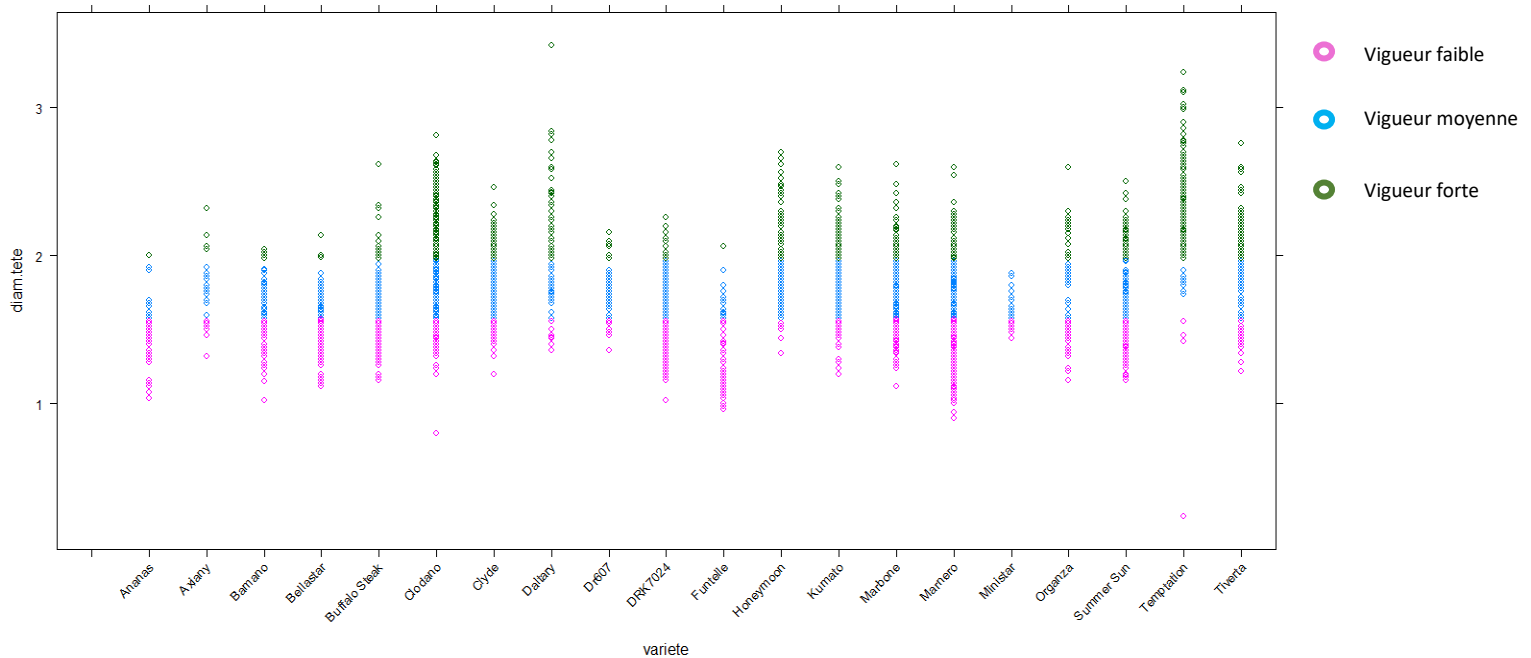


Figure 17: Distribution des diamètres de tiges pour chaque variété selon les classes de vigueur établies par la méthode « K means clustering ».

Sur le plan des variétés, les résultats en situation de colonisation faible ne permettent pas d'identifier une quelconque tendance. Néanmoins, dès le degré d'attaque moyen nous pouvons remarquer que la variété Marnero se place vers un nombre d'anneaux nécrotiques moins important. Au contraire Summer Sun et Marbone semblent présenter plus d'anneaux que les autres variétés. Ces hypothèses sont précisées par l'analyse de l'ACP en situation de colonisation forte (figure 18). Les résultats de la variété Marnero mettent en évidence un nombre d'anneaux et de *N. tenuis* plus faible que les variétés Marbone ($W=1615$; $p<0,05$ et $W=1385$; $p<0,05$) et Summer Sun ($W=1713,5$; $p<0,05$ et $W=1780,5$; $p<0,05$). On mesure, pour la variété Marnero, 0,92 anneau par *N. tenuis* présent sur la plante en moyenne. Summer Sun et Marbone présente des ratios du nombre d'anneaux sur le nombre de *N. tenuis* plus importants :

- Marbone : 1,37 anneau par *N. tenuis*
- Summer Sun : 1,1 anneau par *N. tenuis*

Les autres variétés ne présentent pas assez d'individus dans la situation de colonisation forte pour pouvoir obtenir des résultats fiables.

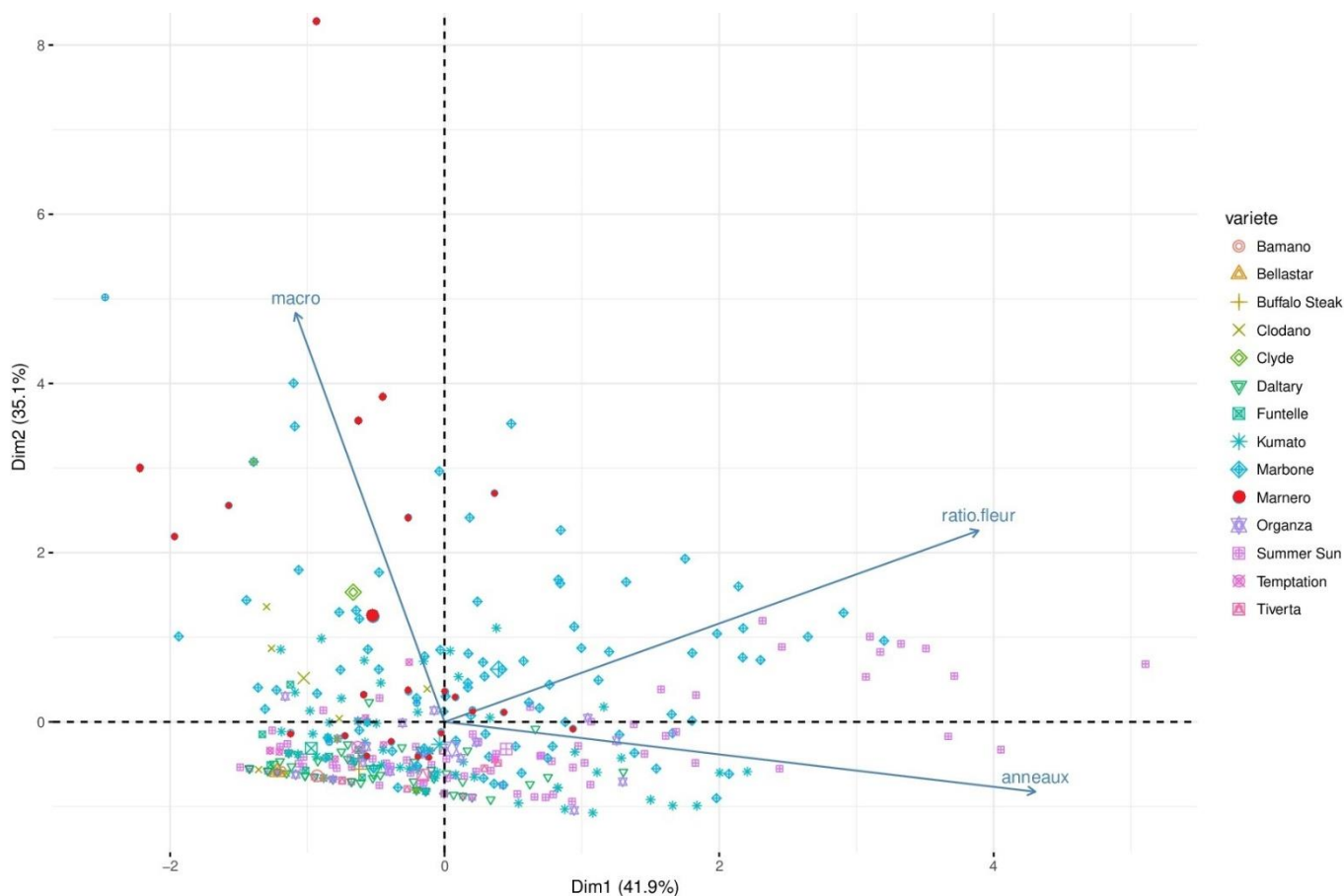


Figure 18: Graphique d'ACP projetant l'ensemble des observations en situation d'attaque forte par *N. tenuis* selon les variétés

3.5) Méthodes de luttés actives

Qu'il s'agisse du Capsanem ou de l'Affirm les traitements ont toujours été réalisés, dans toutes les exploitations, en tête de plante (derniers 50cm) lorsque la température en tête dépassait 27°C de façon à éviter de toucher les populations de *M. pygmaeus*. Les aspirations, ciblées sur *N. tenuis*, sont toujours effectuées sur la zone apicale de la plante.

3.5.a) Capsanem

L'efficacité des traitements au Capsanem a été déterminée par comparaison entre les populations de larves et d'adultes de *N. tenuis* avant traitement et deux semaines après traitement. En effet, même si l'action du produit est notable 4 à 5 jours après son application, son efficacité maximale est généralement observée au bout de deux semaines. Lorsque plusieurs applications sont réalisées à dix jours ou moins d'intervalle j'ai choisi de les regrouper en comparant les populations de *N. tenuis* avant le premier traitement et deux semaines après le dernier traitement. Sur l'ensemble des seize applications et groupes d'applications, huit ont pu être identifiées comme statistiquement efficaces sur les populations de larves de *N. tenuis*. Les efficacités s'échelonnent entre 38% et 95% pour une moyenne à 62%. En ce qui concerne les adultes, deux applications ont été déterminées comme statistiquement efficaces avec une réduction de la population de 86% et 90%. Les résultats sont présentés dans le tableau 2 ci-dessous.

Tableau 2: Efficacité du Capsanem sur *N. tenuis*. p0 : population avant traitement. p+2 : population 2 semaines après traitement. Les efficacités marquées d'un « * » sont statistiquement vérifiées.

Traitement	Larves			Adultes		
	p0	p+2	%Efficacité	p0	p+2	%Efficacité
Dominière traitement n°1	7,1	1,43	80* (W=349 ; p<0,05)	2,17	4,3	-
Dominière traitement n°2	13,6	4,53	77* (W=105 ; p<0,05)	3,06	7,8	-
Etang traitement n°1 (2 traitements)	5,57	3,50	38* (W=215,5 ; p<0,05)	1,17	4,60	-
Etang traitement n°2	6,17	8,87	-	3,03	3,47	-
Etang traitement n°3	18,4	9,6	48* (W=49 ; p<0,05)	7,4	8,7	-
Etang traitement n°4 (4 traitements)	6,07	3,70	39* (232,5 ; p<0,05)	3,97	3,10	22
Nuances traitement n°1	1,13	0,63	44	0,27	1,00	-
Nuances traitement n°2	2,53	3,80	-	1,17	2,63	-
Simonière traitement n°1	0,4	0	100	0,8	0,2	75
Simonière traitement n°2	5,2	2,6	50* (W=15 ; p<0,05)	1,4	0,2	86* (W=10 ; p<0,05)
Simonière traitement n°3	2,6	2,8	-	0,2	4,6	-
Simonière traitement n°4	2,8	4	-	4,6	3,8	17
Sureau traitement n°1	0,87	0,27	69* (W=60 ; p<0,05)	0,37	0,73	-
JPL1 1 traitement n°1 (2 traitements)	0,33	0,13	61	0,03	0,07	-
JPL1 2 traitement n°1	0,50	1,00	-	0,14	0,53	-
JPL2 1 traitement n°1 (2 traitements)	2,55	0,13	95* (W=45 ; p<0,05)	0,29	0,03	90* (W=24,5 ; p<0,05)

3.5.b) Aspiration

L'efficacité de l'aspiration a été déterminée selon la même méthode, sur des périodes où aucun traitement susceptible d'affecter *N. tenuis* n'a été réalisé. Les populations sont comparées avant le début des aspirations et une semaine après la dernière aspiration non accompagnée de traitement. Ce dernier paramètre réduit le nombre de situation analysables à trois serres : « JPL1 », « JPL2 » et « Nuances ». L'évolution de *N. tenuis* sur les périodes correspondantes est présentée dans les tableaux 3, 4 et 5. Dans les serres « JPL1 » et « JPL2 » les aspirations sont réalisées au rythme de 2,5 fois par semaine. Dans la serre « Nuances » 1 passage par semaine est réalisé.

Tableau 3: Efficacité de l'aspiration dans JPL1 entre le 09/05 et le 13/06 2018. p0 : Population avant la première aspiration. p+1 à +5 : Population 1 à 5 semaines après la première aspiration. Les efficacités marquées d'un « * » sont statistiquement vérifiées.

	JPL1						%Efficacité globale
	p0	p+1	p+2	p+3	p+4	p+5	
Larves	1,47	1,63	0,97	1,20	0,23	0,33	78* (W=153,5 ; p<0,05)
Adultes	0,23	0,13	0,2	0,20	0,07	0,03	87* (W=24,5 ; p<0,05)

Tableau 4: Efficacité de l'aspiration dans JPL2 entre le 09/05 et le 30/05 2018. p0 : Population avant la première aspiration. p+1 à +4 : Population 1 à 4 semaines après la première aspiration. Les efficacités marquées d'un « * » sont statistiquement vérifiées.

	JPL2					%Efficacité globale
	p0	p+1	p+2	p+3	p+4	
Larves	1,1	1,5	3,9	5	6,6	-
Adultes	0,8	1,9	1,3	0,6	0,8	0

Tableau 5: Efficacité de l'aspiration dans Nuances entre le 05/06 et le 26/06. p0 : Population avant la première aspiration. p+1 à +3 : Population 1 à 3 semaines après la première aspiration. Les efficacités marquées d'un « * » sont statistiquement vérifiées.

	Nuances				
	p0	p+1	p+2	p+3	%Efficacité globale
Larves	2,2	4,6	3,8	3,6	-
Adultes	0,8	1,2	1,2	0,6	25

Dans la serre JPL1 l'aspiration semble avoir eu une forte efficacité sur le contrôle de *N. tenuis*. Cependant aucune efficacité n'a été notée dans les deux autres serres analysées.

3.5.c) Affirm

Le produit phytosanitaire Affirm (ou Proclaim), pour combattre les chenilles phytophages, a été utilisé dans trois serres. J'ai pu alors suivre son impact sur les populations de *N. tenuis* pour comparer son efficacité au produit de biocontrôle, le Capsanem. Son effet sur la punaise est observable sous 48 heures (Portakaldali & Satar, 2015), j'ai donc comparé les populations avant traitement et une semaine après. L'évolution de la punaise avant et après traitement est présentée dans le tableau 6. Le traitement a été réalisé sur les têtes de plantes afin de préserver les populations de *M. pygmaeus* installées.

Tableau 6: Efficacité du produit Affirm (Proclaim) sur *N. tenuis*. p0 : population avant traitement. p+1 : population 1 semaine après traitement. Les efficacités marquées d'un « * » sont statistiquement vérifiées.

	Perez & fils 1			JPL2			Reghaia		
	p0	p+1	%Efficacité	p0	p+1	%Efficacité	p0	p+1	%Efficacité
Larves	0,60	1,07	-	4	0,4	90* (W=36 ; p<0,05)	7,93	4,83	39* (W=342,5 ; p<0,05)
Adultes	0,67	0,33	51	0,7	0,3	57	4,17	3,67	22

Le produit a été statistiquement identifié comme efficace sur les larves deux fois sur les trois traitements effectués avec des efficacités très différentes 90% et 39%. Aucune efficacité n'a été statistiquement vérifiée sur les adultes de *N. tenuis*.

3.5.d) Impact sur *M. pygmaeus*

Le Capsanem, l'aspiration et l'Affirm, bien que positionnés en tête de plante, peuvent avoir un effet sur *M. pygmaeus*. J'ai donc réalisé les mêmes tests sur les mêmes périodes sur les populations de *M. pygmaeus*. Dans les deux serres de références, « Chênes Verts/Blancs » et « Jardin de Claire », les populations de *M. pygmaeus* ont augmentées de façon régulière jusqu'à la fin du mois de juin pour atteindre 13.5 individus par tête en moyenne. *M. pygmaeus* est restée présente dans les deux serres jusqu'à la fin de la période de suivi. Sans influence de *N. tenuis* et des traitements *M. pygmaeus* est donc censée être présente dans les autres serres. Les niveaux peuvent néanmoins varier selon la nourriture disponible pour son bon développement.

Les aspirations n'ont pas eu d'effet statistiquement vérifié sur *M. pygmaeus*. Dans les 3 situations les populations de larves et d'adultes ont augmentées sur les périodes étudiées. L'aspiration, en tête de plante, ne semble donc pas être un perturbateur du développement de *M. pygmaeus*. Les données sont résumées dans le tableau 7 ci-dessous.

Tableau 7: Impact de l'aspiration sur *M. pygmaeus*. Les impacts marqués d'un « * » sont statistiquement vérifiés.

	p0	p+1	p+2	p+3	p+4	p+5	%Impact
JPL1							
Larves	1,97	4,40	7,4	10,17	6,60	6,87	-
Adultes	1,17	2,57	3,5	3,43	3,57	6,03	-
JPL2							
Larves	0,4	0,5	0,6	2,4	3,9	-	-
Adultes	0,4	0,4	0,9	0,8	1,8	-	-
Nuances							
Larves	2,4	3,6	2,2	1	-	-	48%
Adultes	1,2	1,2	1,4	2,4	-	-	-

Le produit Affirm a été utilisé, pour deux des trois situations, dans un contexte où *M. pygmaeus* n'était pas présente. Dans le dernier cas (« Perez & fils 1 »), aucun impact significatif n'a été relevé sur *M. pygmaeus*. L'unique observation ne permet pas de conclure quant à l'effet du produit Affirm sur *M. pygmaeus*.

Les résultats concernant le Capsanem sont répertoriés dans le tableau 8 ci-dessous. Sur les 16 applications et groupes d'applications, 9 sont statistiquement efficaces sur les larves avec une moyenne d'efficacité à 68% et 9 pour les adultes avec une moyenne d'efficacité à 64%. L'impact sur larves est donc proche de celui observé sur larve de *N. tenuis* (62%). L'impact direct du produit sur les adultes des deux espèces de mirides est plus complexe à étudier étant donné leur cycle rapide développement larvaire.

Tableau 8: Efficacité du Capsanem sur *M. pygmaeus*. p0 : population avant traitement. p+2 : population 2 semaines après traitement. Les efficacités marquées d'un « * » sont statistiquement vérifiées.

Traitement	Larves			Adultes		
	p0	p+2	%Efficacité	p0	p+2	%Efficacité
Dominière 1	10,07	3,77	63%* (W=314 ; p<0,05)	5,10	3,73	27%* (W=310 ; p<0,05)
Dominière 2	1,6	1,27	21%	2,03	0,23	89%* (W=226,5 ; p<0,05)
Etang 1	1,2	0,83	31%	0,43	0,3	30%
Etang 2	0,13	0,10	23%	0,43	0,10	77%
Etang 3	0,1	0,03	70%	0,1	0,13	-
Etang 4	0,03	0,00	100%	0,13	0,00	100%* (W=10 ; p<0,05)
Nuances 1	4,77	1,33	72%* (W=353,5 ; p<0,05)	2,57	1,20	53%* (W=260 ; p<0,05)
Nuances 2	1,33	0,43	68%* (W=15 ; p<0,05)	1,20	0,57	53%* (W=19,5 ; p<0,05)
Simonière 1	6,6	0,6	91%* (W=10 ; p<0,05)	2	0,6	70%* (W=10 ; p<0,05)
Simonière 2	4,8	2,8	42%	1,2	2	-
Simonière 3	2,8	0,6	79%* (W=10 ; p<0,05)	2	0,6	70%
Simonière 4	0,6	0,2	77%	0,6	0,4	33%
Sureau	2,2	0,63	71%* (W=321,5 ; p<0,05)	3,13	0,7	78%* (W=435 ; p<0,05)
JPL1 1	6,87	4,33	37%* (W=341 ; p<0,05)	6,03	3,90	35%* (W=323,5 ; p<0,05)
JPL1 2	2,03	0,43	79%* (W=186 ; p<0,05)	1,83	0,60	67%* (W=264 ; p<0,05)
JPL2 1	5,95	2,7	55%* (W=360 ; p<0,05)	2,85	3,28	-

3.6) Comparaison des stratégies de lutte

Sur l'ensemble des serres suivies, 4 stratégies de lutte ont été observées :

- Stratégie 1 : une aspiration par semaine et un Capsanem par mois : « Dominière » et « Nuances ».
- Stratégie 2 : deux aspirations et demie par semaine et un Capsanem par mois : « JPL 1 » et « JPL 2 ».
- Stratégie 3 : une aspiration par semaine et un Capsanem toutes les deux semaines : « Simonière » et « Etang ».
- Stratégie 4 : une aspiration par semaine dès l'observation de la première *N. tenuis* : « Durette » et « Saint-Laurent ».

La comparaison directe de ces stratégies est délicate. En effet, aucune des serres n'a connu le même contexte d'installation et de développement de *N. tenuis* et les réactions de cette dernière vis-à-vis d'une stratégie varient beaucoup d'une serre à l'autre. Néanmoins, certains éléments sont notables. Dans le cas des serres « JPL », seules serres où plus d'une aspiration par semaine était réalisée, on observe que les populations de *N. tenuis* sont restées basses durant toute la saison (mis à part au niveau du foyer d'installation de la punaise) alors que les serres où seulement une aspiration par semaine était réalisée, à même fréquence d'utilisation du capsanem, ont connu des variations bien plus importantes (figure 19).

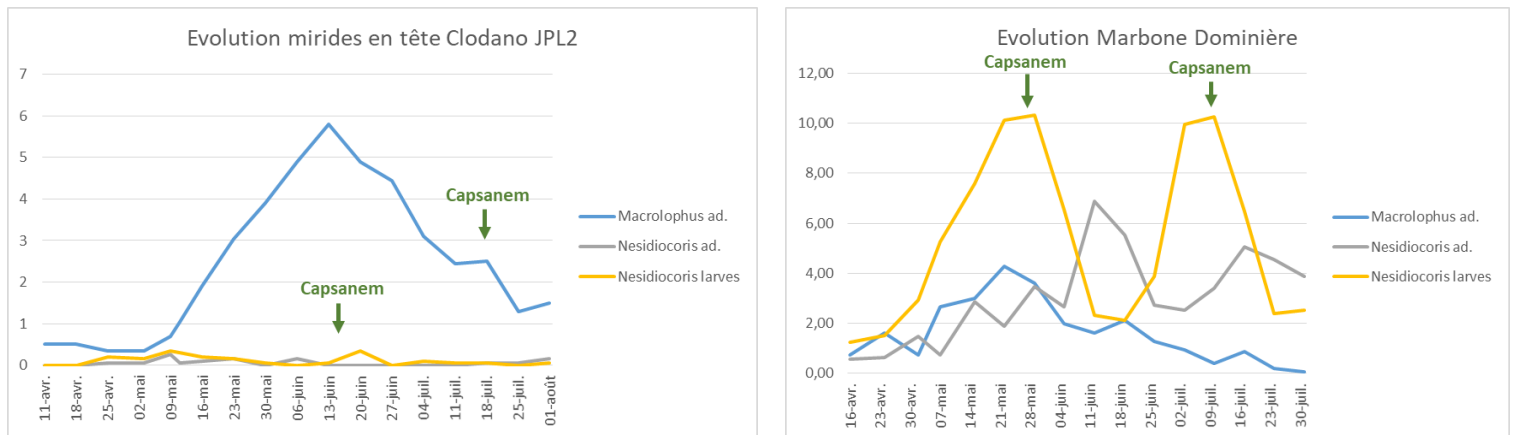


Figure 19: A gauche: Evolution de *N. tenuis* dans la variété Clodano de JPL 2. A droite: Evolution de *N. tenuis* dans la variété Marbone de la serre Dominière. Les flèche signalent les dates d'application du Capsanem.

Il est aussi possible de constater que dans le cas des serres « Durette » et « Saint-Laurent », suivant la 4^{ème} stratégie, les populations de *N. tenuis* n'ont pas évoluées en 1 mois de suivi après l'observation de la première *N. tenuis* (figure 20). Les populations sont restées anecdotiques pendant cette période.

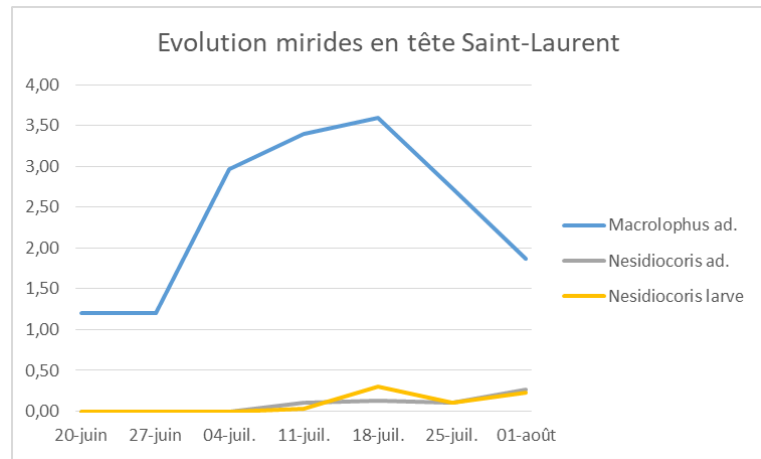
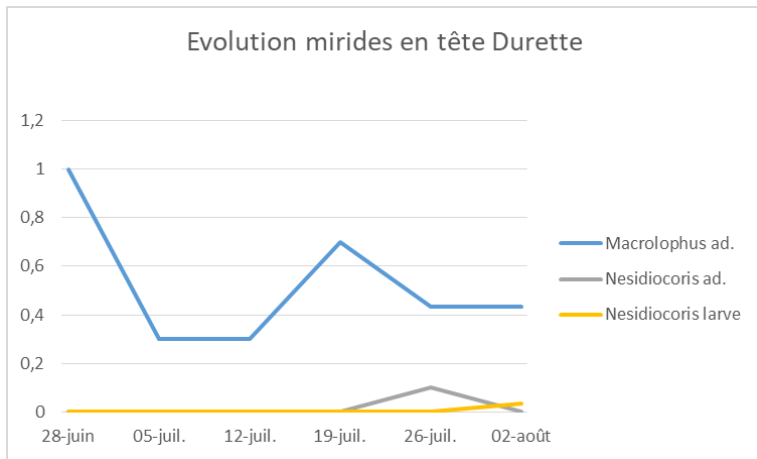


Figure 20: Evolution des mirides en tête sur les sites Durette (gauche) et Saint-Laurent (droite)

3.7) Efficacité comparée des panneaux englués

Dans les deux serres et sur l'ensemble des répétitions les panneaux jaunes à glue sèche se sont montrés plus efficaces que les cinq autres types. Les tests de Wilcoxon-Mann-Whitney appliqués aux mêmes modalités entre les serres révèlent aussi que les captures dans les deux serres sont significativement différentes pour toutes les modalités excepté pour les panneaux bleus ($W=46.5$, $p=0,13$). Dans tous les autres cas les captures sont plus importantes pour les panneaux du site « Etang ». Les résultats sont présentés dans la figure 21. Grâce à des tests de Wilcoxon-Mann-Whitney un classement par efficacité est proposé (figure 22).

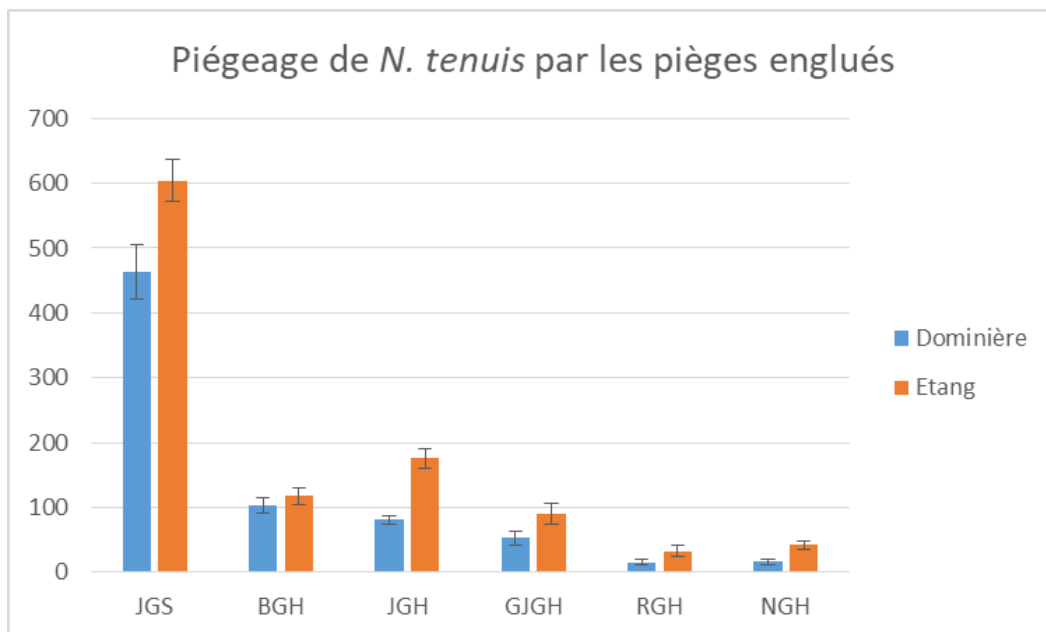
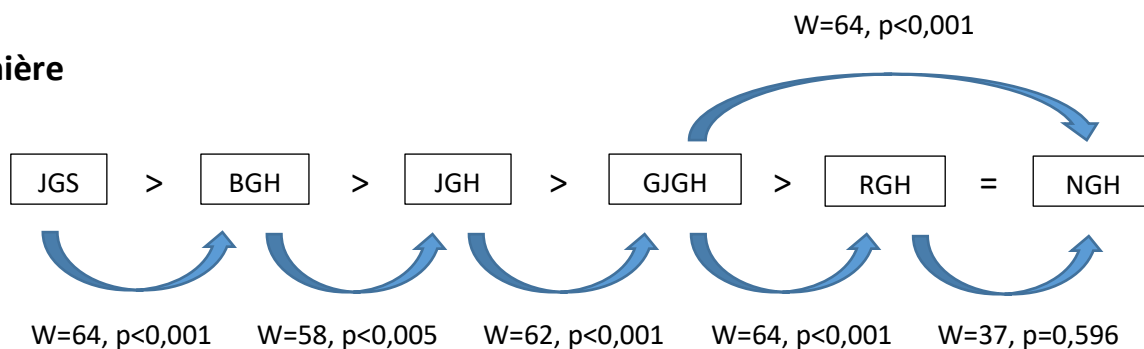


Figure 21: Nombre de capture de *N. tenuis* par type de panneau et par serre. Les barres d'erreurs correspondent aux intervalles de confiance à 95% associés à chaque modalité.

Dominière



Etang

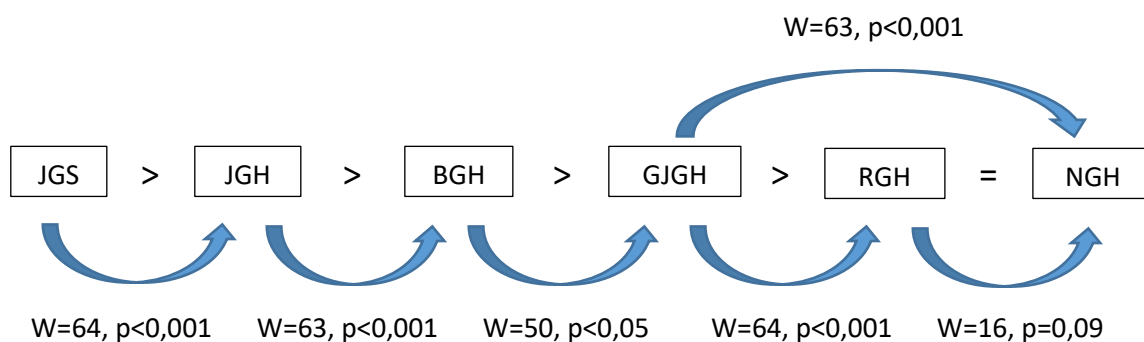


Figure 22: Classement d'efficacité des panneaux englués dans les deux serres. "W" : Valeur de la statistique. "p" : probabilité critique. JGS: panneaux jaunes à glue sèche. BGH: panneaux bleu à glue humide. JGH: panneaux jaunes à glue humide. GJGH: grands panneaux jaunes à glue humide. RGH : panneaux rouges à glue humide. NGH : panneaux noirs à glue humide

4) Discussion

4.1) La serre fermée, un outil préventif

Sur certains sites, on peut voir une ou plusieurs serres dites classiques côte à côte avec une ou des serres fermées (ou semi-fermées). C'est le cas pour les serres semi-fermées « Perez & fils 2 » à Saint-Rémy-de-Provence, « Durette » à Montfavet et « Tomunion2 » à Pierrelatte. Dans les trois cas, *N. tenuis* a d'abord été identifiée dans les serres classiques attenantes avant d'être, dans le cas de « Durette » repérée dans la serre semi-fermée. Dans les serres « Tomunion2 » et « Perez & fils 2 » la punaise n'a pas été repérée durant l'ensemble de la saison. La situation inverse n'a pas été observée. Ainsi nous pouvons supposer qu'une serre semi-fermée dont les éléments de protection sont intacts peut contenir la punaise hors de son enceinte, même en cas de forte pression.

Le cas de la serre semi-fermée « Etang » doit être étudié à part étant donné que l'arrivée de la punaise dans son enceinte s'est fait en décembre, donc cinq mois avant le début de notre étude. Rappelons que *N. tenuis* est incapable d'entrer en diapause et passe normalement l'hiver à l'état d'œuf dans les serres (Hughes et al., 2009). La culture observée dans cette serre pendant cette étude a été plantée entre le 9 et le 22 août 2017 après un vide sanitaire très court. La punaise, déjà présente durant les cultures précédentes n'a pas due être éliminée de la serre et s'est installée naturellement sur la culture qui a suivie. Des travaux de construction d'une autre serre partageant le même corridor d'accès ont aussi entraînés des dégâts sur ce dernier durant l'été, laissant alors des ouvertures pour la punaise.

4.2) Efficacité du Capsanem

4.2.a) Contrôle de *N. tenuis*

Le capsanem est un produit utilisant un organisme vivant dont le comportement en serre n'est pas encore bien connu ni caractérisé. Pour ces raisons, il est logique d'observer de grandes différences d'efficacité sur *N. tenuis*. Néanmoins, sa pertinence dans le cadre de la lutte contre la punaise ne peut être remise en cause.

Les écarts d'efficacité entre les différentes applications et entre les différentes serres peuvent avoir de multiples causes. Le premier élément identifié est le matériel de traitement. En effet, aucune serre n'utilise le même matériel de traitement. Le mode d'application (robot de traitement ou pulvérisateur à dos), le modèle du robot de traitement, le nombre de buses utilisées, le type de buse, la pression avec laquelle le produit est appliqué, la vitesse de passage du robot dans les rangs etc... sont tout autant de paramètres qui peuvent influencer l'efficacité du traitement. Mais d'autres paramètres doivent aussi être pris en compte, comme les variables climatiques ou la dose de produit utilisé.

La société Koppert recommande d'utiliser le Capsanem lorsque les conditions d'humidité relative sont élevées. Ceci nous porte à étudier plus finement la question de l'humidité relative en relation avec l'efficacité du produit sur *N. tenuis*. Bien que la dépendance entre ces deux paramètres ne soit pas prouvée dans le cadre de la lutte contre *N. tenuis*, les observations sur les autres ravageurs vont dans ce sens. Une humidité relative de 45% ne permet une survie de *S. carpocapsae* sur les feuilles que durant 2h après application, alors que dès 60%, son espérance de vie peut augmenter jusqu'à 6h. Dans ces conditions *S. carpocapsae* est aussi capable de se déplacer pendant 1h (Glazer, 1992). Ainsi, une humidité relative plus élevée lors de l'application du produit favoriserait l'activité du nématode et donc augmenterait son potentiel de parasitisme sur *N. tenuis*. Dans cette étude, les humidités relatives au moment des traitements n'ont pas pu être récupérées, néanmoins leur étude constituerait une piste de recherche intéressante. En effet ce facteur, en accord avec les critères de survie du nématode, pourrait expliquer certains cas d'inefficacité du produit.

La situation observée dans la serre « Dominière » constitue un objectif d'efficacité et de contrôle à atteindre. Comme en témoigne le graphique ci-dessous (figure 23), présentant le suivi de *N. tenuis* sur la variété « Marbone » dans la serre, la dynamique de la punaise, associée aux applications de Capsanem, peut être facilement prédite.

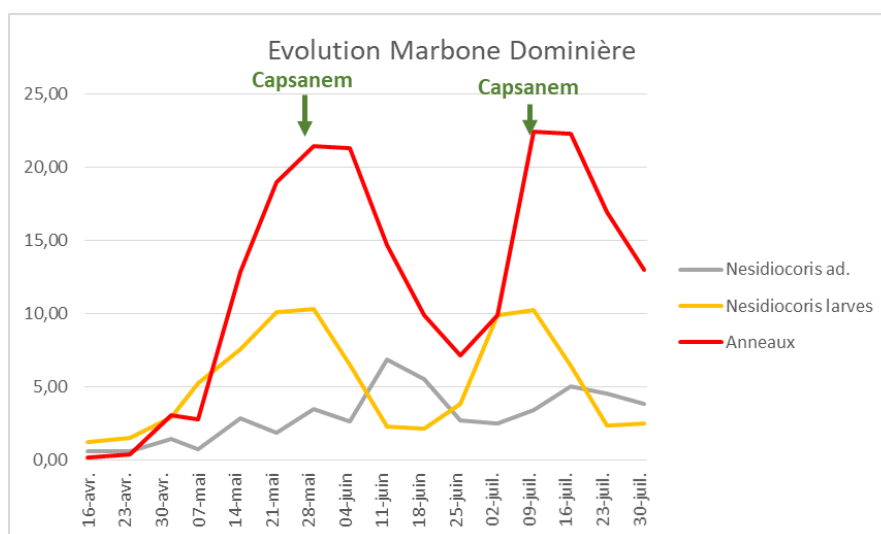


Figure 23: Evolution des populations de *N. tenuis* sur la variété Marbone dans la serre "Dominière" du 16/04/2018 au 31/07/2018.

En effet, suite à l'application du produit on observe une diminution progressive de la population de larves de *N. tenuis* associée à une diminution du nombre d'anneaux pendant deux semaines. Cette diminution se répercute ensuite sur la population d'adulte. Le nombre de larves augmente à nouveau deux semaines après le traitement.

La comparaison avec l'efficacité du produit Affirm sur *N. tenuis* est rendue difficile par la non validité statistique de la baisse de population avant et après traitement. Cela est en partie expliqué par le temps passé entre les deux notations. En effet, le produit tue la punaise en 48h, mais aucun effet à plus longs termes n'a été observé. Ainsi dans notre cas les populations ont pu évoluer entre la fin de l'action du traitement et la notation suivante. Pour estimer avec précision l'impact du produit sur les populations de *N. tenuis* il aurait fallu réaliser une observation 2 jours après traitement.

4.2.b) Impacts sur une population de *M. pygmaeus*

Comme nous avons pu le constater, le Capsanem a une efficacité quasi-identique sur les larves de *N. tenuis* et de *M. pygmaeus*. Ce résultat constitue un problème stratégique quand il s'agit de contrôler une population de *N. tenuis* sans impacter la population de *M. pygmaeus* en place. Raison pour laquelle les positionnements physiques et temporels du produit ont été réfléchis. Néanmoins, le Capsanem peut être aussi utilisé pour lutter contre *M. pygmaeus*. En effet, *M. pygmaeus* peut parfois devenir envahissante et, comme dans le cas de *N. tenuis*, en manque de proies, privilégier un régime phytophage. Dans le cas de *M. pygmaeus*, la phytophagie est dirigée principalement sur les fleurs et peut occasionner des dégâts économiquement important si les populations ne sont pas régulées. Le Capsanem constitue alors un moyen de réguler des populations trop importantes de *M. pygmaeus*.

4.3) Quelles conclusions concernant l'aspiration ?

Sur les trois cas étudiés, l'efficacité de l'aspiration n'a été mise en évidence qu'une seule fois mais avec des taux de captures important. Ce dernier élément nous pousse à penser que l'aspiration n'est pas le seul élément à avoir impacté la dynamique de *N. tenuis*. Sur cette même période une explosion du nombre de *M. pygmaeus* a été recensée. On compte alors jusqu'à 6 adultes et 10 larves de *M. pygmaeus* contre moins de deux *N. tenuis* par tête de plante. Or, ces deux mirides, partageant les mêmes proies, sont en compétitions lorsqu'elles occupent la même plante. La littérature tend à donner l'avantage à *N. tenuis* en cas de compétition (Moreno-Ripoll et al., 2012; Perdikis et al., 2014) mais on peut imaginer qu'une si grande différence de population puisse permettre à *M. pygmaeus* de s'imposer.

Malgré ces résultats, l'aspiration reste considérée comme un moyen de lutte alternatif intéressant. Sur deux sites (Durette et Saint-Laurent) *N. tenuis* a pu être repérée très tôt, dès l'installation des premiers individus. Suite à l'alerte, des aspirations, au rythme d'un passage par semaine, ont été effectuées de façon localisée dans le premier site et généralisée dans le deuxième. Dans les deux cas, la punaise n'a pu être observée pendant 1 mois.

L'aspiration semble donc être un bon moyen de contrôle de *N. tenuis* pour des faibles niveaux de populations. Cependant, une fois dépassé un seuil, qui semble se situer autour de 2 *N. tenuis* par plante, la technique ne paraît pas pouvoir contrebalancer la reproduction de la punaise, qui voit donc sa population augmenter de façon progressive si aucune autre mesure de contrôle n'est mise en place. Il est important de considérer « l'effet matériel » de cette technique. Les aspirateurs utilisés sont souvent fabriqués sur place en utilisant des pièces automobiles ou de matériel de jardinage, par conséquent, aucun producteur n'utilise le même aspirateur. Cet élément joue sur les différences de

résultats que l'on aurait pu observer. De plus, le matériel n'est pas forcément optimisé. Il reste, en effet, des pistes d'amélioration de l'aspiration, en particulier au niveau matériel.

4.4) La piste variétale

Il est intéressant de remarquer que les observations à moyenne et forte colonisation sur les variétés Marbone, identifiée comme potentiellement sensible, et Marnero, identifiée comme potentiellement tolérante, proviennent d'une même serre, la serre « Dominière ». Les deux variétés sont disposées face à face dans la serre, seulement séparées par une allée bétonnée de 3m de large. Les observations sur le terrain ont pu montrer que la variété Marbone subissait une pression plus importante que la variété Marnero (parfois jusqu'à 4 fois plus importante). Néanmoins, le ratio du nombre d'anneaux sur le nombre de *N. tenuis* observés sur la plante est statistiquement plus élevé pour la variété Marbone. Cette observation induit une préférence de la punaise pour Marbone plutôt que Marnero. Cette « préférence » est intrigante car ces deux variétés ont des caractéristiques morphologiques très similaires. La punaise était déjà généralisée dans la serre au début des notations, il est donc impossible de connaître sa zone d'émergence et de la relier aux différences de pressions observées. Il sera donc nécessaire de réaliser des expérimentations pour analyser les caractéristiques des variétés Marnero et Marbone face à *N. tenuis*. L'une des pistes de recherche pourrait être les compositions des sèves circulant dans ces deux plantes. La punaise, capable de reconnaître certains éléments physico-chimiques, pourrait être plus attirée par une variété plutôt qu'une autre. La variété Summer Sun observée au cours de cette étude est cultivée dans la serre Etang, serre particulièrement infestée dont la zone de culture de la variété Summer Sun constitue le foyer principal de la punaise. Il est donc normal d'observer un nombre de dégâts très élevé dans cette zone. Le ratio du nombre d'anneaux sur le nombre de *N. tenuis* observés sur la plante nous pousse à considérer la variété comme potentiellement sensible à la punaise.

L'utilisation de variétés plus vigoureuses peut constituer un avantage certain face à la punaise. Au-delà de la tolérance que les plantes à forte vigueur semblent présenter en cas de forte attaque, ces plantes ont aussi l'avantage d'avoir un diamètre de tige plus important et d'être donc moins sensibles aux cassures au niveau des anneaux pouvant se produire lors de la manipulation des plantes.

4.5) L'utilisation des panneaux englués, une solution à développer ?

L'expérimentation menée sur les sites « Dominière » et « Etang » met en avant l'efficacité largement supérieure des panneaux jaunes à glue sèche pour la capture de *N. tenuis*. Cette observation est appuyée par les résultats des autres entités travaillant sur la même thématique. Cependant, l'utilisation de ces panneaux, si envisagée dans le cadre de la lutte contre *N. tenuis*, se doit d'être réfléchie et positionnée de façon à éviter le piégeage de *M. pygmaeus*. En effet, nos essais ont été réalisés dans des situations où les populations de *N. tenuis* étaient si importantes que *M. pygmaeus* avait disparu des têtes des plantes, sa capture par nos pièges n'a donc pas pu être étudiée. Néanmoins l'étude menée par l'APREL a pu mettre en évidence que les panneaux jaunes à glue sèche piégeaient aussi efficacement *M. pygmaeus* que *N. tenuis* (Anthony Ginez, chargé d'expérimentation à l'APREL - communication personnelle). L'utilisation de ces panneaux ne semble donc indiquée qu'en cas de forte attaque de *N. tenuis*.

4.6) L'hypothèse des cycles de culture

Le site Chênes Verts/Blancs est composé de 4 serres classiques accolées. Historiquement, dans ces serres, les cultures de tomates étaient conduites sur un cycle dit « long » : la plantation était réalisée pendant l'automne, l'entrée en production commençait dès février/mars pour une fin de production en septembre. *N. tenuis* était alors observée dans la serre chaque année.

Les filets anti-insectes ont été installés en mai 2016 dans les 4 serres. Dès l'automne 2016, les exploitants du site ont décidé de conduire l'ensemble de la culture selon un cycle dit « court » : plantation en janvier pour une production de mars à fin juillet, arrachage et nouvelle plantation en août pour une production jusqu'en décembre. Depuis 2017, aucune nouvelle infestation par *N. tenuis* n'a été observée.

Dès lors, il est possible d'envisager que le seul effet barrière offert par les filets anti-insecte ne constitue pas la seule cause de la disparition de *N. tenuis* de la serre mais qu'un effet du cycle de culture joue aussi un rôle. La technique de décalage des cycles de cultures pour éviter les périodes d'activité d'un ravageur est déjà largement utilisée en plein champ. Il est donc possible que cette technique soit efficace en serre, contre *N. tenuis*. Malheureusement, ce site d'exploitation est le seul de la coopérative à conduire ses cultures de la sorte. Il est donc impossible de comparer sa situation à une autre serre et donc de confirmer l'hypothèse.

4.7) Dynamique de population et risques

Les pertes de rendement et les pertes économiques dues aux dégâts de *N. tenuis* sont difficiles à évaluer dans la mesure où la « coulure » d'une fleur peut avoir de nombreuses causes. Néanmoins, il est reconnu que l'activité phytophage de la punaise provoque des pertes de rendements, directement par les conséquences des piqûres sur les fleurs et indirectement par l'affaiblissement, parfois sévère, de la plante que peut provoquer un nombre élevé de piqûres. Il est donc important de ne pas négliger une infestation par *N. tenuis*. Son schéma de colonisation, observé dans la totalité des serres suivies lors de cette étude, est toujours le même. On observe d'abord quelques individus en bordure de serre. Durant les semaines suivantes la population va progressivement augmenter tout en se propageant dans les rangs de plus en plus éloignés. De façon souvent soudaine, la population peut augmenter considérablement (on parle d'explosion) selon une dynamique logistique. Si la population n'est pas régulée, alors les dégâts sur les plantes peuvent devenir considérables et impacter grandement sa production. La figure 24 présente l'évolution de *N. tenuis* dans un rang de suivi de la variété Summer Sun dans la serre « Etang » accompagnée de l'évolution de l'état de la tête des plantes. On remarque ici une forte dégradation de l'état des têtes en seulement 20 jours.

Au 29 juin, après une exposition de deux mois à une forte colonisation par *N. tenuis* la plante ne produit plus aucune feuille, les bouquets restants sur les plantes sont tous attaqués et présentent jusqu'à 100% de fleurs coulées. Cette dernière situation est rare. Il a été constaté que les dégâts sur fleurs ne gagnent en importance que lorsque la population de *N. tenuis* est forte (au-delà de 10 individus par plante) et présente sur une longue période. Autrement, la punaise, semblant se nourrir préférentiellement sur les jeunes tiges et pétioles, ne cause que peu d'avortements de fleurs.

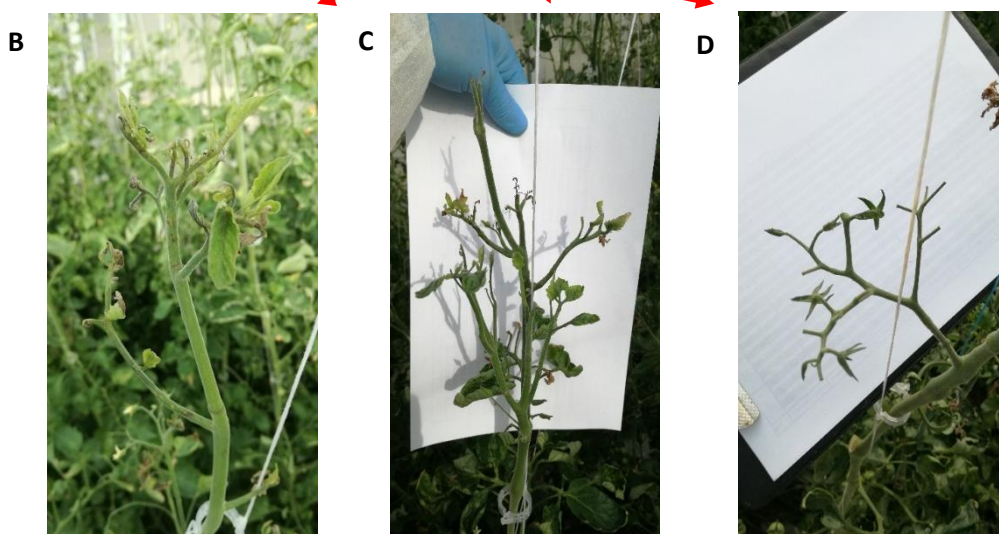
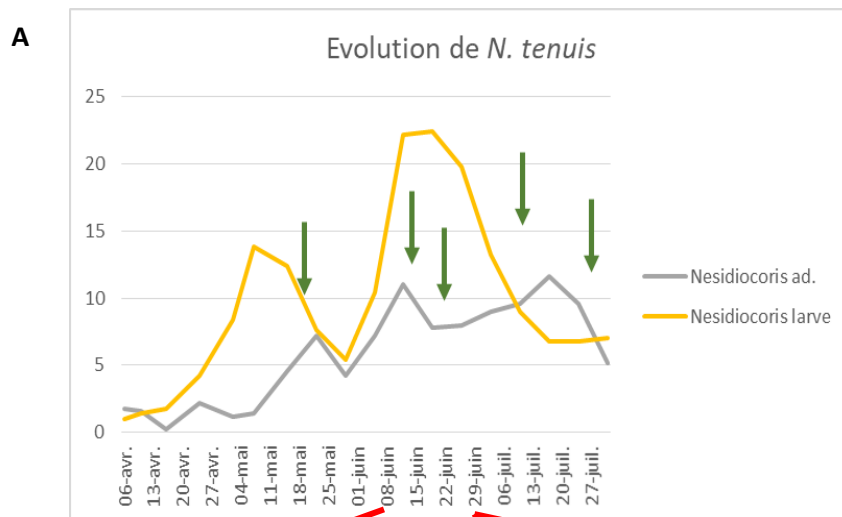


Figure 24: A: Graphique représentant l'évolution de la population de *N. tenuis* dans la variété Summer Sun du site "Etang". Les flèches vertes marquent les dates d'application du Capsanem. B: Etat de la tête d'une plante au 08/06. C: Etat de la tête d'une plante au 29/06. D: Etat d'un bouquet au 29/06

4.8) Identification de la meilleure stratégie

4.8.a) Prévention des risques

Les données accumulées durant cette étude montre clairement que les filets anti-insectes freinent voir empêchent totalement *N. tenuis* de pénétrer dans l'enceinte de la serre. Cette observation n'est vérifiée que si la structure même de la serre n'est pas endommagée. En effet, un carreau cassé ou même un léger décollage d'un joint peut suffire à la punaise pour rentrer dans la serre. Les filets perdent alors toute leur efficacité. De plus, la présence d'un sas avant l'entrée de la serre permettrait de réduire considérablement le risque d'entrée par la porte principale.

N. tenuis persiste durant l'hiver sous forme d'œuf principalement à l'intérieur des serres, il est donc nécessaire, en cas de présence avérée de la punaise durant la saison précédente, de prendre toutes les mesures sanitaires nécessaires pour éliminer les œufs pouvant persister avant de planter la nouvelle culture.

Cette année, dans la région PACA, les premières émergences de *N. tenuis* dans les cultures ont été observées au mois d'avril, principalement car les températures en février et mars 2018 étaient

particulièrement basses (figure 25). En effet, la date d'apparition de la punaise dépend fortement des températures observées durant l'hiver et le printemps. *N. tenuis* nécessite 278 degrés-jours pour effectuer son développement de l'œuf à l'adulte (Hughes et al., 2009), elle est donc généralement attendue plus tôt dans la région PACA.



Figure 25: Ecarts des températures de février et mars 2018 aux températures moyennes observées en février et mars sur Avignon (84). Source : www.infoclimat.fr

Afin de repérer au plus vite l'émergence de *N. tenuis*, il sera nécessaire d'effectuer des observations de veille au niveau des têtes des plantes. Le début de cette activité de veille sera à positionnée selon les températures observées durant l'hiver et le début du printemps. Il est recommandé de commencer les veilles au moins 2 semaines avant que le seuil de 278 degrés-jours soit atteint. Ces observations, réalisées au moins une fois par semaine, pourront être concentrées au niveau des bordures de la serre, zones que la punaise colonise généralement en premier (car correspondent aux point d'entrée éventuels dans la serre). Les autres zones ne sont pas à négliger pour autant, en particulier pour les serres non équipées de filets anti-insectes.

De par sa grande ressemblance à *M. pygmaeus*, *N. tenuis* est compliqué à différencier, pour un œil non averti, dans les cultures où *M. pygmaeus* est lâchée. Cette différenciation est d'autant plus difficile à faire que la punaise est jeune. Il est donc recommandé de former le personnel (au moins celui chargé de la veille) à reconnaître *N. tenuis* dès ses plus jeunes stades larvaires.

Il est aussi envisageable de lutter contre *N. tenuis* ou d'empêcher son installation par une méthode indirecte. Une étude sur le développement et la survivabilité de *N. tenuis* dans différents environnement a démontré que cette punaise était incapable de réaliser son cycle développement en entier en l'absence d'une autre source d'alimentation que la plante (Urbaneja et al., 2005). Il est donc possible d'imaginer qu'une parfaite gestion des proies de *N. tenuis* rendrait son installation dans une serre impossible. Cependant, *N. tenuis* étant un prédateur généraliste il semble complexe d'éliminer l'ensemble de ses potentielles proies d'une serre. De plus, des comportements de cannibalisme et de

prédation intraguilde (prédation d'une espèce sur une autre espèce qui consomme les mêmes ressources, ici *N. tenuis* sur *M. pygmaeus*) ont déjà été observés chez cette punaise en cas de forte carence en proie (Wheeler, 2001). Au détriment d'un certain nombre de jeunes larves, des individus plus âgés peuvent donc accomplir leur cycle de développement et assurer les générations futures.

4.8.b) Stratégie de contrôle des populations

Le facteur primordial pour le contrôle de *N. tenuis*, comme dans la majorité des stratégies concernant la protection des plantes, est la précocité d'identification du danger. Si la veille est réalisée de façon régulière et réfléchie sur l'ensemble de la serre et ses zones à risques il est totalement possible de contenir la punaise à des niveaux anecdotiques durant la totalité de la saison.

Dès les premiers individus repérés il est fortement conseillé de réaliser des aspirations en tête à l'aide d'un aspirateur à petit embout (voir figure 26) de façon localisée ou généralisée dans la serre suivant la dispersion des individus. Ces aspirateurs sont généralement des aspirateurs à aleurodes modifiés et adaptés à l'aspiration de *N. tenuis*. L'embout plastique ajouté permet d'aspirer uniquement la tête de la plante et de réduire le diamètre du tube d'aspiration, augmentant alors la force d'aspiration (Compte-Rendu réunion technique Pardi du 07/12/2015). La fréquence minimale à respecter est d'un passage par semaine, cette fréquence peut être augmentée selon les antécédents de la serre. Un aspirateur peut traiter un hectare en 10 à 15h selon la vitesse d'avancée du chariot (Robert Van Der Valk – Conseiller indépendant - communication personnelle). Cette méthode, si réalisée dès les premières apparitions, peut retarder le premier traitement d'un à deux mois. Il est aussi recommandé d'extraire les gourmands de la serre selon la méthode décrite en 1.3.d).

En parallèle, il est nécessaire de réaliser des comptages de la punaise en tête de plante dans toutes les zones signalées tout en surveillant les autres zones. Si ces comptages révèlent une hausse de la population moyenne de *N. tenuis* (larves + adultes) jusqu'à 2 individus ou plus par tête de plante il devient fortement conseillé d'utiliser le Capsanem, seule méthode de lutte directe autorisée en France. L'application du produit est à réaliser selon les doses et conseils d'application donnés sur l'emballage du produit. Les traitements sont espacés d'un mois si l'efficacité est bonne et de deux semaines si la population de *N. tenuis* reste forte.

L'ensemble de ces préconisations est à adapter à la population de *M. pygmaeus* dont la présence tout au long de la saison est souhaitable pour maîtriser l'émergence des aleurodes et des acariens. En effet, comme expliqué plus tôt, toutes ces méthodes de lutte peuvent impacter la population de *M. pygmaeus* installée.

En cas de forte attaque de la punaise on pourra recommander la mise en place de panneaux jaunes à glue sèche au niveau des têtes des plantes. Une dernière technique (observée sur le terrain) consiste à recouvrir un chariot de bandes engluées et à passer dans les rangs en secouant les plantes. Les adultes (aillés) qui s'envolent se retrouvent alors piégés dans les bandes engluées. Cette technique peut être très efficace en cas de forte invasion mais doit être réalisée en tête, de façon à éviter de piéger les auxiliaires de culture.



Figure 26: Aspirateur à aleurode modifié et adapté à l'aspiration de *N. tenuis*.

4.9) Limites et perspectives

Comme le veut sa nature, l'étude exploratoire n'est pas une étude visant à déterminer précisément un fait. Le but de cette étude fut de soulever des questionnements et apporter des éléments pouvant constituer la base d'études plus précises. Ainsi, aucun des raisonnements effectués ici ne peuvent être considérés comme une vérité scientifique. Néanmoins, les tendances et résultats préliminaires que fournit l'étude sont en accord avec les différents articles scientifiques traitant du sujet. Ce travail constitue donc une base de réflexion solide en attente d'approfondissement.

Parmi les éléments encore trop peu décrits nous pouvons citer le Capsanem et son efficacité sur *N. tenuis*. Les observations réalisées dans cette étude ont toujours vu l'application du Capsanem accompagnée d'aspirations régulières. Ainsi son efficacité mesurée est en réalité celle du produit et de l'aspiration simultanée. Une prochaine étape pour une meilleure compréhension du produit sera de réaliser des expérimentations sur son application en conditions contrôlées. Il serait alors possible de caractériser plus précisément les méthodes et conditions d'applications optimales. De plus, « l'efficacité » que j'ai utilisée pour cette étude est définie par la diminution statistiquement vérifiée de la population de *N. tenuis* en comparant son niveau avant et après traitement (ou aspiration). Néanmoins, étant donnée la dynamique de population de type logistique que présente *N. tenuis*, il est possible d'entendre une stabilisation du niveau de population de la punaise par l'application du Capsanem (ou par l'aspiration) comme une certaine efficacité.

Etant donné les résultats, l'étude des résistances et tolérances variétales a été trop superficielle pour pouvoir donner des conclusions concernant toutes les variétés utilisables dans les stratégies culturales de lutte contre *N. tenuis*. Ce sujet a cependant été abordé très régulièrement ces dernières années au cours des différentes réunions techniques des « Paysans de Rougeline » et mériterait donc une étude orientée en ce sens. Ce type d'expérimentation, nécessitant des conditions contrôlées devrait être menée par des entités en possédant les moyens technique, comme le CTIFL.

Conclusion :

N. tenuis est un ravageur gagnant en importance en région PACA mais aussi dans le reste de la France. Originaire de la région méditerranéenne, la zone de colonisation de la punaise s'étend petit à petit pour atteindre le Sud-Ouest de la France il y a 5 ans et la Bretagne et les Pays-Bas l'an dernier. *N. tenuis* est donc devenu un ravageur d'ordre national dont la question du contrôle est de plus en plus réfléchi par les agriculteurs et les sociétés de protection des plantes.

Les situations à risques sont nombreuses. Le manque d'expérience des producteurs et des distributeurs de produits de protection des plantes face à cette menace reste marqué. Néanmoins, la lutte contre *N. tenuis* se développe vite et n'utilise, aujourd'hui, aucun produit chimique tout en permettant une efficacité satisfaisante si les mesures nécessaires sont prises et les conseils respectés. La lutte contre *N. tenuis* selon une logique d'agriculture durable est donc possible et pourrait être totalement contrôlée d'ici quelques années si les apports techniques et scientifiques restent constants.

La stratégie de contrôle des populations de *N. tenuis* mise en place dans ce travail a été imaginée grâce à la diversité des situations observées et est donc adaptée à l'ensemble de la Provence, voire du Sud-Ouest. Sa pertinence dans le bassin de production breton est à évaluer. De manière plus générale, cette stratégie, comme la majorité des méthodes de lutte alternatives, est chronophage. Les veilles et les aspirations sont des travaux qui peuvent mobiliser une certaine part de la main d'œuvre sur un temps assez long. Néanmoins, il serait intéressant de mettre à profit les travaux de veille pour

repérer d'autres infestations par d'autres ravageurs ou des foyers de contamination par des maladies plus rapidement. Ceci pourrait donc permettre de lutter contre ces risques plus efficacement.

La littérature concernant *N. tenuis* considérée comme un ravageur est très pauvre. Ce travail représente donc un socle de réflexion portant sur les moyens de contrôles alternatifs duquel de nombreux projets d'expérimentation peuvent être imaginés. L'utilisation des méthodes prometteuses comme le produit de biocontrôle Capsanem ou les panneaux englués à colle sèche nécessitent encore d'être optimisée mais constitueront le cœur des moyens de lutte pour la saison prochaine. De nouvelles solutions de contrôle non-chimique ont pu être identifiées et seront testées prochainement. Si les résultats des tests sont satisfaisants et les homologations nécessaires obtenues ces produits pourront être intégrés aux stratégies de lutte.

Bibliographie :

- Alomar, O., & Albajes, R. (1996). Greenhouse whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) predation and tomato fruit injury by the zoophytophagous predator *Dicyphus tamaninii* (Heteroptera: Miridae). " . In *Zoophytophagous Heteroptera: Implications for Life History and Integrated Pest Management* (pp. 154–177).
- Arno, J., Castane, C., Riudavets, J., & Gabarra, R. (2006). Characterization of damage to tomato plants produced by the zoophytophagous predator *Nesidiocoris tenuis*. *IOBC/WPRS Bulletin*, 29, 249–254.
- Banos, H. L., Ruiz, T., Del Toro-Benitez, M., De los A. Martinez-Rivero, M., & Mirada-Cabrera, I. (2017). Desarrollo, reproducción y tablas de vida de *Nesidiocoris tenuis* Reuter empleando como presa estadios inmaduros de mosca blanca. *Rev. Protección Veg.*, 32(12).
- 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(1), 79–90. <https://doi.org/10.1007/s10526-015-9700-5>
- Blancard, D., Laterrot, H., Marchoux, G., & Candresse, T. (2009). *Les maladies de la tomates*.
- Bouagga, S., Perez-Hedo, M., & Urbaneja, A. (2015). Biological control of *Frankliniella occidentalis* and *Bemisia tabaci* using three predators mirids on sweet pepper, (November), 19–20.
- Bueno, V. H. P., & Van Lenteren, J. C. (2012). Predatory bugs (Heteroptera). In A. R. Panizzi & J. R. P. Parra (Eds.), *Insect bioecology and nutrition for integrated pest management* (pp. 539–569). CRC Press.
- Calvo, J., Bolckmans, K., Stansly, P. A., & Urbaneja, A. (2009). Predation by *Nesidiocoris tenuis* on *Bemisia tabaci* and injury to tomato. *BioControl*, 54(2), 237–246. <https://doi.org/10.1007/s10526-008-9164-y>
- Carnero, A., Diaz, S., Amador, M., Hernandez, M., & Hernandez, E. (2000). Impact of *Nesidiocoris tenuis* Reuter (Hemiptera: Miridae) on whitefly populations in protected tomato crops. *IOBC/WPRS Bulletin*, 23–259.
- Cohen, A. C. (1990). Feeding adaptation of some predaceous Heteroptera. *Annals of the Entomological Society of America*, 83, 1215–1223.
- Cohen, A. C. (1996). Plant feeding by predatory Heteroptera: evolutionary and adaptational aspects of trophic switching. In O. Alomar & R. N. Wiedenmann (Eds.), *Zoophytophagous Heteroptera: Implications for Life History and Integrated Pest Management* (pp. 1–17). Entomological Society of America.
- De Backer, L., Megido, R. C., Fauconnier, M. L., Brostaux, Y., Francis, F., & Verheggen, F. (2015). Tuta absoluta-induced plant volatiles: attractiveness towards the generalist predator *Macrolophus pygmaeus*. *Arthropod-Plant Interactions*, 9(5), 465–476. <https://doi.org/10.1007/s11829-015-9388-6>
- Debon, G. (2017). Dossier serre/tomate: La serre fermée crée des ouvertures. *Réussir Fruits & Légumes*, 52–54.
- Duranton-Eveillard, N. (2016). *Bilan tomate 2016*.
- FranceAgrimer. (2017). Les filières des fruits et légumes: données 2015.
- Gavkare, O., & Sharma, P. L. (2017). Influence of Temperature on Development of *Nesidiocoris tenuis* (Reuter) Preying on *Trialeurodes vaporariorum* (WESTWOOD) on Tomato. *Entomological News*, 127(3), 230–241. <https://doi.org/10.3157/021.127.0306>
- Gigon, V., Camps, C., & Le Corff, J. (2016). Biological control of *Tetranychus urticae* by *Phytoseiulus macropilis* and *Macrolophus pygmaeus* in tomato greenhouses. *Experimental and Applied Acarology*, 68(1), 55–70. <https://doi.org/10.1007/s10493-015-9976-2>
- Gillespie, D., & McGregor, R. (2000). The functions of plant feeding in the omnivorous predator *Dicyphus hesperus* (Heteroptera: Miridae): water places limits on predation. *Ecological Entomology*, 25, 380–386.

- Glazer, I. (1992). Survival and efficacy of *Steinernema carpocapsae* in an exposed environment. *Biocontrol Science and Technology*, 2(2), 101–107.
- Grisey, A., & Decker, M. (2017). Evolution du parc de serres chauffées en tomates et concombre: enquête 2016, 54–59.
- Hamdi, F. (2012). *Identification morphologique et moléculaire et caractérisation bio-écologique d'un agent de lutte biologique zoophytophage méditerranéen: Macrolophus pygmaeus*. Montpellier 2.
- Han, R., & Ehlers, R. U. R. (2000). Pathogenicity, Development, and Reproduction of *Heterorhabditis bacteriophora* and *Steinernema carpocapsae* under Axenic in Vivo Conditions. *Journal of Invertebrate Pathology*, 75, 8–55.
- Hughes, G. E., Bale, J. S., & Sterk, G. (2009). Thermal biology and establishment potential in temperate climates of the predatory mirid *Nesidiocoris tenuis*. *BioControl*, 54(6), 785–795. <https://doi.org/10.1007/s10526-009-9230-0>
- Kerzhner, I. M., & Josifov, M. (1999). *Catalogue of the Heteroptera of the Palaearctic region. Netherlands Entomological Society* (Vol. 3).
- Kim, J. G., Lee, W. H., Yu, Y. M., Yasunaga-Aoki, C., & Jung, S. H. (2016). Lifecycle, biology, and descriptions of greenhouse biological control agent, *Nesidiocoris tenuis* (Reuter, 1895) (Hemiptera: Miridae). *Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University*, 61(2), 313–318.
- Lacroix, J., & Hairion, D. (2015). *25 ans d'audace: 1990-2015*. (L. P. de Rougeline, Ed.).
- Le Corre, M. (2017). Dossier serre/tomate: Un engagement sociétal et économique. *Réussir Fruits & Légumes*, 56–57.
- Lins, J. C. J., Loon, J. J. A., Bueno, V. H. P., Barbosa, D., Dicke, M., & Van Lenteren, J. C. (2014). Response of the zoophytophagous predators *Macrolophus pygmaeus* and *Nesidiocoris tenuis* to volatiles of uninfested plants and to plants infested by prey or conspecifics. *BioControl*, 59(6), 707–718.
- Llácer, E., de Altube, M. M. M., & Jacas, J. A. (2009). Evaluation of the efficacy of *Steinernema carpocapsae* in a chitosan formulation against the red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus*, in *Phoenix canariensis*. *BioControl*, 54(4), 559–565. <https://doi.org/10.1007/s10526-008-9208-3>
- Lucas, E., Giatropoulos, A., Maselou, D., & Fantinou, A. (2009). Intraguild predation between *Macrolophus pygmaeus* and *Nesidiocoris tenuis*. *IOBC/WPRS Bulletin*, (June).
- Madbouni, M. A. Z., Samih, M. A., Namvar, P., & Biondi, A. (2017). Temperature-dependent functional response of *Nesidiocoris tenuis* (Hemiptera: Miridae) to different densities of pupae of cotton whitefly, *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). *European Journal of Entomology*, 114(July), 325–331. <https://doi.org/10.14411/eje.2017.040>
- Malais, M. H., & Ravensberg, W. J. (2006). *Connaître et reconnaître*. (K. B.V. & R. Business, Eds.). Koppert B.V.
- Malausa, J. C. (1989). Lutte intégrée sous serre : les punaises prédatrices Mirides dans les cultures de Solanacées du sud-est de la France. *PHM Revue Horticole*, 39–43.
- Martinez-Garcia, H., Roman-Fernandez, L. R., Saenz-Romo, M., Perez-Moreno, I., & Marco-Mancebon, V. S. (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(2), 215–224.
- Moreno-Ripoll, R., Agusti, N., Berruezo, R., & Gabarra, R. (2012). Conspecific and heterospecific interactions between two omnivorous predators on tomato. *Biological Control*, 62(3), 189–196.
- Perdikis, D. C., Arvaniti, K. A., & Papadimitriou, D. M. (2016). Effects of sticky traps on *Dacnusa sibirica*, *Diglyphus isaea* and *Nesidiocoris tenuis*. *Entomologia Hellenica*, 25(1), 1–11. Retrieved from http://www.entsoc.gr/journaleee/wp-content/uploads/2016/08/EH_15_009_1-11_F.pdf
- Perdikis, D. C., Lucas, E., & Garantonakis, N. (2014). Intraguild predation and sublethal interactions between two zoophytophagous mirids, *Macrolophus pygmaeus* and *Nesidiocoris tenuis*. Intraguild predation and sublethal interactions between two zoophytophagous mirids, *Macrolophus pygmaeus* and *Nesidiocoris te*. *Biological Control*, 70(December), 35–41. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2013.12.003>

- Perdikis, D. C., & Lykouressis, D. P. (2002). Thermal Requirements for Development of the Polyphagous Predator *Macrolophus pygmaeus* (Hemiptera: Miridae). *Environmental Entomology*, 31(4), 661–667.
- Perdikis, D. C., & Lykouressis, D. P. (2004). *Macrolophus pygmaeus* (Hemiptera: Miridae) population parameters and biological characteristics when feeding on eggplant and tomato without prey. *Journal of Economic Entomology*, 97, 1291–1298.
- Pickel, C., Zalom, F. G., Walsh, D. B., & Welch, N. C. (1995). Vacuums provide limited *Lygus* control in strawberries. *California Agriculture*, 49(2), 19–22. <https://doi.org/10.3733/ca.v049n02p19>
- Portakaldali, M., & Satar, S. (2015). The side effects of three different pesticides on the predator *Nesidiocoris tenuis* Reuter (Hemiptera : Miridae) under laborator, (December).
- Prieto, J. D., Trotta, V., Fanti, P., Castañé, C., & Battaglia, D. (2016). Predation by *Macrolophus pygmaeus* (Hemiptera: Miridae) on *Acyrtosiphon pisum* (Hemiptera: Aphididae): Influence of prey age/size and predator's intraspecific interactions. *European Journal of Entomology*, 113(1), 37–43. <https://doi.org/10.14411/eje.2016.004>
- Ram, J. (2013). Simulation model applied to biological pest control by entomophagous species in comercial tomato greenhouses, (December 2014).
- 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(2), 401–406. <https://doi.org/10.1093/jee/96.2.401>
- Sanchez, J. A. (2008). Zoophytophagy in the plantbug *Nesidiocoris tenuis*. *Agricultural and Forest Entomology*, 10(2), 75–80. <https://doi.org/10.1111/j.1461-9563.2007.00357.x>
- Sanchez, J. A., Gillespie, D., & McGregor, R. (2004). Plant preference in relation to life history traits in the zoophytophagous predator *Dicyphus hesperus*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 112, 7–19.
- Sanchez, J. A., & Lacasa, A. (2006). Zoophytophagy of the plantbug *Nesidiocoris tenuis* in tomato crops in southeast Spain. *IOBC/WPRS Bulletin*, 29(4), 233–238.
- Sanchez, J. A., Lacasa, A., Arno, J., Castane, C., & Alomar, O. (2009). Life history parameters for *Nesidiocoris tenuis* (Reuter) (Het., Miridae) under different temperature regimes. *Journal of Applied Entomology*, 133(2), 125–132.
- Service régional de l'information statistique et économique de la DRAAF. (2013). Mémento de la statistique agricole, n°125.
- Streito, J.-C., Clouet, C., Hamdi, F., & Gauthier, N. (2017). Population genetic structure of the biological control agent *Macrolophus pygmaeus* in Mediterranean agroecosystems. *Insect Science*, 24(5), 859–876. <https://doi.org/10.1111/1744-7917.12370>
- Torreno, H. (1994). Predation behavior and efficiency of the bug *Cyrtopeltis tenuis* (Hemiptera: Miridae), against the cut- worm, *Spodoptera litura* (F). *Philipp Entomology*, 9, 426–434.
- Trottin-Caudal, Y., & Millot, P. (1997). Etude de deux mirides en culture de tomate: *Macrolophus caliginosus* Wagner et *Nesidiocoris* (*Cyrtopeltis*) *tenuis* Reuter. *Infos Paris*, 131, 40–44.
- Urbaneja, A., Tapia, 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(5), 513–518. <https://doi.org/10.1080/09583150500088777>
- Van Lenteren, J. C. (2012). The state of commercial augmentative biological control: Plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. *BioControl*, 57(1), 1–20. <https://doi.org/10.1007/s10526-011-9395-1>
- 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(5), 1103–1107. <https://doi.org/10.1093/ee/22.5.1103>
- Wheeler, A. G. J. (2000). Predacious plant bugs (Miridae). In C. W. Schaefer & A. R. Panizzi (Eds.), *Heteroptera of Economic importance* (pp. 657–693). CRC Press.
- Wheeler, A. G. J. (2001). *Biology of the Plant Bugs (Hemiptera: Miridae): pests, predators, opportunists*. New-York: Cornell University Press.

Webographie :

- Chambre d'Agriculture Provence-Alpes-Côte d'Azur. <https://paca.chambres-agriculture.fr/notre-agriculture/productions-vegetales/>. Consulté le 20/04/2018.
- Koppert Biological Systems. <https://www.koppert.fr/la-parole-a/nesidiocoris-une-punaise-sous-biocontrrole/>. Consulté le 27/04/2018.
- Site officiel du groupe "Les Paysans de Rougeline" - Chiffres clés. <http://www.rougeline.com/chiffres-cles/4>. Consulté le 20/07/2018.
- Site officiel du groupe « Les Paysans de Rougeline » - Distribution. <http://www.rougeline.com/distribution/7>. Consulté le 20/07/2018.
- Site officiel du groupe « Les Paysans de Rougeline » - Certifications. <http://www.rougeline.com/certifications/18>. Consulté le 27/07/2018
- Site officiel du groupe « Les Aysans de Rougeline » - ZRP. <http://rougeline.com/zoom-sur-le-zero-residu/38>.
- Production Agricole de Provence-Alpes-Côte d'Azur – Recensement 2015 DRAAF. http://draaf.paca.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/Diagnostic_paca_28_nov_2016_cle0dfda9.pdf. Consulté le 20/04/2018.
- Site officiel des Chambres d'agriculture France – Données par région. <https://chambres-agriculture.fr/informations-economiques/lagriculture-en-regions/provence-alpes-cote-dazur/>. Consulté le 20/04/2018.
- Base de données de la FAO – Données agricoles tomates. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Consulté le 17/08/2018.
- Base de données Eurostat – Productions agricoles. <http://ec.europa.eu/eurostat/web/agriculture/data/database>. Consulté le 17/08/2018.
- Site officiel du collectif « Nouveaux Champs » - Histoire. <http://www.nouveaux-champs.fr/histoire/>. Consulté le 05/09/2018
- Site officiel du collectif « Nouveaux Champs » - Produits. <http://www.nouveaux-champs.fr/les-produits/>. Consulté le 05/09/2018
- Site officiel des « Paysans de Rougeline » - Principe de l'écoserre. http://www.rougeline.com/files/uploads-rougeline/nodes/files/livret_ecoserre.pdf. Consulté le 20/08/2018.

Annexes :

Annexe 1 : Variétés suivies

Dénomination de la variété	Type de fruit
Ananas	Côtelée jaune
Axiany	Cerise ronde rouge
Bamano	Cerise allongée orange
Bellastar	Cerise allongée rouge
Buffalo Steak	Côtelée rouge
Clodano	Grappe ronde rouge
Clyde	Grappe ronde rouge
Daltary	Cocktail ronde rouge
Dr607	Cerise grappe ronde rouge
DRK 7024	Cœur allongée rouge
Funtelle	Cerise allongée rouge
Honeymoon	Ronde rose
Kumato	Ronde noire
Marbone	Côtelée rouge
Marnero	Côtelée noire
Ministar	Cerise allongée rouge
Organza	Cerise allongée orange
Summer Sun	Cerise ronde jaune
Temptation	Grappe ronde rouge
Tiverta	Ronde zébrée

Annexe 2 : Exemple de feuille de notation

Rang	Ad. aleurode	L. aleurode	parasitisme	Ad. macro	L. macro	Ad. Nesidio	L. Nesidio	Jeunes L.	Anneaux	fleur couléés bouquet 1	fleurs total 1	fleurs couléés bouquet 2	fleurs total 2	Diam tête	Variété
161	○○○○			○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	1.20	DRK7024
120	○○○○	○	○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	1.20	
80	○○○○	○	○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	1.20	Flamenco
50	○○○○	○	○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	1.20	Honeymoon
20	○○○○	○	○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	1.20	
2	○○○○	○	○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○	1.20	Tiverta

Observateur: NT Date: 24/07 Simoniee

Annexe 3 : Liste des variétés suivies dans chaque serre

JPL1	Clodano
JPL2	Clodano, Temptation
Dominière	Marbone, Marnero
Etang	Summer Sun, Funtelle, Bellastar, Bamano, Daltary
Nuances	Marnero, Buffalo Steak, Tiverta, Organza
Saint-Laurent	Clodano
Reghaia	Kumato
Jardin de Claire	Ministar, Kumato
Durette	Bellastar, Dr 607, Axiany, Summer Sun
Perez & fils 1	Ananas, Buffalo Steak, Marnero, Clodano
Simonière	Tiverta, Honeymoon, Marnero, DRK 7024
Sureau	Clyde
Tomunion	Buffalo Steak, DRK 7024
Chênes Verts/Blancs	Clodano

Annexe 4 : Recensement floral :

	Inule visqueuse	Trèfle blanc	Géraniacée	Amarante	Laiteron	Mauve sauvage	Menthe sauvage	Senecion vulgaire	Capselle bourse à pasteur	Veronique de Perse	Fumeterre	Luzerne	Orge	Brome	Paturin	Avoine
JPL1	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	-	-	-
JPL2	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	-	-	-
Dominière	X	-	X	-	X	-	X	X	X	-	-	-	X	X	X	-
Nuances	-	X	-	-	-	X	X	X	X	-	-	-	X	X	X	-
Tomunion	X	-	X	X	-	X	-	X	-	X	X	-	-	X	-	-
Sureaux	-	X	-	-	-	X	X	-	X	X	X	-	X	X	X	-
Regratia	X	-	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-	X	-	-
Saint-Laurent	X	-	-	-	X	-	X	X	X	-	-	-	-	-	X	-
Chênes B/V	-	X	X	X	-	X	X	-	-	-	-	-	-	X	X	X
Perez & fils 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-
Jardin de Claire	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	X	-	X	-	X
Duette	-	-	-	-	X	X	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-
Etang	-	X	X	-	X	-	-	X	-	-	-	-	X	-	X	-
Simonière	-	X	X	-	X	-	-	X	-	-	-	-	X	-	X	-

Annexe 5 : Etiquette du produit Capsanem

2 500 000 000 STEINERNEMA CARPOCAPSAE 10 sachets de 250 millions de nématodes

Code produit : 52719

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

Composition : 95,5% *Steinernema carpocapsae*, 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, la larve du ravageur meurt en 48 heures. Les effets du traitement sont visibles sous 5 jours.

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

au-dessus de la surface à traiter. Agiter continuellement la bouillie dans le réservoir du pulvérisateur (pompe de recirculation). Arroser la surface traitée avant et après l'application, sauf en cas de pulvérisation foliaire.

Préparation de la solution de pulvérisation :

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. Bien remuer et laisser se diluer le contenu pendant 5 minutes. Bien mélanger à nouveau et verser le contenu dans le réservoir du pulvérisateur à moitié rempli. 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. Agiter continuellement la bouillie dans le réservoir du pulvérisateur (recirculation). Pulvériser la bouillie immédiatement après préparation. Utiliser les sachets dans leur intégralité, la distribution des nématodes dans le sachet n'étant pas homogène.

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.

Ravageurs	Dose ném. / unité	Volume de bouillie	Périodes d'application	Nombre d'apports	Mode d'apport	Conditions d'application
<i>Nesidiocoris tenuis</i>	3 à 5 millions de ném./L, à raison de 600L/ha*.	Jusqu'au point de ruissellement sur le feuillage	Toute l'année	Traiter 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 dos, respecter une dose minimale de 3 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>Duponchelia fovealis</i>	500 000 / m ²	300 litres / 1000 m ² minimum	Toute l'année	Répéter le traitement en cas de fortes attaques (tout 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 COURTILIÈRES <i>Agrotis sp, Gryllo-talpa gryllotalpa</i>	500 000 / m ²	100 litres / 1000 m ² minimum	Courtilières : avril-mai Noctuelles : sur larves jeunes, toute l'année sous abris chauffés.			
CAPNODES <i>Capnodis tenebrionis</i>	1 million / arbre	5 à 10 litres / arbre	Avril à juin & septembre à novembre	1 à 2 traitements printaniers et 1 à 2 traitements d'automne	Pulvérisation d'un périmètre d'1m 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.
GALÉRUQUE DE L'ORME <i>Xanthogaleruca luteola</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> .

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.



Producteur : Koppert Biological Systems
Distributeur : Koppert France
147 av. des banquets 84300 Cavaillon
www.koppert.fr - info@koppert.fr - T. 04 90 78 30 13



CAPSANEM

STEINERNEMA CARPOCAPSAE



KOPPERT
BIOLOGICAL SYSTEMS

Identification des facteurs de succès pour le contrôle de *Nesidiocoris tenuis* en serre de tomate hors-sol

Résumé :

Nesidiocoris tenuis (Reuter) (Hemiptera : miridae) est une punaise zoophytophage utilisée comme auxiliaire de culture dans la majeure partie du monde. Cependant, dans la région Provence-Alpes-Côte d'Azur (France), l'activité phytophage de *N. tenuis* provoque des dégâts et des pertes économiques considérables dans les serres de tomates. Cette étude exploratoire vise à connaître l'impact de facteurs environnementaux et culturels sur les populations de *N. tenuis* dans les serres de culture hors-sol de tomate. Pour cela, les populations de *N. tenuis* ont été suivies durant 4 mois dans 14 serres réparties dans la région. Il a pu être démontré que la présence de filets sur les ouvrants des serres est un frein considérable à l'installation de la punaise. La lutte par aspiration, dès l'émergence de *N. tenuis* dans la serre, a pu ralentir le développement de la punaise pendant un mois. La variété Marnero et les plantes à forte vigueur ont été identifiées comme potentiellement tolérantes à la punaise. Les panneaux englués jaunes à glue sèche ont montrés une forte efficacité pour le contrôle de *N. tenuis*. Une stratégie de contrôle, abordant à la fois la prévention du risque et la gestion de la punaise, a été imaginée. De par la nature exploratoire de l'étude il sera important de réaliser des expérimentations en conditions contrôlées pour vérifier toutes ces observations.

Mots clés : *Nesidiocoris tenuis*, tomate, Rougeline, PBI, PACA, Capsanem

Abstract :

Nesidiocoris tenuis (Reuter) (Hemiptera : miridae) is a zoophytophagous bug used as a biological control agent in most of the countries. However, in Provence-Alpes-Côte d'Azur (France), *N. tenuis* is considered as a pest in so its damages on crops have some important economic impacts in the tomato greenhouses. This study aims to understand the effects of some environmental and cultural factors on the bug populations. To achieve this goal we have followed *N. tenuis* population in 14 greenhouses which used different strategies to fight against the bug during 4 months. It has been shown that the nets placed on the greenhouse windows greatly limit the bug entering. Only 4 of the 9 net-equipped greenhouses have been attacked by the bug whereas 8 out of the 9 non-net-equipped greenhouses have been touched. The use of the vacuum from the very first bug observation can slow down its development until 1 month. At the variety level, Marnero variety and the vigorous plants show a better tolerance to the bug plant feeding. Marnero shows 33% less damages than the most sensitive variety identified. In general, the very vigorous plants (stem diameter > 2 cm) show 21% less damages than the weak plants (stem diameter < 1,6 cm). In case of strong colonization of the greenhouses the yellow sticky traps with dry glue are very effective to control the adult flying bugs. An example of control strategy has been developed, this aims to prevent the entering of the bug in the greenhouse and, if the bug is already inside, provides some control technics and advice. This includes the new Koppert biocontrol product Capsanem which control a mean of 62% of a larval population in 2 weeks. The results of this exploratory study can't be taken as scientific truth. All the highlighted control methods should be tested in controlled conditions.

Key words: *Nesidiocoris tenuis*, tomato, Rougeline, IPM, PACA, Capsanem