

2016-2017

Mention Biologie et Technologie du Végétal

PÉPINIÈRES ET ROSERAIES

Georges Delbard

Protection Biologique Intégrée sur Rosier en serre

Optimisation de la lutte contre le thrips (*Frankliniella occidentalis*), suivi et outils de décision

Cyril Verrier

Sous la direction de Mme
Mariannick Bouchaud

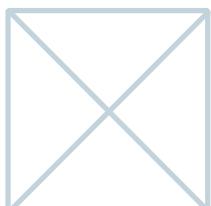
Membres du jury

Mariannick Bouchaud | Maître de stage

José Gentilhomme | Professeur tuteur et enseignant chercheur

Françoise Montrichard | Présidente du jury et enseignant chercheur

Damien Picard | Auditeur et enseignant chercheur



Soutenu publiquement le :
29 Juin 2017



L'auteur du présent document vous autorise à le partager, reproduire, distribuer et communiquer selon les conditions suivantes :



- Vous devez le citer en l'attribuant de la manière indiquée par l'auteur (mais pas d'une manière qui suggérerait qu'il approuve votre utilisation de l'œuvre).
- Vous n'avez pas le droit d'utiliser ce document à des fins commerciales.
- Vous n'avez pas le droit de le modifier, de le transformer ou de l'adapter.

Consulter la licence creative commons complète en français :
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/fr/>

Ces conditions d'utilisation (attribution, pas d'utilisation commerciale, pas de modification) sont symbolisées par les icônes positionnées en pied de page.



REMERCIEMENTS

Je remercie Madame Mariannick Bouchaud, responsable de la sélection de rosiers pour SNPRGD et mon maître de stage pour m'avoir accueilli dans son service afin de réaliser de mon stage, d'avoir tout mis en œuvre pour son bon déroulement et pour son aide dans la réalisation de ce rapport.

Je remercie également Monsieur Frédéric Lance, ingénieur horticole et technicien conseiller pour Koppert, Monsieur Maurice Sassi, Madame Mariannick Bouchaud et l'ensemble du personnel permanent et saisonnier de SNPRGD pour leur disponibilité, leur accompagnement, leur appui pour la réalisation de ce rapport et ce qu'ils m'ont appris durant ce stage.

Je remercie Madame José Gentilhomme, enseignant de l'Université d'Angers et mon tuteur de stage pour son suivi et son aide à la réalisation de ce rapport.

Je tiens à remercier les stagiaires de SNPRGD présents dans le service recherche, Camille Pagiras, Ornella Thierry et Rachel Venuat pour leur aide dans mes observations sur les rosiers durant l'expérimentation menée.

Enfin je remercie l'ensemble du personnel enseignant et administratif de l'Université d'Angers pour m'avoir permis de réaliser mon année de Master 1 dans les meilleures conditions.

ENGAGEMENT DE NON PLAGIAT

Je, soussigné(e) Cyril Verrier
déclare être pleinement conscient(e) que le plagiat de documents ou d'une
partie d'un document publiée sur toutes formes de support, y compris l'internet,
constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée.
En conséquence, je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées
pour écrire ce rapport ou mémoire.

signé par l'étudiant(e) le **31 / 05 / 2017**



**Cet engagement de non plagiat doit être signé et joint
à tous les rapports, dossiers, mémoires.**

Présidence de l'université
40 rue de rennes – BP 73532
49035 Angers cedex
Tél. 02 41 96 23 23 | Fax 02 41 96 23 00



Glossaire

Grenelle Environnement : ensemble de lois établies en 2008 en France par le ministère de l'agriculture visant à développer les énergies renouvelables et les pratiques agricoles plus respectueuses de l'environnement.

PBI : Protection Biologique Intégrée

Électro-conductivité : l'électro-conductivité de l'eau d'irrigation permet de connaître la salinité de l'eau et de mesurer l'équilibre du mélange de solution nutritive.

Vertimec® : produit insecticide à large spectre dont le principe actif est l'abamectin. Il est particulièrement毒ique et très rémanant. Il ne s'attaque pas aux œufs. Ce produit est commercialisé par Syngenta. Il est très utilisé en culture de rose contre l'acarien *Tetranychus urticae* et le thrips (toutes espèces).

Table des matières

OPTIMISATION DE LA PBI SUR ROSIER EN SERRE: AIDE A LA DETECTION DU THRIPS (FRANKLINIELLA OCCIDENTALIS) ET OUTILS DE DECISION1

1. Introduction.....	1
1.1. Présentation de l'entreprise.....	1
1.1.1. Historique	1
1.1.2. Site de Commentry (centre Yves Mazière)	1
1.1.3. La Rose Delbard	1
1.2. La Protection Biologique Intégrée (PBI)	2
1.2.1. Contexte	2
a) Généralités.....	2
b) Pourquoi ce choix pour SNPRGD ?.....	2
1.2.2. Présentation de la PBI	2
1.2.3. Lutte chimique compatible	3
1.3. La problématique du thrips	3
1.3.1. Le ravageur : thrips californien.....	3
1.3.2. Lutte biologique	4
a) <i>Macrocheles robustulus</i>	4
b) <i>Neoseiulus cucumeris</i>	4
c) <i>Amblyseius swirskii</i>	4
d) <i>Amblydromalus limonicus</i>	4
e) <i>Lecanicillium muscarium</i>	4
1.3.3. Piégeage	5
1.4. Objectifs de l'essai	5
1.4.1. Informations des années précédentes	5
1.4.2. Objet d'étude	5
2. Matériel et Méthodes	6
2.1. Serre et équipements	6
2.2. Stratégie de lutte contre le thrips	6
2.3. Essai mis en place.....	7
2.3.1. Variétés sensibles	7
2.3.2. Signalements et observations globales	7
2.3.3. Dispositif expérimental	8
2.3.4. Délai d'observation	8
2.4. Analyse des résultats	8
2.4.1. Origine de la population.....	8
2.4.2. Détermination des seuils	9
2.4.3. Représentativité des panneaux et des plantes.....	9
2.4.4. Méthode d'analyse statistique.....	9
3. Résultats.....	10
3.1. Bilan des cartes hebdomadaires et seuils.....	10
3.2. Représentativité des plantes indicatrices choisies et seuils	10
3.3. Représentativité des panneaux de comptage	12
3.4. Efficacité de la stratégie de lutte.....	12
3.4.1. Planning réel (traitements et lâchers)	12
3.4.2. Population de thrips et climat.....	12
4. Discussion.....	13
4.1. Méthode de suivi des thrips.....	13
4.2. Efficacité de la stratégie de lutte.....	15
5. Conclusions et perspectives	17
5.1. Conclusions	17
5.2. Pistes d'améliorations	18
6. Références	18
6.1. Bibliographie	18
6.2. Sitographie	20

Table des figures

Figure 1 : Organigramme 2017 Société Nouvelles Pépinières et Roseraies Georges Delbard	1
Figure 2 : Photos de symptômes d'attaques de thrips	3
Figure 3 : Cycle de développement de <i>Frankliniella occidentalis</i> à 25°C en culture de concombre.....	3
Figure 4 : Photo de <i>Macrocheles robustulus</i>	4
Figure 5 : Photo de <i>Neoseiulus cucumeris</i>	4
Figure 6 : Photo de <i>Amblyseius swirskii</i>	4
Figure 7 : Photo de <i>Amblydromalus limonicus</i>	4
Figure 8 : Photo de la serre.....	6
Figure 9 : Plan de la ½ serre contenant les plants générateurs.....	6
Figure 10 : Photo de la culture sous serre : panneaux de piégeage	8
Figure 11 : Présences à tolérance dépassée en fonction de la proportion totale de présence observée ...	10
Figure 12 : Symptômes observés sur plantes selon les présences de thrips sur plante et présences de stades juvéniles de thrips	10
Figure 13 : Présence de stades juvéniles de thrips en fonction de la présence de thrips sur plante	10
Figure 14 : Présence de thrips sur plante en fonction de l'infestation de la chapelle	11
Figure 15 : Captures de thrips en fonction de l'infestation de la chapelle (1 panneau par chapelle)	11
Figure 16 : Captures de thrips en fonction de l'infestation de la chapelle (4 panneaux par chapelle)	11
Figure 17 : Captures de thrips en fonction de l'infestation de la chapelle (8 panneaux par chapelle)	12
Figure 18 : Évolution des températures et des infestations de la serre.....	12
Figure 19 : Présence de stades juvéniles en fonction de l'infestation de thrips	12

Liste des Annexes

Annexe I : Planning de lâchers	I
Annexe II : Autres missions	II
Annexe III : Autres missions	V

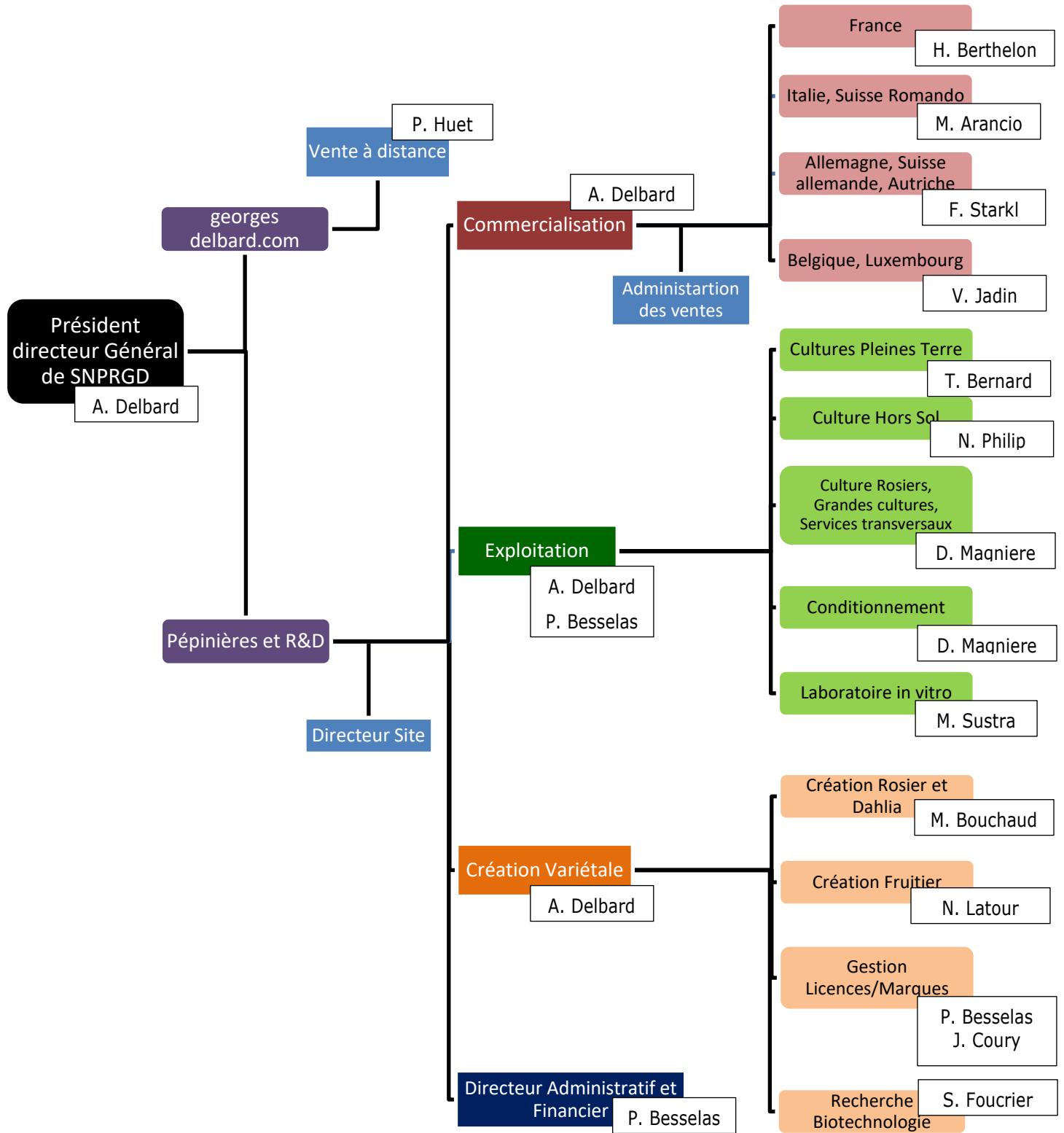


Figure 1 : Organigramme 2017 Société Nouvelles Pépinières et Roseraies Georges Delbard (Thierry, 2017)

Optimisation de la PBI sur Rosier en serre : Aide à la détection du thrips (*Frankliniella occidentalis*) et outils de décision

1. Introduction

1.1. Présentation de l'entreprise

1.1.1. Historique

L'entreprise Delbard a été créée par Georges Delbard en 1935. Elle a commencé par la vente de roses et d'arbres fruitiers à Paris avant de développer une activité de pépinière d'arbres fruitiers, cette dernière faisant sa renommée originelle, puis de rosiers dans la ferme familiale de Malicorne (Allier). La recherche a débuté en 1954 sur le site de Hyères (Var) puis à Commentry (Allier) dans les années 2000, ce qui a permis à l'entreprise de s'étendre avec de la vente, mais aussi de l'obtention variétale dans l'ensemble du secteur horticole. Delbard a été racheté en 2005 par la holding Ariane (famille Torck). Le groupe Nalod's possède depuis 2010 la marque « Delbard créateur de nature » et des jardineries (franchisées ou non). Les Pépinières et Roseraies Georges Delbard ont été rachetées en 2012 par Henri Delbard et son petit fils Arnaud Delbard, aujourd'hui Président-Directeur Général (PDG), qui ont renommé l'entreprise Société Nouvelles Pépinières et Roseraies Georges Delbard (SNPRGD). L'organigramme de cette année est visible ci-contre ([Figure 1](#)).

1.1.2. Site de Commentry (centre Yves Mazière)

Le site rassemble la R&D avec 4.000 m² de serre verre (recherche), 1.500m² de tunnels dédiées à l'acclimatation, et un laboratoire de micropagation. Ce site est le grand pôle de recherche variétale avec des programmes en rosiers, dahlias, et la production de porte-greffes et petits fruits (issus du laboratoire In Vitro). Le site se trouve au cœur d'une région dont le climat continental, propice aux activités de l'entreprise, lui a permis de développer sa renommée notamment en rose de jardin, avec des rosiers plus résistants aux stress biotiques et abiotiques.

1.1.3. La Rose Delbard

Elle occupe aujourd'hui une place prépondérante dans la société, mondialement reconnue pour ses obtentions. Ces dernières sont reconnaissables par la dénomination variétale qui commence par « Del », comme cela est employé en horticulture. Delbard possède ainsi une gamme étendue en rose de serre pour le marché de la fleur coupée avec des sites de production au Kenya, en Equateur et en Colombie où le climat y est avantageux. Une gamme de plus de 200 variétés de roses de jardin s'est aussi constituée. La création de nouvelles variétés nécessite un long travail d'hybridation, avec environ 15.000 fleurs hybrides par année, puis 5 à 7 ans pour évaluer et sélectionner une nouvelle rose afin de pouvoir la commercialiser, et répondre aux attentes du marché. Le développement de la recherche et de nouvelles variétés se fait au service de la production afin d'assurer le renouvellement de la gamme. L'innovation est aujourd'hui un élément essentiel pour la société afin d'obtenir une variété novatrice, assurer une présence constante sur le marché et maintenir sa renommée internationale. Les roses sont destinées au marché professionnel et amateur. L'entreprise se trouve ainsi en concurrence avec de grands obtenteurs tels que Meilland, De Ruiter et David Austin.

1.2. La Protection Biologique Intégrée (PBI)

1.2.1. Contexte

a) Généralités

Avec l'ère industrielle, de nouvelles technologies se sont développées. Elles ont petit à petit conquis le monde agricole en lui apportant un appui technique et technologique afin d'optimiser l'agriculture. C'est après la seconde guerre mondiale et une volonté de production intensive pour éviter les famines que l'utilisation d'intrants s'est démocratisée avec des entreprises fournissant des solutions ou des produits chimiques (insecticides, fongicides, engrais) à destination de l'agriculture. Néanmoins, l'usage répété et en forte quantité de la lutte chimique contre les insectes ravageurs des cultures est devenu une préoccupation pour la santé humaine, mais aussi pour son propre objectif. En effet, cela maintient une pression très forte sur les insectes et entraîne l'apparition de population résistantes aux différents produits utilisés qui, de ce fait, ont perdu en efficacité. Avec une volonté de réduire l'utilisation d'intrants, de nouvelles techniques de production ont vu le jour, telle que la PBI, dont l'entreprise Koppert est un pionnier depuis 1967 (Koppert, a).

Des plans de grande envergure ont aussi été mis en place, tel que le plan Ecophyto 2018, pour réduire l'utilisation des produits phytosanitaires. Ce dernier a été lancé en 2008 avec le Grenelle Environnement par le Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt. Ainsi, de nombreux acteurs sont mobilisés pour tenter d'atteindre cet objectif et se sont engagés dans ce programme (agriculteurs, techniciens de chambres d'agriculture, chercheurs...). Plusieurs outils ont été mis à leur disposition en appui à ce vaste projet, tels que la formation au certificat individuel produits phytopharmaceutiques (certiphyto), des fermes pilotes, un contrôle de toutes les pulvérisations et des bulletins de santé du végétal régionalisés pour la prévention de l'arrivée des ravageurs. Le projet est piloté par l'État qui est accompagné de 300 agents chargés de contrôler l'utilisation de ces produits sur le territoire pour la santé des consommateurs (Ministère de l'Agriculture, 2015).

b) Pourquoi ce choix pour SNPRGD ?

Depuis sa reprise, la société doit répondre à des impératifs environnementaux, techniques et commerciaux. Le but est ainsi d'améliorer la notoriété de la société, détourner la résistance des ravageurs aux produits phytosanitaires et de garantir de meilleures conditions de travail pour les employés. SNPRGD s'intègre aussi au plan Ecophyto par la recherche et l'obtention de variétés résistantes aux maladies et la minimisation de l'usage des intrants. La PBI s'affiche donc naturellement pour conforter une image de qualité, d'innovation et de respect de l'environnement par la société. C'est dans ce but que l'entreprise a commencé à développer un programme de lutte biologique contre les ravageurs avec deux partenaires : Biobest puis Koppert. En effet, Delbard cherche chaque année de nouvelles possibilités pour optimiser cette méthode de lutte, dans le respect des objectifs précédents mais sans perdre de vue la viabilité économique de la technique, la PBI étant un programme d'action coûteux.

1.2.2. Présentation de la PBI

La PBI a commencé à se développer à la fin du XXe siècle en maraîchage avec Koppert, pionnier de la lutte biologique (Koppert, 2017), et est arrivée plus tardivement en horticulture. Cette alternative a été mise en avant dans le cadre de la réduction de l'usage de pesticides et consiste en l'utilisation d'insectes prédateurs (dis auxiliaires des cultures) contre les insectes phytophages (ravageurs) pour maintenir la population à



Figure 2 : Photos de symptômes d'attaques de thrips.

Photos personnelles

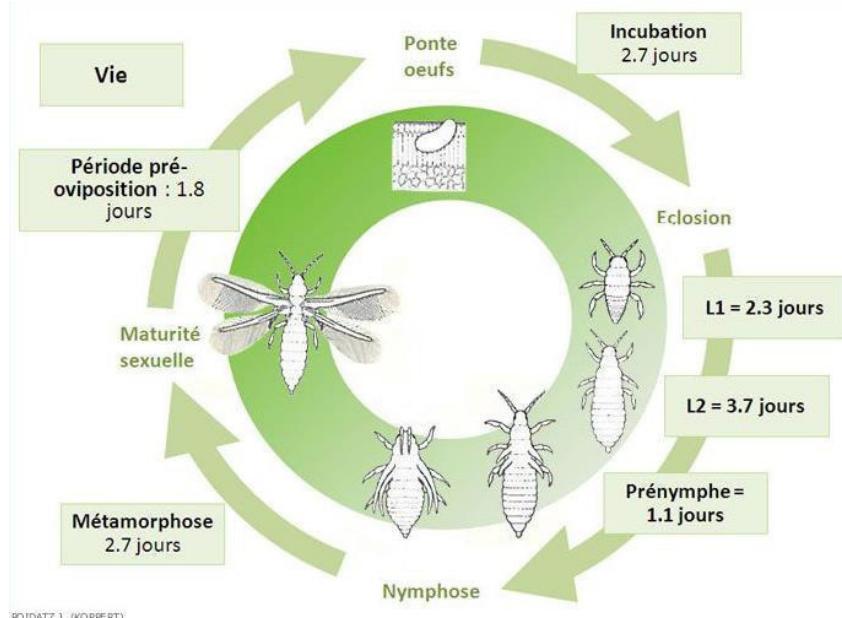


Figure 3 : Cycle de développement de *Frankliniella occidentalis* à 25°C en culture de concombre.

Image de J.Poidatz (Koppert) et consultée le 23/05/2017 sur Ephytia à l'adresse :

<http://ephytia.inra.fr/fr/C/19739/Biocontrol-Biologie>.

un seuil tolérable et ainsi limiter la nuisibilité pour la culture. Les principaux fournisseurs d'auxiliaires, tels que Biobest et Koppert, procurent un appui technique à leurs clients grâce à un suivi régulier par un technicien chargé de les aider pour la planification de leur lutte biologique.

La PBI n'est pas capable d'agir comme outil curatif et s'intègre plutôt dans une démarche de la lutte raisonnée. En effet, un nombre trop important de ravageurs rend le contrôle inefficace dans la mesure où l'auxiliaire se retrouve rapidement débordé par la surpopulation du phytopophage. De plus, l'auxiliaire a besoin que le ravageur reste présent sur la culture pour sa propre survie, puisque ce dernier constitue son principal régime alimentaire. L'utilisation de la PBI nécessite donc d'accepter la présence du ravageur. L'auxiliaire est lâché en condition favorable c'est-à-dire lorsque le ravageur est en faible nombre, ou absent si l'auxiliaire possède un régime secondaire disponible tel que le pollen, pour qu'il puisse s'installer sur la culture rapidement sans être freiné. La PBI permet, dans le cadre de mise en place d'un itinéraire technique adapté, avec une planification de lâchers d'auxiliaires, de limiter l'usage de pesticides. Il est important que l'utilisateur définisse un seuil de nuisibilité à partir duquel la présence du ravageur n'est pas tolérable sur la culture et occasionne de trop forts dégâts. Ce seuil dépend des besoins culturaux définis par la plante et l'itinéraire en place, des attentes de l'utilisateur et du climat. Une planification de lâchers doit ainsi être adaptée selon ces éléments.

1.2.3. Lutte chimique compatible

Bien qu'en lutte biologique il soit nécessaire d'accepter la présence du ravageur sur la culture afin de maintenir la population d'auxiliaires et son efficacité, une infestation forte et non contrôlée imposerait des dommages trop importants. En conséquence, il peut être nécessaire de faire appel à la lutte chimique contre les ravageurs. Il existe pour cela des produits reconnus comme compatibles avec les auxiliaires. La compatibilité se vérifie en ligne (Biobest, a; Koppert, b). L'usage de cette lutte s'emploie de manière raisonnée lorsque la tolérance est dépassée. Il est possible d'utiliser des composants sucrés améliorant l'efficacité des produits (Koppert, c).

1.3. La problématique du thrips

1.3.1. Le ravageur : thrips californien

Ce ravageur, *Frankliniella occidentalis*, est très répandu en horticulture. Il peut occasionner des dommages multiples liés à des piqûres sur la plante. On peut ainsi suivre sa présence à partir des symptômes qu'il provoque, notamment des nécroses sur feuille, fleur et l'avortement de boutons floraux. De ce fait, il fait l'objet de recherches multiples en lutte biologique (Facun Sarmiento, 2014; AREXHOR, 2011; Rahman *et al.*, 2011; Rodriguez-Saona *et al.*, 2010; AREXHOR, 2010; Malais et Ravensberg, 2008; Ananthakrishnan, 1993; ASTREDHOR, 2013). Ses dégâts (Figure 2) occasionnent des pertes de surface foliaire et de fleurs par la mort des tissus. Ils peuvent aussi être vecteurs de maladies (INRA; Ananthakrishnan, 1993). Son cycle est présenté par la Figure 3 ci-contre (Ephytia). Les fleurs peuvent constituer une véritable pouponnière, notamment lorsqu'elles sont épanouies, car elles constituent une ressource alimentaire forte et accessible (nectar et pollen), on y retrouve généralement de nombreux thrips à tout stade. En cas d'attaque, il est conseillé d'éliminer les fleurs épanouies, mais cela n'est pas possible dans notre cas car ces fleurs sont nécessaires à l'appréciation visuelle et à l'évaluation variétale en serres étude et vitrine, et à l'hybridation en serre génératrices. Pour la société Delbard, le seuil de tolérance est ainsi très faible, la présence de symptômes d'attaques est le signe de dépassement de ce seuil, il ne faut pas que les fleurs ou le pollen soient détériorés.



Figure 4 : Photo de *Macrocheles robustulus*.

Photo Koppert, consultée le 15/05/2017 à l'adresse <https://www.koppert.fr/ravageurs/thrips/produits-contre-les/macro-mite/>



Figure 5 : Photo de *Neoseiulus cucumeris*.

Photo Koppert, consultée le 15/05/2017 à l'adresse <https://www.koppert.fr/ravageurs/thrips/produits-contre-les/thripex/>



Figure 6 : Photo de *Amblyseius swirskii*.

Photo Koppert, consultée le 18/05/2017 à l'adresse <https://www.koppert.fr/ravageurs/thrips/produits-contre-les/swirski-mite/>



Figure 7 : Photo de *Amblydromalus limonicus*.

Photo Koppert, consultée le 18/05/2017 à l'adresse <https://www.koppert.com/pests/thrips/product-against/limonica/>

1.3.2. Lutte biologique

Pour la lutte biologique, nous avons fait appel à différents acariens prédateurs. Chacun possède un mode d'action spécifique, mais ils ont tous en commun le fait de ne pas s'attaquer à l'adulte. Un champignon, *Lecanicillium muscarium* peut cependant être utilisé contre celui-ci. Chacun des auxiliaires utilisé est fourni par la société KOPPERT Biological Systems (Koppert, a). En cas d'absence de ravageur, ceux-ci sont capable de se nourrir de pollen, ce qui permet leur installation avant l'arrivée des thrips pour un contrôle plus efficace.

a) *Macrocheles robustulus*

Cet auxiliaire (Figure 4) suggéré par la société Koppert est connu pour son efficacité contre de multiples insectes présents dans le sol (Koppert, d). Il s'installe à proximité de la surface et préfère des conditions humides. Il s'agit d'un acarien prédateur présent dans le sol (Costa, 1966) possédant une efficacité contre les pupes de thrips (Messelink et Van Holstein-Saj, 2008). L'objectif de cet auxiliaire est d'éliminer la population de thrips pouvant s'installer dans le terreau et ainsi d'éviter la constitution d'un réservoir de ravageur interne susceptible d'émerger l'année suivante.

b) *Neoseiulus cucumeris*

Anciennement appelé *Amblyseius cucumeris* (Figure 5), il est utilisé dans les premiers lâchers. Cet auxiliaire vient en appui pour contrôler le développement du ravageur au printemps. Il se nourrit des œufs et des larves de thrips et est connu pour ses capacités à contrôler le ravageur (Rahman et al., 2011) et nécessite une humidité supérieure à 75% (Koppert, e) et une température inférieures à 25°C de préférence pour un meilleur maintien de sa population et une efficacité optimale (Shipp et Van Houten, 1997). Son installation reste compliquée et il nécessite plusieurs lâchers pour rester efficace.

c) *Amblyseius swirskii*

Son régime alimentaire est identique à celui de *N.cucumeris* mais il est plus reconnu et plus efficace. Il s'adapte plus facilement aux températures élevées. Cet auxiliaire (Figure 6) est aujourd'hui le plus utilisé contre le thrips (Koppert Biological Systems, 2017c; Hoogerbrugge et al, 2011; Pijnakker et Ramakers, 2008; Messelink et al, 2006). Il est utilisé à l'arrivée des fortes chaleurs et se déplace rapidement.

d) *Amblydromalus limonicus*

Cet auxiliaire n'a été commercialisé par Koppert (Figure 7) que très récemment pour la lutte contre le thrips. S'il a été décrit il y a de nombreuses années (Garman et McGregor, 1956), sa domestication en vue d'une production à grande échelle est très compliquée, donc coûteuse. Il semble être un auxiliaire très prometteur contre le thrips, seul ou en appui à *A.swirskii* selon des indications spécifiques afin d'éviter du cannibalisme entre les deux auxiliaires, ce qui freinerait leur installation et réduirait leur efficacité (Koppert, g; Knapp et al., 2013; Skytte af Sätra, 2013; Hoogerbrugge et al., 2011; Messelink et al., 2006). Cet acarien se nourrit des mêmes stades que *A.swirskii* et *N.cucumeris* et est aussi efficace contre l'aleurode et l'acarien tétranyque.

e) *Lecanicillium muscarium*

Produit sous le nom de Mycotal par Koppert, il s'agit d'un champignon entomopathogène contre l'aleurode (mouche blanche) et qui possède aussi une action contre le thrips adulte, seul stade qui n'est pas affecté par les autres auxiliaires (Koppert, h; North et al., 2006). Il intervient en complément des auxiliaires.

1.3.3. Piégeage

L'utilisation de pièges se combine à l'utilisation d'auxiliaires. Cela constitue aussi l'élément de lutte principale contre l'adulte, si le dispositif contient un grand nombre de panneaux, et un outil de détection de présence utilisé pour évaluer la population de thrips présente dans la serre. Le piégeage se fait à l'aide de panneaux gluants colorés jaunes et bleus. Ces couleurs sont connues pour attirer le thrips (mais aussi d'autres insectes) notamment le stade adulte, capable de voler, qui vient s'y poser et se retrouve collé (Auguey, 2016; ASTREDHOR, 2013; Rodriguez-Saona *et al.*, 2010; Flament, 2004).

1.4. Objectifs de l'essai

1.4.1. Informations des années précédentes

Les années précédentes ont permis de développer la stratégie de lutte en place sur le site. Ainsi *Eusieus gallicus* (Biobest, b) testé en 2015 (Spiral, 2015) s'est bien installé mais n'a pas eu d'action contre le thrips, notamment lorsque du pollen lui était apporté. La lutte s'est alors concentrée sur l'utilisation de *Neoeiulus cucumeris* et *Amblyseius swirskii* contre les stades juvéniles du thrips (Koppert, e, f) puis de *Macrocheles robustulus* (Koppert, d) pour lutter contre les pupes et stades juvéniles pouvant s'installer dans le sol. La stratégie avait alors été définie par le technicien de Koppert présent pour le suivi et l'appui technique. L'observation des auxiliaires s'est révélée compliquée en dehors des périodes de lâcher (Chabannes, 2013) et les panneaux ont constitués l'outil d'évaluation de la population de thrips le plus rapide et le plus représentatif (Chabannes, 2013; Auguey, 2016). Cependant, le nombre de panneaux de piégeages a été augmenté depuis 2013 et leur aspect gluant s'est révélé contraignant pour l'identification des thrips piégés au milieu de débris végétaux, d'insectes multiples ou encore des plantes qui peuvent s'y coller (Auguey, 2016). Le parfum semble peu déterminant dans l'attractivité des fleurs pour le thrips, cependant les fleurs jaunes et rouges paraissent être préférées du ravageur (observations personnelles).

1.4.2. Objet d'étude

La PBI a pour objectif de diminuer l'utilisation de traitements chimiques contre les ravageurs, même si ceux-ci restent nécessaires en cas de forte infestation. Il s'agit d'éviter l'immobilisation de la serre suite aux délais de retour liés aux traitements, le stress des pulvérisations chimiques sur la plante et de limiter l'impact sur le pollen (Thierry, 2017; Neveu, 2016). Cette méthode de lutte répond à une attente environnementale mais doit aussi correspondre aux besoins de l'entreprise en ce qui concerne l'état sanitaire de la serre et les coûts. Il s'agit aussi d'améliorer les conditions de travail pour les employés.

Le thrips, *Frankliniella occidentalis*, est l'un des ravageurs principaux de la serre. Son suivi se montre essentiel et reste encore à améliorer. En effet, l'évaluation de l'état sanitaire de la serre est nécessaire pour la prise de décision en ce qui concerne les lâchers d'auxiliaires ou les traitements selon l'infestation. Les méthodes de suivi mises au point ont évolué avec l'augmentation du nombre de panneaux de piégeage et les résultats des différents stades. Le comptage sur panneaux piège est la stratégie utilisée actuellement (Chabannes, 2013; Auguey, 2016).

Suite au besoin d'établir une évaluation fiable de l'infestation de la serre par le thrips et de définir des seuils d'intervention, le choix a été fait de mener cette étude sur l'évaluation et l'optimisation de la méthode en place (comptage sur panneaux) pour tenter de définir une stratégie plus efficace. L'objectif est donc de



Figure 8 : Photo de la serre (vue extérieure).

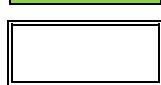
Photo personnelle



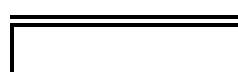
Figure 9 : Plan de la 1/2 serre contenant les plants générateurs.



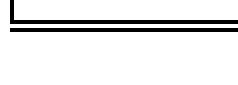
Section de rang cultivé



Délimitation des chapelles observées



Rangées de poteaux



portants la structure

déterminer la méthode de suivi la plus représentative et nécessitant un minimum de temps, tout en cherchant à définir des seuils d'intervention en fonction des informations obtenues par les observations dans la serre. Il est important que l'information obtenue soit représentative de la serre au niveau local. Cela permettra aussi d'être en mesure d'évaluer l'efficacité de la stratégie de lutte utilisée et de rechercher des pistes d'optimisation de celle-ci.

2. Matériel et Méthodes

2.1. Serre et équipements

La serre expérimentale est une multichapelle en verre (favorise la lumière solaire) construite en 2001 et faisant 4000m² (Figure 8) répartis en deux espaces de 2000m². Le premier espace héberge des variétés de roses de serre commercialisée ou en cours d'évaluation. Le second espace est constitué de l'ensemble des rosiers dits géniteurs, utilisés comme parents pour l'hybridation. La serre comporte un ensemble de 8 chapelles, 4 par espaces dédiés. Dans cette expérimentation et afin d'avoir une information plus localisée, chaque chapelle est divisée en deux espaces égaux, la démarcation correspondant au couloir central de la serre (plan en Figure 9). Chaque rang est divisé en sections de tailles égales (espace entre deux panneaux de piégeage). Chaque chapelle contient un ensemble de 4 rangs de plantes lorsqu'elle est complète, qui peuvent être simple rang ou double-rang selon les besoins de l'entreprise.

La gestion et la maîtrise du climat se font grâce à un ordinateur contrôlant l'ouverture et la fermeture des ouvrants d'aération et le déploiement ou non de l'écran d'ombrage selon la température mesurée et l'hygrométrie. Un système de chauffage est installé à partir de deux chaudières à gaz via un circuit de tuyaux aériens. La gestion des eaux et des nutriments est assurée par un ordinateur de fertilisation HORTIMAX contrôlant l'équilibre de la solution nutritive. Pour cela, deux sondes mesurent l'électro-conductivité et le pH pour déterminer les besoins d'activation de pompes doseuses, auxquelles sont reliés des bacs de solutions utilisés pour le mélange.

Les plantes correspondent à une diversité de multiples obtentions hybrides de *Rosa hybrida* très importante à prendre en considération. En effet, l'effet d'hétérosis est prononcé chez le rosier et engendre une variabilité génétique importante. Celle-ci implique une diversité de réponses face aux attaques de thrips (symptômes, tolérance, attractivité)

2.2. Stratégie de lutte contre le thrips

L'efficacité de la stratégie sera évaluée en comparant chaque semaine la population de Thrips capturée sur les panneaux comptés et les dégâts dans la serre. Cette information peut servir à évaluer les seuils d'intervention. Les lâchers d'auxiliaires et les traitements seront indiqués. Un planning prévisionnel a été défini (Annexe I) à l'aide des informations des années précédentes. Les auxiliaires utilisés sont *M.robustulus* (lâché dans les pots), *N.cucumeris* (périodes hivernales), *A.swirskii* (printemps et été) et *A.limonicus* (nouvel essai comparé à *A.swirskii*, disposition séparée). Si la présence du ravageur est trop forte, la lutte chimique raisonnée est alors employée en fonction des compatibilités avec les auxiliaires utilisés (Biobest, a; Koppert, b). Pour le piégeage, un turn-over est réalisé avec les panneaux, ainsi les panneaux incapables de piéger (non collants) sont retirés. De même, le Lurem est changé tous les mois, s'il n'y a pas de fleurs sur la culture.

2.3. Essai mis en place

2.3.1. Variétés sensibles

A partir de l'état des cultures et des données des années précédentes, les plantes préférentiellement attaquées sont listées : elles sont dites sensibles au thrips et désignées comme indicateur du fait de leur attractivité pour le ravageur. Une présence élevée du ravageur sur ces plantes peut représenter l'imminence d'une attaque plus généralisée sur la culture et constitue un danger. Le seuil de tolérance est très bas pour cette culture, il convient donc que ces plantes présentent une infestation minimisée. Ces dernières font parties du programme d'hybridation où les thrips représentent une menace pour l'hybridation suite aux dégâts sur les fleurs. Cela rend aussi difficile la présentation de la culture à des visiteurs extérieurs. Les observations passées sur la culture, la connaissance des variétés et les observations réalisées en début d'essai permettront de sélectionner les meilleures plantes indicatrices.

Deux plantes sensibles sont choisies dans chaque rang et marquées d'un pic blanc pour réaliser leur suivi de manière précise. On en obtient ainsi 8 par chapelle. Une observation est réalisée sur les fleurs de ces plantes afin de détecter la présence de symptômes liés à une attaque de thrips. En écartant les pétales ou par battage (taper la fleur sans abîmer la tige contre la main ou une surface solide), il est possible de vérifier la présence de thrips visuellement. Pour chaque plante, on note si la présence de stades juvéniles a été remarquée par un « oui ». Chaque fleur est analysée une à une à partir du stade « coloration des pétales » jusqu'au stade « dépérissement des stigmates ». Il est important de noter qu'une absence de pétales ne signifie pas que le ravageur est absent, en conséquence une fleur sans pétales peut être intégrée à l'observation tant qu'elle est en mesure d'attirer le thrips. Cela permet de déterminer pour chaque plante le pourcentage de fleurs présentant des symptômes et le pourcentage de fleurs où des thrips ont été vus. L'observation du stade est un élément indicatif nécessaire au suivi pour déterminer les interventions à réaliser (selon la stratégie de lutte décrite) en connaissant mieux la population présente et pour évaluer l'impact des auxiliaires. S'il n'y a pas de fleurs, les observations portent sur les bourgeons de la plante. Une moyenne est réalisée sur les 8 plantes analysées de chaque chapelle et sur les deux plantes les plus sensibles observées.

2.3.2. Signalements et observations globales

Pour permettre un suivi plus global d'observations générales sont faites dans la serre. Lors des travaux sur la culture, les employés peuvent signaler la présence de thrips sur une plante avec un piquet bleu, ceci étant un appui complémentaire au suivi hebdomadaire général qui s'effectue selon le même procédé de signalement.

L'évaluation de l'attaque se fait par cartographie de la serre selon les sections définies précédemment. Une observation de thrips pour au moins un pot est annotée en vert foncé, une attaque avec présence sur 30% des pots est notée en orange et une attaque avec présence sur 50% des pots en rouge. Cette observation est répétée sur chaque section afin d'évaluer la répartition de l'attaque dans la serre. A partir de ces observations, un pourcentage de sections affectées par la présence de thrips sera établi. Chaque niveau est distingué séparément afin d'établir un bilan sanitaire et de se faire une idée de la présence du ravageur. Il est possible aussi de les considérer ensemble selon les besoins. Cela permettra de déterminer s'il est nécessaire de mener une intervention curative ou un lâcher.



Figure 10 : Photo de la culture sous serre : panneaux de piégeage.

Photo personnelle

Cet outil complémentaire permettra d'évaluer la représentativité des plantes indicatrices sélectionnées par rapport aux attaques sur la chapelle et l'intérêt de les utiliser pour prévenir une attaque. Ces données permettront d'établir un seuil à partir duquel l'attaque devient un réel danger pour la serre et donc un seuil d'intervention.

2.3.3. Dispositif expérimental

La stratégie de piégeage a été définie avec Koppert pour utiliser ces différents panneaux. 6 petits panneaux par rang sont disposés et installés sur 3 étages, le plus haut étant à hauteur de fleur. Deux grands panneaux sont également positionnés au début et à la fin de chaque rang. Afin d'optimiser le piégeage, du Lurem, diffuseur contenant de la kairomone attractive pour le thrips (Koppert, i), est installé selon les préconisations d'emploi. Ce produit stimule le vol du thrips et augmente son piégeage. Une illustration est en [Figure 10](#). Pour chaque rang, 2 panneaux sont sélectionnés aléatoirement pour les comptages, soit 8 panneaux par chapelle. Chaque panneau est numéroté de 1 à 56. Parmi les panneaux sélectionnés, 1 panneau par chapelle est choisi aléatoirement, ce qui constitue la modalité « 1 panneau par chapelle ». Ensuite, dans la sélection initiale, 1 panneau par rang est choisi aléatoirement, ce qui constitue la modalité « 4 panneaux par chapelle ». Enfin la sélection totale représente la modalité « 8 panneaux par chapelle ». La couleur des panneaux est ignorée pour cette expérimentation, l'utilisation des panneaux étant définie dans la stratégie proposée par Koppert.

Le comptage du nombre de thrips total piégés se fait sur les deux faces de chaque panneau à hauteur de fleur. La différence entre deux comptages successifs est établie chaque semaine pour connaître le nombre de thrips capturés durant la semaine. Afin de suivre la croissance des plantes ou après la taille, le panneau est rehaussé ou abaissé si cela est nécessaire. Si la lecture du panneau devient compliquée (grand nombre de capture ou débris végétaux) ou qu'il ne peut plus piéger (surface non collante), il est remplacé.

L'analyse porte uniquement sur les chapelles complètes (4 rangs). Cependant, les autres chapelles sont aussi suivies pour établir les interventions nécessaires.

2.3.4. Délai d'observation

Le suivi global de la culture est réalisé de manière hebdomadaire en reprenant les indications d'observations de thrips durant la semaine. Cela permet de dresser la carte de la serre, de recenser les zones où des observations de thrips et de symptômes sont faites et de déterminer l'intensité de l'infestation.

Le suivi des plantes marquées par un piquet blanc et le comptage sur panneaux se fait de manière hebdomadaire, tous les jeudis. Le bilan est ainsi dressé pour la semaine pour les panneaux, les plantes marquées et la cartographie de la serre. Les informations feront l'objet d'analyses statistiques et seront exploitées pour déterminer, avec le technicien de Koppert, les interventions à réaliser sur la culture (traitement chimique ou lâchers). Elles permettront aussi de définir les auxiliaires à commander pour la semaine suivante.

2.4. Analyse des résultats

2.4.1. Origine de la population

L'observation des panneaux de piégeage à l'extérieur de la serre à au niveau des ouvrants permettra de déterminer si les thrips présents sur la culture proviennent d'un réservoir interne à la serre ou d'entrées extérieures.

2.4.2. Détermination des seuils

La présence de thrips ne doit pas occasionner une gêne pour l'hybridation (serre géniteurs) ou l'appréciation visuelle des plantes (serre étude-vitrine). Il est donc nécessaire que la population soit minimisée, que cela soit sur bouton ou fleur épanouie. Une présence de thrips n'est pas forcément liée à l'apparition de symptômes dans l'immédiat, cette dernière étant liée à une forte installation dans la fleur. Le seuil de nuisibilité est déterminé par observation et considéré dépassé lorsque des symptômes sont visibles. L'attaque des boutons floraux colorés constitue la nuisibilité la plus élevée. A partir de ces informations, ce seuil sera déterminé en fonction de la proportion des sections affectées.

2.4.3. Représentativité des panneaux et des plantes

Les différentes modalités de panneaux sont analysées séparément selon le dispositif en place. On comparera les captures aux observations de la semaine en cours puis aux observations de la semaine suivante. Cette dernière permettra de déterminer si une anticipation peut se faire en observant les captures.

Pour les plantes, une moyenne sera réalisée par chapelle pour les plantes sensibles afin de déterminer les deux plantes les plus attaquées dans chaque chapelle, cela constituera la modalité d'observation sur 2 plantes indicatrices.

Pour évaluer la représentativité des différents indicateurs, que sont les panneaux et les plantes, selon les différentes modalités, une régression linéaire sera analysée statistiquement afin de déterminer sa représentativité.

2.4.4. Méthode d'analyse statistique

Pour cela, le logiciel utilisé est R, avec son interface RStudio. Le risque d'erreur choisi est de 5%, ce qui établit un seuil de p-value à 0,05 pour interpréter les tests. Si cela est préférable, une marge d'erreur à 1% est choisie, ce qui permet d'utiliser un seuil de p-value à 0,01 pour l'interprétation (utilisé uniquement si le test peut être validé avec ce seuil). Les tests utilisés sont :

- Création d'un modèle linéaire pour vérifier les conditions d'application et application des tests associés (nécessitant pour chacun une p-value > 0,05 pour valider la condition testée). Le modèle sera établi en comparant le bilan global des présences dans la serre en fonction des données observées :
 - o Obtenir le coefficient R² (valeur obtenue et valeur ajustée) et la p-value du test de Fischer pour évaluer sa représentativité (p-value recherchée < 0,05)
 - o Test d'autocorrélation Durbin-Watson (DW) pour vérifier l'indépendance des données
 - o Test d'hétérosécédasticité Breusch-Pagan (BP) pour vérifier l'égalité des variances
 - o Test de normalité Shapiro pour vérifier la normalité des résidus du modèle
- Test de corrélation de Pearson sur le tableau de données, on recherche une p-value < 0,05 pour valider l'existence d'un lien entre les données et un coefficient de corrélation élevé.

Les résultats (moyennes par chapelle) seront reportés graphiquement.

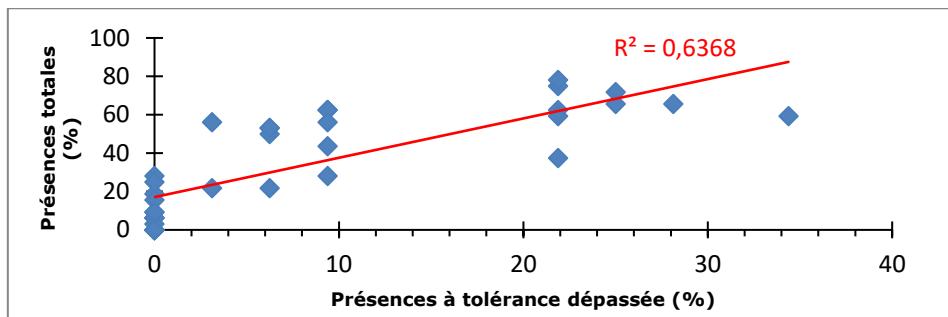


Figure 11 : Présences à tolérance dépassée (30% de pots sur une section) en fonction de la proportion totale de présence observée

- Pour 1% de présence non tolérée il y a 19,1% de présence totale (intervalle de confiance à 95% : [12,15 ; 26,10])
- Pour 3% (soit une section avec forte présence de thrips) de présence non tolérable il y a 23,23% d'attaque totale (intervalle de confiance à 95% : [16,84 ; 29,61])

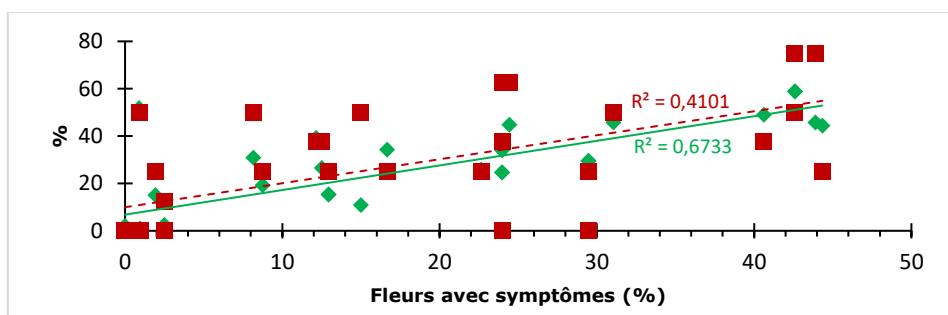


Figure 12 : Symptômes observés sur plantes selon les présences de thrips sur plante (◆) et présences de stades juvéniles de thrips (■)

- Pour 7,86% de présence de thrips (intervalle de confiance 95% [2,56 ; 13,16]), 1% de fleurs avec symptômes sont observées
- Pour 10,97% de fleurs avec présence de stades juvéniles (intervalle de confiance 95% [2,07 ; 19,86]), 1% de fleurs avec symptômes sont observées

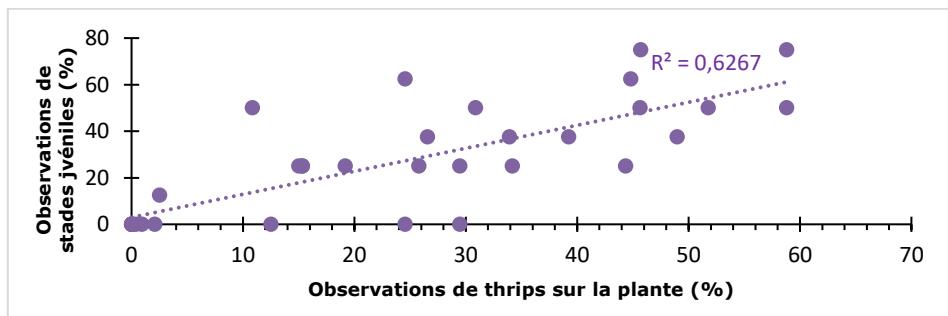


Figure 13 : Présence de stades juvéniles de thrips en fonction de la présence de thrips sur plante

- Pour 7,18% de la plante attaquée (intervalle de confiance 95% [1,28 ; 13,08]), l'observation stades juvéniles débute

3. Résultats

Les données analysées portent sur 5 semaines d'observations (du 17 Avril au 19 Mai 2017). Les analyses sont reportées dans l'[Annexe II](#).

3.1. Bilan des cartes hebdomadaires et seuils

Suite à l'appréciation visuelle des plantes, il a été remarqué que pour une présence faible (0 à 30% des pots d'une section) l'apparition de symptômes n'était pas systématique. Ce cas rare ne concerne que des plantes particulièrement attractives. Au-delà de ce seuil, des symptômes sont généralement observés avec des débuts d'attaques sur les bourgeons floraux, ce qui correspond à une nuisibilité dépassée car la population est alors trop importante pour se contenter des fleurs ouvertes. Lorsque plus de 50% des pots sont attaqués, la présence de thrips dans les bourgeons floraux est généralisée sur les plantes affectées. Les sections avec plus de 30% de présence sur les pots sont donc considérées comme des zones où le seuil de nuisibilité est dépassé.

Afin de déterminer le seuil de nuisibilité à partir de ces observations, un modèle linéaire a été établi pour déterminer le pourcentage de sections attaquées lorsque des notations avec tolérance dépassée apparaissent (30% d'infestation sur la section observée), et une analyse de corrélation de ce modèle est menée. Le bilan graphique avec la droite de régression linéaire est visible sur la [Figure 11](#). Les analyses statistiques démontrent que pour la corrélation, les conditions d'application du test sont réunies pour un seuil de 5%. Le test de corrélation peut donc être effectué et le modèle évalué. Les résultats indiquent une bonne corrélation (coefficient de corrélation = 0,79) et une bonne représentativité du modèle (R^2 en [Figure 11](#)). Ce dernier met en évidence que lorsque environ 20% d'une chapelle est infestée (ordonnée à l'origine de la droite de régression), des zones avec une forte présence de thrips commencent à apparaître.

3.2. Représentativité des plantes indicatrices choisies et seuils

Sur 8 plantes indicatrices, une analyse a été menée sur les symptômes, la population globale de thrips et la présence de stades juvéniles. En considérant en premier lieu la présence de thrips sur les plantes sensibles par rapport à l'observation des symptômes, on cherche à déterminer à partir de quel seuil d'infestation les symptômes apparaissent, ce qui correspond au début de la nuisibilité. Les conditions d'application de l'analyse de corrélation sont validées à un seuil de 5% et permettent de considérer le coefficient de corrélation (0,82). Le modèle linéaire obtenu pour cette analyse est assez robuste (R^2 en [Figure 12](#)) et permet de distinguer que pour environ 8% d'infestation, les symptômes apparaissent ([Figure 12](#)), ce qui correspond au début de la nuisibilité et donc au seuil de tolérance recherché. Pour déterminer si la présence de stades juvéniles de thrips est liée à l'apparition des symptômes, la même analyse est menée. Le test d'indépendance des données (DW) n'est pas admis pour le test de corrélation, les informations obtenues par le modèle linéaire sont donc peu fiables et ne peuvent être exploitées convenablement ([Figure 12](#)). Cependant, pour la même analyse en observant la présence de stades juvéniles en fonction de la présence de thrips sur plante, les conditions d'application sont validées pour un seuil de 1%. Le coefficient de corrélation obtenu (0,79) est donc exploitable et bon, de même que la robustesse du modèle (R^2 [Figure 13](#)). Ce dernier met en évidence que environ 7 à 8% d'infestation par les thrips correspond à l'apparition de stades juvéniles. Ce pourcentage est proche du résultat obtenu pour l'apparition des symptômes (seuil de tolérance établi). Ainsi, pour environ 8%

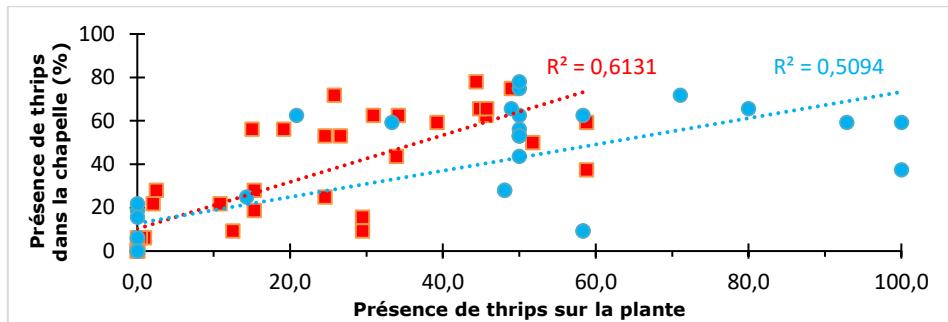


Figure 14 : Présence de thrips sur plante (2● ou 8■ par chapelle) en fonction de l'infestation de la chapelle

- Pour 20% de présence dans la chapelle il y a 23,3% de présence sur plante (intervalle de confiance 95% [14,4 ; 32,2]) (●)
- Pour 18,87% de présence dans la chapelle (intervalle de confiance 95% [11,59 ; 26,17]), il y a 8% présence sur plante (■)

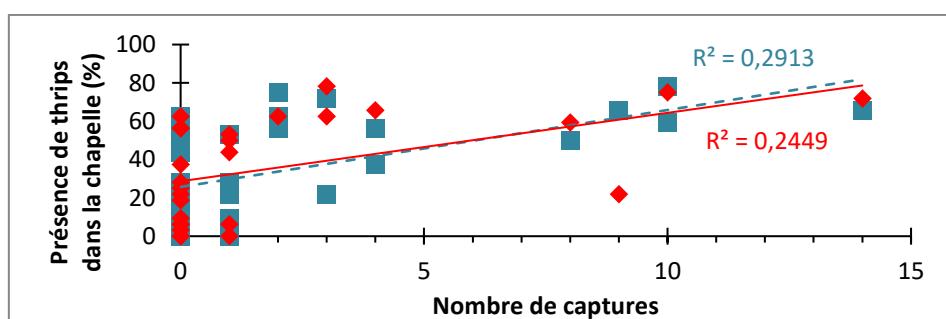


Figure 15 : Captures de thrips en fonction de l'infestation de la chapelle (comptage de la semaine ■ ou de la semaine passée ♦), modalité 1 panneau par chapelle

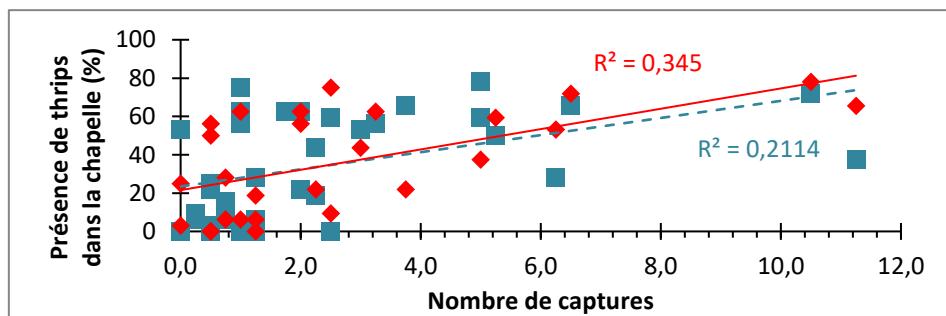


Figure 16 : Captures de thrips en fonction de l'infestation de la chapelle (comptage de la semaine ■ ou de la semaine passée ♦), modalité 4 panneaux par chapelle

- Pour 20% de présence dans la chapelle la semaine suivante, il y a 1 capture (intervalle de confiance 95% [0 ; 2,45])

d'infestation sur 8 plantes indicatrices, les stades juvéniles apparaissent (seuil à partir duquel les auxiliaires peuvent intervenir) et la tolérance est dépassée sur ces plantes.

Après analyse des moyennes par plantes, les deux plantes les plus sensibles par chapelle sont regroupées pour établir un modèle linéaire et analyser leur représentativité par rapport à l'infestation observée. Pour cela, un test de corrélation est réalisé, dont les conditions d'application sont admises pour un seuil de 1%, et met en évidence une bonne corrélation (coefficient de 0,71). Le modèle obtenu a cependant une représentativité faible (R^2 en [Figure 14](#)) et est donc à considérer avec précaution. Il permet cependant de constater que pour environ 10% d'infestation dans la chapelle, une infestation sur les plantes indicatrices apparaît. Pour environ 23% de présence sur ces plantes, le seuil de 20% d'infestation dans la chapelle est franchi (tolérance dépassée). Il y a donc une différence entre le seuil de non tolérance établi sur plantes indicatrices (8%) et celui établi pour la chapelle (20%), probablement expliquée par la sensibilité des plantes pour cette étude.

Pour la même analyse en considérant 8 plantes indicatrices, le même seuil (1%) est nécessaire afin de valider les conditions d'application du test de corrélation. Le coefficient obtenu (0,78) est bon ainsi que la fiabilité du modèle linéaire (R^2 en [Figure 14](#)). Celui-ci donne la même estimation que précédemment pour l'apparition d'infestation sur les plantes (10% d'infestation dans la chapelle pour un début d'infestation sur plante), mais pour atteindre environ 20% d'infestation de la chapelle, il faut 8% d'infestation sur ces plantes, ce qui correspond à l'apparition des symptômes sur celles-ci. Le seuil de nuisibilité établi sur la carte est donc lié à l'infestation, le seuil de tolérance sur ces 8 plantes et l'observation de stades juvéniles pour cet essai.

3.3. Représentativité des panneaux de comptage

Pour déterminer si l'observation de panneaux est représentative, un modèle linéaire est conçu ainsi qu'une analyse de corrélation pour savoir si les panneaux sont représentatifs de l'information observée sur la culture.

En utilisant l'observation d'un panneau par chapelle, les conditions d'application pour une analyse de corrélation ne sont pas remplies pour la comparaison des captures de thrips avec les informations de la carte sur la semaine en cours. Le modèle obtenu ne peut donc pas être utilisé ([Figure 15](#)). Lorsque l'on se tourne vers la comparaison des captures avec les informations de la carte la semaine suivante (visualisation de la capacité d'anticipation), les conditions d'application sont remplies pour un seuil de 1%. Cependant, même si le test est viable, le coefficient de corrélation obtenu est faible (0,5) et le modèle non fiable (R^2 en [Figure 15](#)). Cette modalité, initialement utilisée par l'entreprise, ne constitue pas une information exploitable. De plus, l'observation graphique révèle que seulement une capture peut montrer un niveau d'infestation très faible ou très fort par le ravageur.

Pour l'utilisation de quatre panneaux par chapelle, on obtient un problème similaire. Le modèle obtenu pour la comparaison entre les captures et les informations de la semaine en cours ne remplit pas les conditions d'application et ne peut donc pas être exploité. En se tournant sur la comparaison entre les captures et les informations de la semaine suivante, les conditions d'application sont remplies pour un seuil de 1%, mais la corrélation présente un coefficient de 0,59 faible et un modèle trop peu fiable (R^2 en [Figure 16](#)). Cette modalité ne peut donc pas constituer une information exploitable, et donne les mêmes résultats que pour l'utilisation d'un panneau par chapelle, même si les R^2 obtenus sont plus élevés.

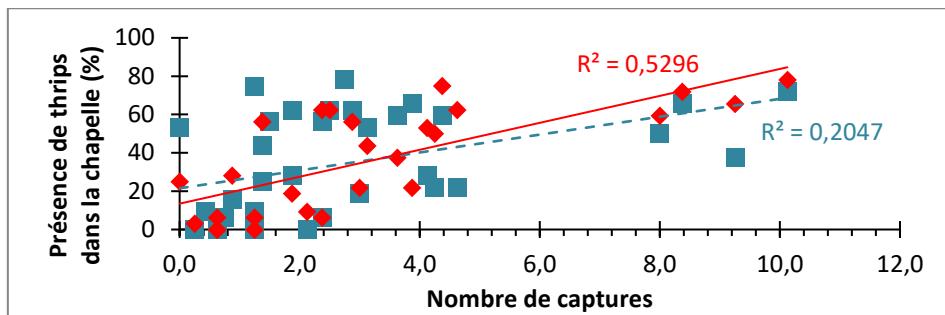


Figure 17 : Captures de thrips en fonction de l'infestation de la chapelle (comptage de la semaine ■ ou de la semaine passée ♦), modalité 8 panneaux par chapelle

- Pour 8% de présence la semaine suivante, il y a 1 capture (intervalle de confiance 95% [0 ; 2,1])
- Pour 20% de présence la semaine suivante, il y a 1,98 capture (intervalle de confiance 95% [1,08 ; 2,82])

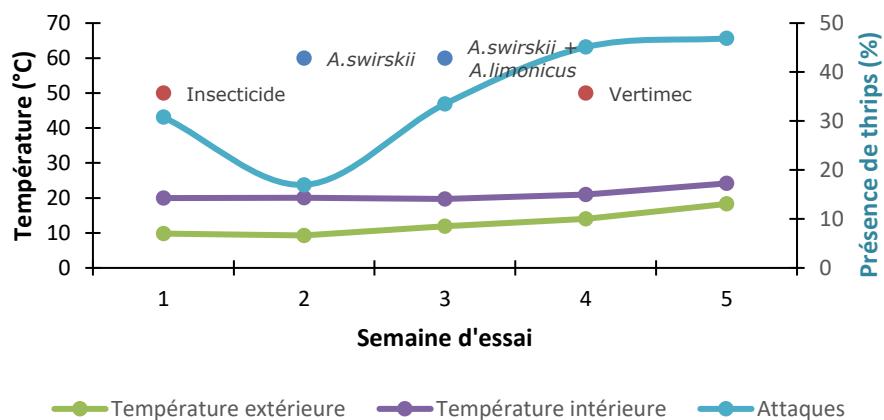


Figure 18 : Évolution des températures et des infestations de la serre (selon les semaines d'expérimentation)

Les points bleus représentent les lâchers, les points rouges les traitements insecticides.

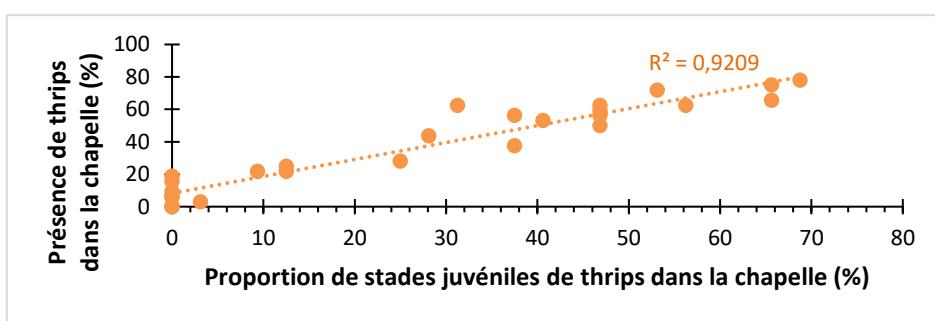


Figure 19 : Présence de stades juvéniles en fonction de l'infestation de thrips (% de sections affectées)

- Pour 1% de présence de stades juvéniles, il y a 9,24% d'infestation dans la chapelle (intervalle de confiance [4,94 ; 13,54])

Les résultats obtenus pour l'utilisation de huit panneaux par chapelle présentent un meilleur potentiel. En effet, le résultat de la comparaison des captures avec les informations cartographiées de la semaine ne sont pas exploitables (conditions d'application non remplies), en revanche la comparaison entre les captures et les observations dans les chapelles la semaine suivante est prometteuse. Un risque de 1% est pris pour permettre la validation des conditions d'application pour le test de corrélation. On obtient ainsi un bon coefficient de 0,73 et un modèle avec une robustesse peu élevée mais fiable (R^2 en [Figure 17](#)). Il semble donc que cette modalité soit intéressante pour anticiper l'infestation de la semaine suivante. Cependant, en se concentrant sur la détermination de valeurs seuil en prenant le seuil de tolérance de 20% déterminé précédemment pour la cartographie ([Figure 12](#)), deux captures de thrips en moyenne, soit un nombre plutôt faible, constitue déjà un seuil d'alerte avec une tolérance dépassée au niveau de la chapelle ([Figure 17](#)).

Pour l'essai qui a été mis en place, les panneaux constituent un outil d'évaluation difficilement exploitable. Les écarts par rapport à la valeur de R^2 ajustée pour les différents modèles indiquent que la fiabilité est faible.

3.4. Efficacité de la stratégie de lutte

3.4.1. Planning réel (traitements et lâchers)

Le comparatif est visible en Annexe I. Plusieurs traitements insecticides ont dû être réalisés pour contrôler la population de thrips, et l'application de Vertimec® (initialement utilisé contre *Tetranychus urticae*) semble avoir mis fin à la progression du ravageur ([Figure 18](#)). Cependant l'auxiliaire *A. limonicus* testé cette année a été éliminé suite au traitement, une partie de la serre (sans fleur durant la période) a donc été sans auxiliaires durant deux semaines suite aux conseils de Koppert (Annexe I), mais *A. swirskii* est resté très présent. L'utilisation de *A. swirskii* a été plus précoce que prévu en raison des conditions climatiques et réalisée à la suite de ceux de *N. cucumeris* alors qu'il devait y avoir un délai de une semaine d'écart entre les deux lâchers. Le Mycotal n'a pas été utilisé.

3.4.2. Population de thrips et climat

L'évolution des attaques et des températures sont visibles sur la [Figure 18](#) avec les traitements positionnés. On remarque que ces courbes suivent une évolution différente. Un modèle de régression linéaire statistique ne peut pas être analysé pour ces informations (Annexe II). Les stades juvéniles de thrips sont très liés à la présence d'adultes (Annexe II) avec une très bonne corrélation et un modèle très représentatif ([Figure 19](#)). L'apparition de stades juvéniles a lieu pour environ 9% d'infestation et n'est donc pas lié au dépassement de la nuisibilité. Le premier insecticide a eu un effet direct en réduisant l'infestation, les lâchers n'ont pas permis de la stabiliser.

En raison du climat extérieur et par comparaison avec les captures, la population semble issue d'un réservoir interne. Les observations dans les pots de terreau révèlent la présence de quelques ravageurs et de l'auxiliaire *M. robustulus*. Il n'y a pas d'insectes dans la perlite.

4. Discussion

4.1. Méthode de suivi des thrips

La plupart des analyses pour admettre les conditions d'application nécessitent de prendre un risque de première espèce de 1% (seuil de p-value réduit à 0,01) et donc de perdre en précision pour les résultats, mais permettent de réaliser les tests pour analyser le modèle utilisé. Ces résultats peuvent s'expliquer par le fait que travailler sur des êtres vivants (ici les thrips) rend la possibilité d'établir des prédictions plus faibles. Les modifications de la population liées à un évènement non décrit par la variable utilisée peuvent aussi expliquer cette problématique (notamment pour le test DW) tel qu'un traitement chimique réduisant la population de ravageurs. On note aussi que pour être fiable, un test doit porter au minimum sur 30 individus, et que même pour ce seuil la précision reste limitée. Ici, l'analyse porte sur 5 semaines et 7 chapelles, soit 35 observations au total, ce qui est proche du seuil de 30 observations nécessaire au test DW pour être représentatif. Il n'y a même que 28 observations si l'on utilise les panneaux comme outil d'anticipation, ce qui rend le test non fiable, il est donc important de considérer dans ce cas le protocole utilisé qui admet l'indépendance des données. Enfin, un effet lié au notateur peut aussi expliquer l'information donnée par le test DW en cas de non indépendance des données. Pour résoudre ce problème il aurait pu être intéressant qu'il y ait deux observateurs. Cette même problématique se rencontre pour le comptage sur panneaux, à laquelle s'ajoute l'appréciation biaisée suite à l'aspect gluant des panneaux susceptible d'entrainer de la confusion entre les thrips et des déchets végétaux d'aspect similaires.

Les observations de la serre reportées sur une carte permettent d'être précis concernant le suivi de la population de thrips et sa localisation dans la serre. Cependant cela prend beaucoup de temps pour un seul observateur et les employés sont occupés par les hybridations et les multiples travaux de culture qui ne leur permet pas de réaliser les observations et les signalements de manière précise. Le suivi hebdomadaire global a été le seul outil utilisé pour l'expérimentation afin d'évaluer la présence de thrips dans la serre, sans faire appel aux signalements des employés. La détermination d'une stratégie de suivi permettant de représenter au mieux ces informations est donc nécessaire. Les observations sur la carte permettent d'établir une analyse précise indiquant que pour 20% de présence totale, des sections à nuisibilité forte commencent à apparaître avec des attaques sur des boutons floraux et des symptômes nombreux. Il semble donc que la présence de thrips sur 20% des sections soit un seuil de tolérance maximum pour la culture afin de limiter l'impact sur les fleurs dans une chapelle, mais cela ne correspond pas forcément au seuil de 1 thrips par fleur potentiellement admissible (Pizzol *et al.*, 2010). Cela répond au mieux aux contraintes de l'entreprise pour éviter les dégâts et pertes de fleurs pour l'hybridation et la sélection. Avec l'observation sur les plantes sensibles, il est difficile de lier la présence de symptômes à la présence de stades juvéniles directement, mais les observations de la population de thrips révèlent que les symptômes apparaissent pour le seuil où la population commence à présenter des stades juvéniles. L'apparition de symptômes est directement liée à la présence de thrips (sauf pour les fleurs sans pétales, ce qui explique le point aberrant de la [Figure 12](#) avec une attaque forte pour peu de symptômes). Ainsi pour environ 8% de la plante affectée par une présence de thrips (tout stades confondus), les symptômes apparaissent, et cela correspond à environ 20% d'une chapelle affectée. Les informations sont toutes reliées pour l'utilisation de 8 plantes indicatrices afin d'évaluer l'infestation dans une

chapelle et confirment que le seuil de nuisibilité se situe autour de 20% de présence observée dans une chapelle. Une problématique est cependant mise en évidence par ce seuil, car celui-ci correspond à l'apparition des stades juvéniles de thrips, seul moment à partir duquel les auxiliaires utilisés peuvent intervenir. La Figure 19 démontrant qu'il n'y a pas de lien entre l'apparition des stades juvéniles et le dépassement du seuil de tolérance, cette dernière méthode nécessite donc d'être revue.

L'observation sur des plantes repères se montre comme l'outil d'analyse le plus long (Auguey, 2016) mais affiche une fiabilité intéressante pour suivre la culture sur l'instant. L'utilisation des 2 plantes les plus sensibles par chapelle décrit un modèle exploitable et fiable (Annexe II) et une bonne corrélation à condition d'admettre une précision plus faible. L'utilisation de 8 plantes par chapelle est un outil efficace d'évaluation de la présence. Dans chaque cas, cette méthode perd cependant en fiabilité si la plante observée n'a plus de fleurs avec pétales (perte d'attractivité des fleurs et de précision du modèle statistique). Pour le suivi, la problématique rencontrée avec l'utilisation de 8 plantes par rapport au seuil de nuisibilité établi durant l'essai remet en cause la stratégie. En effet, la détection de ce seuil est trop précoce et signifierait que les auxiliaires n'ont aucun intérêt, hormis de contenir le seuil de nuisibilité qu'il faudrait alors réévaluer. Cela peut s'expliquer par la diversité en place, certaines plantes étant moins sensibles que d'autres. Cette hypothèse semble validée car le problème n'est pas rencontré avec l'utilisation de deux plantes très sensibles (diversité réduite) où il y a une différence observable entre le seuil de nuisibilité sur la plante (8% d'infestation sur les plantes) et celui de la chapelle (23% d'infestation sur les plantes pour 20% d'infestation dans la chapelle) rendant l'appréciation d'une intervention plus fiable. Ce dernier modèle semble donc intéressant, il prendrait moins de temps que l'observation de 8 plantes, mais perd en fiabilité si l'observation reste sur les mêmes plantes en raison de l'aspect différé des floraisons entre différentes plantes. La stratégie de suivi peut cependant être améliorée pour obtenir un modèle avec une précision accrue pour l'observation d'un minimum de plantes. La liste de plantes sensibles observées pour cet essai a été établie aléatoirement parmi les plantes sensibles connues, tout en répondant au besoin précis d'en avoir 2 par rang. Seulement 4 d'entre elles ont été distinguées comme des plantes préférentiellement attaquées par le thrips durant les deux années de notation (2015 et 2017), et utilisées en observation alors que 10 plantes sont ressorties initialement. Une amélioration du protocole peut se distinguer en retravaillant cette liste pour établir une liste de plantes indicatrices plus fiable. La santé des plantes joue un rôle complémentaire dans la sensibilité, une plante en mauvaise santé pouvant être plus sensible à une attaque. Ceci explique les nombreuses différences observées et la nécessité de mener l'observation sur plusieurs années pour établir une référence de plantes indicatrices fiable. Cette stratégie d'évaluation de l'infestation doit aussi prendre en compte la fin de floraison des plantes observées entraînant une perte d'information, alors que la chapelle peut être fleurie et très affectée, selon le cycle de chaque variété. En effet, les plantes seraient non attractives et non observables. Par la connaissance des plantes sensibles, un turn-over pourra s'envisager pour qu'il y ait toujours des fleurs à observer durant la période critique, en changeant de plante indicatrice, la durée d'observation d'une plante sera à déterminer selon ce qui est connu pour permettre de maintenir un suivi efficace. L'observation des plantes deux fois par semaine pourrait aussi servir pour prédire l'évolution des attaques chaque semaine. Enfin, la prise en compte des fleurs est aussi importante. La notation utilisée couvre une large période de la coloration jusqu'au dépérissement des stigmates, mais pas le dérangement occasionné par la pollinisation. En effet, durant cette période de 2 à 3

jours, les pétales sont supprimés, la fleur est castré, et le pollen est déposé. Ceci dérange les thrips qui ne sont alors pas sur ces fleurs, ce qui occasionne un biais dans l'estimation de la présence.

Les panneaux ont initialement été considérés comme un outils de suivi prenant peu de temps et assez fiables pour estimer l'infestation sur la culture et étaient donc utilisés (Auguey, 2016; Chabannes, 2013; Flament, 2004). Cependant, cette étude remet en cause ces informations. En effet, les panneaux présentent un modèle non utilisable pour expliquer l'observation du ravageur sur le moment. Cependant, utilisés comme outil de prédiction, les panneaux peuvent s'avérer utiles, même si les modèles linéaires sont peu représentatifs (risque d'erreur statistique choisi plus faible et R^2 faible). Pour avoir une prédiction efficace, il est nécessaire d'utiliser 8 panneaux par chapelle au minimum (soit 56 dans la serre) ce qui prendrait beaucoup de temps d'observation. Il est possible d'en utiliser moins, le protocole initial utilisant 1 panneau par chapelle (soit 7 dans la serre), mais le modèle statistique utilisé n'est pas fiable pour établir un bon suivi. Les [Figures 14 et 15](#) mettent en évidence ce problème. L'utilisation d'un minimum de 1 panneau par rangs (4 par chapelle, soit 28 au total) est plus précise mais reste peu fiable ($R^2 < 0,5$). Un nombre de captures faible (1 thrips en moyenne, ou 2 pour 8 panneaux) décrivant déjà un seuil dépassé, il semble difficile d'utiliser les panneaux pour prédire ou estimer le niveau de l'attaque. Les R^2 obtenus présentent aussi un écart assez important (Annexe II) par rapport à leur valeur ajustée respective, ce qui indique le manque de fiabilité des modèles. Il est important de considérer qu'un traitement chimique affecte la population de thrips en la réduisant, ce qui rend la prédiction non fiable et nécessite donc un suivi direct après traitement pour établir le niveau de présence sur la culture. Il se peut que ces résultats soient aussi la conséquence d'une stratégie de piégeage à l'efficacité réduite. Celle-ci repose sur l'utilisation d'un grand nombre de panneaux jaunes et bleu ainsi que de Lurem (Koppert, i). Des panneaux blancs seraient plus attractifs (Rodriguez-Saona *et al.*, 2010; Flament, 2004), il serait intéressant de voir s'il est possible de modifier la couleur des panneaux utilisés.

L'utilisation de plantes pièges est une stratégie de lutte contre le thrips qui peut se montrer efficace pour en limiter l'impact. Elle a déjà été envisagée mais nécessite un turn-over rapide des plantes et une manutention importante (Auguey, 2016; Chabannes, 2013; AREXHOR, 2011, 2010). Ces plantes pourraient cependant être utilisées comme repères en établissant une disposition précise et un nombre minimisé sans avoir pour objectif d'être utilisées comme plantes piège, mais simplement en exploitant leur attractivité en période de floraison pour établir le bilan sanitaire de la serre.

4.2. Efficacité de la stratégie de lutte

La durée d'observation est très courte pour évaluer efficacement la stratégie utilisée. Des traitements chimiques ont été réalisés contre le thrips lorsqu'une présence trop forte était en place. Par la suite, malgré la stabilisation de la population du ravageur, celui-ci est resté trop présent. Cette stabilisation peut être liée à l'efficacité de l'auxiliaire *A.swirskii* (Koppert, f; Hoogerbrugge *et al.*, 2011) mais aussi à la diminution de nombre de fleurs disponibles. Le bilan de cette année conclu à l'inefficacité de la stratégie de lutte biologique. *N.cucumeris* (Koppert, e; Hoogerbrugge *et al.*, 2011; Pijnakker et Ramakers, 2008; Messelink *et al.*, 2006; Shipp et Van Houten, 1997) a rapidement disparu de la culture, et s'est montré inefficace. Il est possible qu'un lâcher trop précoce ou des conditions défavorables soient à l'origine du problème. Cet auxiliaire est particulièrement exigeant au niveau conditions environnementales. La stratégie pourrait viser à modifier la

période de lâchers ou de le supprimer du programme de PBI, un remplacement par *A.limonicus* peut s'envisager (Knapp *et al.*, 2013). *A.swirskii* a été utilisé plus tôt que prévu en raison du climat, il serait intéressant d'établir un modèle prédictif à partir du climat pour prévoir les lâchers (Annexe I). Le Mycotal (Koppert, h) n'a pas été utilisé malgré son intérêt dans la lutte contre le thrips adulte. A l'avenir, il pourrait être intéressant d'utiliser ce produit afin de maintenir le contrôle de la population à l'approche du seuil de nuisibilité (North *et al.*, 2006). De plus son effet contre l'aleurode sera bénéfique en cas d'infestation par ce ravageur. La stratégie sans bioinsecticide (tel que le Mycotal) ne pouvant s'attaquer qu'aux stades juvéniles du thrips, elle ne sera efficace que lorsque l'attaque se situera entre 9% (apparition des stades juvéniles) et 20% (seuil de nuisibilité) de présence de thrips, en dehors de cette fourchette elle est inutile ou a besoin d'un appui curatif. L'utilisation de la punaise prédatrice *Orius spp* pourrait s'envisager pour lutter contre le thrips adulte, mais celui-ci nécessite un délai d'installation trop long pour être efficace et consomme beaucoup de pollen, ce qui constituera une perte non acceptable pour les hybridations (F.Lance, communication personnelle). La biostimulation de la plante, biochimique ou lumineuse, est aussi une piste intéressante (Huché-Thélier *et al.*, 2015; Facun Sarmiento, 2014). En améliorant la santé de la plante, elle sera plus apte à tolérer le ravageur, voire moins attractive pour celui-ci, ce qui réduirait les dégâts liés à ce dernier. Le programme Natugro de Koppert pourrait être utilisé à cet effet (Koppert, a).

La stratégie de suivi initialement utilisée (1 panneau par chapelle) se montre peu représentative pour connaître le niveau d'infestation de la serre. Cette défaillance du suivi a provoqué une mauvaise appréciation de l'infestation de la serre et est probablement à l'origine du débordement de la PBI car l'attaque n'a pas été anticipée convenablement. L'optimisation du suivi se montre donc essentielle pour une meilleure réactivité contre le thrips. Le suivi de l'évolution de la population permettra de déterminer la meilleure période de lâcher des auxiliaires. Si le facteur climatique ne semble pas avoir eu d'influence sur cet essai, il convient de vérifier cela sur une durée plus prolongée, dans notre cas l'infestation était déjà présente et les années passées ont démontré que le climat avait un rôle (Auguey, 2016; Spiral, 2015; Chabannes, 2013).

A.limonicus n'a pas pu être testé dans des conditions favorables. En effet, si son installation s'est faite aisément, elle a été perturbée par le traitement Vertimec® qui a détruit l'ensemble de la population de l'auxiliaire, alors que *A.swirskii*, lui aussi exposé est resté très présent. Il n'est donc pas possible d'avoir une idée de son efficacité pour cette culture. Cependant il demeure une piste intéressante pour son effet contre le thrips mais aussi contre l'acarien *Tetranychus urticae* (Koppert, g; Skytte af Sätra, 2013; Knapp *et al.*, 2013; Hoogerbrugge *et al.*, 2011). Il faudra donc reconduire l'essai. L'absence de lâchers durant deux semaines à l'issue du traitement au Vertimec® est cependant discutable car le climat était chaud et ensoleillé, or le Vertimec® est un produit rapidement photodégradable (Matos *et al.*, 2012), il a donc probablement été éliminé rapidement de la culture (M.Sassi, communication personnelle). Concernant *M.robustulus*, sa présence a été constatée dans la culture, mais de manière inégale dans les pots. Il est une bonne piste pour éliminer tout réservoir, mais son efficacité est remise en question au vu de l'origine de l'infestation constatée. Son régime alimentaire varié pourrait être l'origine du problème (Koppert, d; Messelink et Van Holstein-Saj, 2008; Costa, 1966). Son absence a été constatée dans les pots de perlite et les plantes associées à ces pots n'ont montré que très peu d'infestation (généralement aucune). Le substrat pourrait être à l'origine de cette absence d'infestation en bloquant l'installation du thrips dans le sol par l'absence de matière organique. Suite à cette

hypothèse, l'utilisation de la perlite pourrait être intégrée au programme de lutte contre le thrips. Il faudra cependant faire attention que les besoins de la plante se retrouvent modifiés. Il faudra donc agir en conséquence pour éviter un stress abiotique et bien maîtriser le système de culture (Raviv et Wallach, 2007). Une autre piste consiste en l'utilisation de bioinsecticides dans les pots, tel que le BioGuard ou le Met52, ces produits sont reconnus pour leur efficacité contre les ravageurs présents dans le sol, sachant qu'ils peuvent se combiner avec d'autres auxiliaires, tels que *Stratiolaelaps scimitus* ou *Atheta coriara* (Bioline AgroSciences; Koppert, j; Saito et Brownbridge, 2016). Cette lutte pourra être préférentiellement utilisée durant l'hiver pour éliminer tout réservoir susceptible de constituer une infestation l'année suivante, et peut se combiner à des lâchers réguliers d'auxiliaires ou l'utilisation de bioinsecticide sur les parties aériennes.

Le suivi des auxiliaires n'est réalisé que par des observations sur plantes mais cela reste difficile pour une personne non exercée. Il serait intéressant de créer un protocole simple de suivi pour visualiser l'auxiliaire. Sachant que tous ont pour régime secondaire le pollen (Koppert, g, f, e), la recherche d'une stratégie d'observation à l'aide de pièges attractifs à pollen (sans capturer l'auxiliaire) serait une possibilité, tout en veillant à trouver un protocole qui n'habitue pas l'auxiliaire à être nourrit en déplaçant régulièrement la boîte.

Il est important de noter que le début de l'été est une période d'infestation forte et ne figure pas dans cet essai. Il n'est donc pas possible de savoir si, en cas d'infestation venant de l'extérieur de la culture, la stratégie aurait été efficace. Au vu de la situation suite à une infestation d'origine interne, il est cependant probable que la combinaison des deux aurait provoqué un échec plus important de la PBI et la nécessité d'utiliser plus d'insecticides. Le climat joue un rôle prépondérant dans le développement du ravageur qui apprécie les périodes chaudes en plus de la disponibilité en fleurs (Auguey, 2016; Spiral, 2015; Chabannes, 2013; Rodriguez-Saona et al., 2010; Ananthakrishnan, 1993), le planning de lâcher (Annexe I) avait été prévu en conséquence. Une planification prenant en compte l'ensemble des paramètres climatiques reste compliquée, il sera intéressant d'établir chaque année une donnée permettant de mieux prévoir l'infestation (température, ensoleillement, humidité). L'été ne constitue pas une menace car la culture n'a pas de fleur (non attractive) et la forte chaleur bloque la reproduction du thrips (Ananthakrishnan, 1993).

5. Conclusions et perspectives

5.1. Conclusions

Dans chaque cas, le modèle obtenu montre un besoin d'amélioration pour être efficace. Le manque de donnée peut aussi expliquer la problématique rencontrée. Combiner les deux outils peut s'avérer intéressant mais prendrait d'avantage de temps que le fait d'en exploiter un seul. L'utilisation d'observation de 8 panneaux et de 2 plantes par chapelle pour anticiper l'attaque de thrips dans la chapelle et bien connaître le niveau de présence sur l'instant (notamment à l'issu d'un traitement curatif) est possible à condition que le protocole soit amélioré. Les panneaux seraient un appui prédictif, à considérer avec beaucoup de recul. La stratégie de lutte contre le thrips peut quant à elle être améliorée à l'aide d'un meilleur suivi, son efficacité n'ayant pas été optimale pour contrôler le ravageur. L'essai est à reconduire pour confirmer les résultats obtenus.

5.2. Pistes d'améliorations

L'utilisation de panneaux présente difficilement des pistes d'améliorations, le piégeage étant maximisé dans la serre pour améliorer la lutte contre l'adulte. L'essai de piégeage avec une couleur blanche devrait être étudié (Flament, 2004). L'amélioration du protocole d'observation sur des plantes repères semble une piste plus intéressante et présente plusieurs perspectives d'améliorations pour favoriser son optimisation. Établir une liste des plantes sensibles permettrait d'affiner la méthode de suivi sur plantes indicatrice et d'établir une liste plus restreinte de plantes les plus intéressantes pour le suivi. En effet, une telle liste n'ayant été établie qu'une fois durant les années précédentes (Spiral, 2015), le recul est trop faible pour obtenir une liste fiable actuellement. Pour résoudre le problème lié à la fin de floraison des plantes, une liste de turn-over serait intéressante à prévoir, c'est-à-dire que la plante suivie soit modifiée pour qu'il y ait toujours des fleurs à observer. Le positionnement du suivi à un autre jour, ou sur plusieurs jours, durant la semaine, serait aussi intéressant à tester. L'exploitation de plantes pièges pour établir un bilan de présence des thrips est aussi une piste à explorer au vu de leur rôle attractif (AREXHOR, 2010, 2011). Ces perspectives permettent d'envisager un nouvel essai à l'avenir pour optimiser le suivi en place. A l'issue de l'optimisation de ce suivi, une fiche de suivi informatisée sera un outil efficace d'interprétation des observations.

Au vu de l'origine de la population, il serait intéressant de renforcer la lutte contre le réservoir potentiel interne. L'utilisation d'autres auxiliaires ou de bioinsecticides (Koppert, h; Saito and Brownbridge, 2016) pour le sol est une possibilité. Le passage à la perlite dans la serre géniteur nécessiterait une manutention trop importante et provoquerait un stress fort des plantes (nettoyage des racines et rempotage). Un surfaçage avec de la perlite pourrait cependant être envisagé. L'utilisation de pièges chromo-attractifs contenant un composé insecticide contre le thrips combiné à l'Attracker (mélange de sucres attractifs (Koppert, c)) de Koppert à l'extérieur de la serre pourrait permettre de limiter les entrées de thrips en période chaude.

6. Références

6.1. Bibliographie

- Ananthakrishnan TN.** 1993. Bionomics of Thrips. *Annual Review of Entomology* **38**, 71–92.
- AREXHOR P de la L.** 2010. Essai 1 : utilisation de plantes pièges en culture de rosiers pour la fleur coupée.
- AREXHOR P de la L.** 2011. Contrôle des Thrips (*Frankliniella occidentalis*, *Thrips tabaci*) par l'utilisation de plantes pièges.
- ASTREDHOR.** 2013. Guide d'observation et de suivi des organismes nuisibles et auxiliaires de lutte biologique : horticulture florale et pépinière ligneuse ornementale 2012.
- Auguey T.** 2016. *Comment améliorer la prise de décision en PBI sur rosiers sous serre?* SNPRGD: Rapport de stage, Licence professionnelle gestion de la santé des plantes, Agrocampus Ouest.
- Chabannes L.** 2013. *Optimisation de la PBI en rose sous serre, Outils d'aide à la détection et suivi des foyers de ravageurs.* SNPRGD: Rapport de stage, Master 1 mention Biologie et Technologie du Végétal, Université d'Angers.
- Costa M.** 1966. Notes on macrochelids associated with manure and coprid beetles in Israel. I. *Macrocheles robustulus* (Berlese, 1904), development and biology. *Acarologia* **8**, 532–548.
- Ephytia.** Biocontrol - Biologie.

- Facun Sarmiento HK.** 2014. Integrated Pest Management of Western Flower Thrips.
- Flament M.** 2004. *Estimation de la population de Thrips Frankliniella occidentalis Perg. par piégeage au moyen de plaques engluées dans une culture de rosiers sous serre conduite en protection intégrée*. Sophia Antipolis: Ed. INRA.
- Garman P, McGregor EA.** 1956. Four New Predaceous Mites (Acarina, Phytoseiidae). *Bulletin of the Southern California Academy of Sciences* **55**, 7–13.
- Hoogerbrugge I, Va Houten Y, Knapp M, Karel B.** 2011. Biological control of thrips and whitefly on strawberries with Amblydromalus limonicus and Amblyseius swirskii. *IOBC/WPRS Bulletin* **68**, 65–69.
- INRA.** *Frankliniella occidentalis* (Pergande).
- Knapp M, van Houten Y, Hoogerbrugge H, Bolckmans K.** 2013. Amblydromalus limonicus (Acari: Phytoseiidae) as a biocontrol agent: literature review and new findings. *Acarologia* **53**, 191–202.
- Malais MH, Ravensberg WJ.** 2008. Connaitre et reconnaître: la biologie des ravageurs des serres et de leurs ennemis naturels. *International Journal of Chemical Engineering*.
- Matos TA de F, Dias ALN, Silva ADP, Kondo MM.** 2012. Degradation of Abamectin Using the Photo-Fenton Process. *2012*, 7.
- Messelink GJ, Steenpaal SEFV, Ramakers PMJ.** 2006. Evaluation of phytoseiid predators for control of western flower thrips on greenhouse cucumber. *BioControl* **51**, 753–768.
- Messelink G, Van Holstein-Saj R.** 2008. Improving thrips control by the soil-dwelling predatory mite Macrocheles robustulus (Berlese). *IOBC/WPRS Bulletin* **32**, 135.
- Ministère de l’Agriculture.** 2015. Le plan Écophyto, pour réduire l’utilisation des produits phytosanitaires en France | Alim’agri.
- Neveu A.** 2016. *Evaluation de l’impact des produits phytosanitaires sur la germination du pollen de Rosa Hybrida. Mise en place de tests de conservation du pollen et optimisation de sa capacité germinative*. SNPRGD: Rapport de stage, DUT Génie Biologique option Agronomie (2ème année), IUT Amiens.
- North JP, Cuthbertson AGS, Walters KFA.** 2006. The efficacy of two entomopathogenic biocontrol agents against adult Thrips palmi (Thysanoptera:Thripidae). *Journal of Invertebrate Pathology* **92**, 89–92.
- Pijnakker J, Ramakers PMJ.** 2008. Predatory mites for biocontrol of Western Flower Thrips, Frankliniella occidentalis (Pergande), in cut rose. *IOBC/WPRS Bulletin* **32**, 171–174.
- Pizzol J, Nammour D, Hervouet P, Bout A, Desneux N, Mailleret L.** 2010. Comparison of two methods of monitoring thrips populations in a greenhouse rose crop. *Journal of Pest Science* **83**, 191–196.
- Rahman T, Spafford H, Broughton S.** 2011. Single versus multiple releases of predatory mites combined with spinosad for the management of western flower thrips in strawberry. *Crop Protection* **30**, 468–475.
- Raviv M, Wallach R.** 2007. Water availability to rose roots grown in soilless media, as a determinant factor of productivity. *Acta Horticulturae*, 23–32.
- Rodriguez-Saona CR, Polavarapu S, Barry JD, Polk D, Jörnsten R, Oudemans PV, Liburd OE.** 2010. Color preference, seasonality, spatial distribution and species composition of thrips (Thysanoptera: Thripidae) in northern highbush blueberries. *Crop Protection* **29**, 1331–1340.
- Saito T, Brownbridge M.** 2016. Compatibility of soil-dwelling predators and microbial agents and their efficacy in controlling soil-dwelling stages of western flower thrips Frankliniella occidentalis. *Biological Control* **92**, 92–100.

Shipp JL, Van Houten YM. 1997. Influence of Temperature and Vapor Pressure Deficit on Survival of the Predatory Mite *Amblyseius cucumeris* (Acar: Phytoseiidae). *Environmental Entomology* **26**, 106–113.

Skytte af Sätra E. 2013. The efficiency of the newly launched predatory mite *Amblydromalus limonicus*. Swedish University of Agricultural Sciences.

Spiral L-M. 2015. *Protection Biologie Intégrée - Evaluation et optimisation en cultures de roses sous serre*. SNPRGD: Rapport de stage, Master 1 mention Biologie et Technologie du Végétal, Université d'Angers.

Thierry O. 2017. *Optimisation de la qualité germinative du pollen de Rosa sp.* SNPRGD: Rapport de stage, DUT Génie Biologique option Agronomie (2ème année), IUT Amiens.

6.2. Sitographie

Biobest. a. Liste des effets secondaires. Consulté le 18/04/2017 à l'adresse <http://www.biobestgroup.com/fr/liste-des-effets-secundaires>

Biobest. b. Dyna-Mite® G-System | Biobest. Consulté le 22/04/2017 à l'adresse <http://www.biobestgroup.com/fr/biobest/produits/lutte-biologique-contre-les-ravageurs-4459/auxiliaires-4478/dyna-mite-g-system-7448/>

Bioline AgroSciences. Staphyline (*Atheta coriaria*). Bioline. Consulté le 30/05/2017 à l'adresse <http://www.biolineagrosciences.com/products/staphyline/>

Koppert. a. Contrôle biologique pollinisation naturelle. Koppert biological control natural pollination. Consulté le 20/04/2017 à l'adresse <https://www.koppert.fr/>

Koppert. b. Effets secondaires. Koppert biological control natural pollination. Consulté le 18/04/2017 à l'adresse <https://www.koppert.fr/effets-secondaires/>

Koppert. c. Tracker. Koppert biological control natural pollination. Consulté le 30/04/2017 à l'adresse <https://www.koppert.fr/produits/accessories/tracker/>

Koppert. d. Macro-Mite (*Macrocheles robustulus*). Koppert biological control natural pollination. Consulté le 15/04/2017 à l'adresse <https://www.koppert.fr/ravageurs/thrips/produits-contre-les/macro-mite/>

Koppert. e. Thripex (*Neoseiulus cucumeris*). Koppert biological control natural pollination. Consulté le 15/04/2017 à l'adresse <https://www.koppert.fr/ravageurs/thrips/produits-contre-les/thripex/>

Koppert. f. Swirskii-Mite (*Amblyseius swirskii*). Koppert biological control natural pollination. Consulté le 18/04/2017 à l'adresse <https://www.koppert.fr/ravageurs/thrips/produits-contre-les/swirski-mite/>

Koppert. g. Limonica (*Amblydromalus limonicus*). Limonica (*Amblydromalus limonicus*). Consulté le 18/04/2017 à l'adresse <https://www.koppert.com/pests/thrips/product-against/limonica/>

Koppert. h. Mycotal (*Lecanicillium muscarium*). Koppert biological control natural pollination. Consulté le 18/04/2017 à l'adresse <https://www.koppert.fr/ravageurs/thrips/produits-contre-les/mycotal/>

Koppert. i. Lurem-Tr (kairomone Thripidae). Koppert biological control natural pollination. Consulté le 22/04/2017 à l'adresse <https://www.koppert.fr/produits/monitoring/lurem-tr/>

Koppert. j. Entomite-m (*Stratiolaelaps scimitus*). Koppert biological control natural pollination. Consulté le 30/04/2017 à l'adresse <https://www.koppert.fr/ravageurs/thrips/produits-contre-les/entomite-m/>

Koppert. 2017. En 2017, le groupe Koppert fête 50 années de protection biologique : Koppert Biological Systems. Koppert biological control natural pollination. Consulté le 23/04/2017 à l'adresse <https://www.koppert.fr/actualites/>

Fin du TEXTE

ANNEXES

Annexe I : Planning de lâchers

Moyens biologiques	Semaine de lâchers																				
Planning prévisionnel																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Panneaux englués attractifs bleus																					
Panneaux englués attractifs jaunes	Piégeage permanent, changé au besoin																				
Rouleau englué attractif bleu																					
Attractif olfactif (Kairomone)	7			7			7			7											
<i>Lecanicillium muscarium</i>																			1	1	1
<i>Macrocheles robustulus</i>										3											
<i>Neoseiulus cucumeris</i>										1		1		2							
<i>Amblyseius swirskii</i>																3	3		3		
Planning réel																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Panneaux englués attractifs bleus																					
Panneaux englués attractifs jaunes	Piégeage permanent, changé au besoin																				
Rouleau englué attractif bleu																					
Attractif olfactif (Kairomone)	7			7			7			7											
<i>Lecanicillium muscarium</i>																					
<i>Macrocheles robustulus</i>								3													
<i>Neoseiulus cucumeris</i>							1	1			1		1								
<i>Amblyseius swirskii</i>												2	2		2	2					
<i>Amblydromalus limonicus</i>																	1				

La période indiquée en jaune sur le planning correspond à la période critique connue pour être une période de forte infestation. Les numéros de semaines sur fond rouge correspondent à la période de l'essai. La période en bleu correspond à la période de rémanence du traitement avec Vertimec (Biobest, b; Koppert, h) réalisé en semaine 18, aucun lâcher n'a été placé. Un traitement avec un insecticide a été réalisé en semaine 16 contre le thrips, sans effet sur l'auxiliaire et sans rémanence.

Annexe II : Analyses statistiques

Données analysées	Analyse à réaliser	Conditions d'application (résultats de la p-value)	Résultat final	Conclusion
Présences à tolérance dépassée en fonction de la proportion totale de présences observées (Figure 11)	Test de Fischer		p-value < 0,05, R² = 0,63 (R ² ajusté 0,62)	Représentatif
	Test de corrélation (Pearson) ($\alpha=5\%$ aux conditions d'application)	BP > 0,05	p-value < 0,05 et coefficient de 0,79	Bonne corrélation
		DW > 0,05		
Symptômes observés sur plantes selon la présence de thrips sur les plantes (Figure 12)	Test de Fischer		p-value < 0,05, R² = 0,67 (R ² ajusté 0,66)	Représentatif
	Test de corrélation (Pearson) ($\alpha=5\%$ aux conditions d'application)	BP > 0,05		
		DW > 0,05	p-value < 0,05 et coefficient de 0,82	Bonne corrélation
Symptômes observés sur plantes selon la présence de stades juvéniles de thrips sur les plantes (Figure 12)	Test de Fischer		p-value < 0,05, R² = 0,41 (R ² ajusté 0,39)	Pas représentatif
	Test de corrélation (Pearson) ($\alpha=1\%$ aux conditions d'application)	BP > 0,01	Conditions non validées	
		DW < 0,01		
Présence de stades juvéniles de thrips en fonction de la présence de thrips sur plante (Figure 13)	Test de Fischer		p-value < 0,05, R² = 0,63 (R ² ajusté 0,61)	Représentatif
	Test de corrélation (Pearson) ($\alpha=1\%$ aux conditions d'application)	BP > 0,01	p-value < 0,05 et coefficient de 0,79	Bonne corrélation
		DW > 0,01		
Présence de thrips sur 2 plantes par chapelle en fonction	Test de Fischer		p-value < 0,05, R² = 0,51 (R ² ajusté 0,49)	Peu représentatif
		BP > 0,01		Bonne corrélation

de l'infestation de la chapelle (Figure 14)	Test de corrélation (Pearson) ($\alpha=1\%$ aux conditions d'application)	DW > 0,01 Shapiro > 0,01	p-value < 0,05 et coefficient de 0,71	
	Test de Fischer		p-value < 0,05, R² = 0,61 (R^2 ajusté 0,60)	Représentatif
Présence de thrips sur 8 plantes par chapelle en fonction de l'infestation de la chapelle (Figure 14)	Test de corrélation (Pearson) ($\alpha=1\%$ aux conditions d'application)	BP > 0,01	p-value < 0,05 et coefficient de 0,78	Bonne corrélation
		DW > 0,01		
		Shapiro > 0,01		
Evaluation de l'infestation de la chapelle (1 panneau par chapelle) (Figure 15)	Test de Fischer		p-value < 0,05, R² = 0,29 (R^2 ajusté 0,27)	Non représentatif
	Test de corrélation (Pearson) ($\alpha=1\%$ aux conditions d'application)	BP > 0,01	Conditions non validées	
		DW > 0,01		
		Shapiro < 0,01		
Anticipation des attaques dans la chapelle (1 panneau par chapelle) (Figure 15)	Test de Fischer		p-value < 0,05, R² = 0,24 (R^2 ajusté 0,22)	Non représentatif
	Test de corrélation (Pearson) ($\alpha=1\%$ aux conditions d'application)	BP > 0,01	p-value < 0,05 et coefficient de 0,5	Mauvaise corrélation
		DW > 0,01		
		Shapiro > 0,01		
Evaluation de l'infestation de la chapelle (4 panneaux par chapelle) (Figure 16)	Test de Fischer		p-value < 0,05, R² = 0,21 (R^2 ajusté 0,18)	Non représentatif
	Test de corrélation (Pearson) ($\alpha=1\%$ aux conditions d'application)	BP > 0,01	Conditions non validées	
		DW < 0,01		
		Shapiro < 0,01		
Anticipation des attaques dans la chapelle (4 panneaux par chapelle) (Figure 16)	Test de Fischer		p-value < 0,05, R² = 0,24 (R^2 ajusté 0,22)	Non représentatif
	Test de corrélation (Pearson) ($\alpha=1\%$ aux conditions d'application)	BP > 0,01	p-value < 0,05 et coefficient de 0,59	Faible corrélation
		DW > 0,01		
		Shapiro > 0,01		

Evaluation de l'infestation de la chapelle (8 panneaux par chapelle) (Figure 17)	Test de Fischer		p-value < 0,05, R² = 0,2 (R ² ajusté 0,18)	Non représentatif
	Test de corrélation (Pearson) ($\alpha=1\%$ aux conditions d'application)	BP > 0,01	Conditions non validées	
		DW < 0,01		
		Shapiro < 0,01		
Anticipation des attaques dans la chapelle (8 panneaux par chapelle) (Figure 17)	Test de Fischer		p-value < 0,05, R² = 0,53 (R ² ajusté 0,52)	Peu représentatif
	Test de corrélation (Pearson) ($\alpha=1\%$ aux conditions d'application)	BP > 0,01	p-value < 0,05 et coefficient de 0,73	Bonne corrélation
		DW > 0,01		
Évolution des températures et des infestations de la serre au cours du temps (Figure 18)	Test de Fischer		p-value = 0,2 > 0,05	Modèle non exploitable
	Test de Fischer		p-value < 0,05, R² = 0,92	Très représentatif
Présence de stades juvéniles en fonction de l'infestation de thrips (Figure 19)	Test de corrélation (Pearson) ($\alpha=5\%$ aux conditions d'application)	BP > 0,05	p-value < 0,05 et coefficient de 0,96	Très bonne corrélation
		DW > 0,05		
		Shapiro > 0,05		

Annexe III : Autres missions

Dans le cadre de ce stage, la mission était l'optimisation de protection biologique en rosiers sous serre. Ainsi, plusieurs missions ont été réalisées. Le rapport présente la mission principale choisie.

Dans le même objectif, le suivi de la population d'acarien jaune *Tetranychus urticae* a été réalisé afin de prévenir les infestations. Les journées chaudes et lumineuses sont ressorties comme étant favorables à ces infestations. Le réservoir est quant à lui d'origine interne et difficile à éliminer. Cette année, la protection biologique a finalement été débordée alors que cela n'avait pas été le cas l'année passée. *Ablyseius californicus*, auxiliaire de lutte contre l'acarien et déployé préventivement s'est avéré absent. *Phytoseiulus permisilis* a quant à lui été lâché en localisé sur foyers forts et en généralisé préventivement. Ce second auxiliaire nécessite la présence du ravageur pour se maintenir et est particulièrement efficace en curatif. Cependant malgré son efficacité en lâchers localisés, cette année il n'a pas permis de contenir les acariens. La prévention semble difficile pour lutter contre ce ravageur, il faut être particulièrement réactif. Il est préconisé de prévoir des lâchers de *P.permisilis* en début de forte chaleur et de manière régulière pour éviter tout développement du ravageur dès son apparition et disposer d'une forte pression en prédateur. *A.californicus* semblant peu intéressant, son utilisation se montre inutile.

L'ensemble de la lutte contre les insectes phytophages fait l'objet d'un Bulletin de Santé du Végétal hebdomadaire utilisé pour déterminer les interventions à réaliser.

Enfin, afin d'optimiser la lutte contre le thrips, les pistes d'améliorations suggérées dans le rapport sont en cours de réflexion avec la préparation de protocoles pour l'année à venir.

Un essai d'utilisation de biostimulants a été employé (programme Natugro Koppert). Il ne semble pas bénéfique à la croissance et au cycle de la plante, et il n'a pas permis d'analyser le potentiel de résistance qu'il pouvait entraîner car la modalité témoin (sans utilisation de biostimulants) n'a pas été atteinte.

RÉSUMÉ

Depuis 2013, SNPRGD cherche à répondre au besoin de développer une stratégie de Protection Biologique Intégrée contre le thrips californien *F.occidentalis* sur Rose. Celle-ci nécessite l'utilisation d'auxiliaires multiples que sont *N.cucumeris*, *A.swirskii*, *A.limonicus* et *L.muscarium* ainsi que le piégeage chromo-attractif. Cette stratégie doit se définir selon un planning précis pour lâcher les auxiliaires au bon moment et contrôler le développement du ravageur afin qu'il ne dépasse pas le seuil de nuisibilité. Cela passe par la connaissance des facteurs climatiques en jeu et la définition d'un suivi efficace au plus proche de la culture pour intervenir en lutte raisonnée si cela devient nécessaire.

Durant l'essai décrit ici, il a été mis en évidence que le suivi initial est inefficace et a besoin d'être amélioré, de même que la stratégie utilisée. Si le planning avait déjà été réfléchi en fonction des estimations d'estimation d'évolution du climat, le suivi a manqué de représentativité et rendu l'estimation du seuil d'intervention non possible. La lutte chimique curative a donc été employée afin que le ravageur soit de nouveau contrôlé. La possibilité d'établir un suivi de culture combinant l'observation sur panneaux piège et l'observation de plantes sensibles se dégage comme un outil à fort potentiel mais nécessite un recul qui n'est pas disponible actuellement pour être optimal. La connaissance des plantes préférentiellement ciblées par le thrips doit être faite. Le seuil de nuisibilité a cependant été établi ainsi que des pistes de réflexion possible pour l'avenir afin de mieux prévenir les infestations de thrips, leur intensité et de rendre la stratégie de PBI optimale.

Mots-clés : *A.swirskii*, *A.limonicus*, *F.occidentalis*, *L.muscarium*, *N.cucumeris*, Piégeage chromo-attractifs, Suivi de culture, Protection Biologie Intégrée (PBI), Rose, SNPRGD.

ABSTRACT

Since 2013, SNPRGD seeks to develop a strategy of Integrated Pest Management against western flower thrips *F.occidentalis* on Rose. It needs the use of multiple auxiliary who are *N.cucumeris*, *A.swirskii*, *A.limonicus* and *L.muscarium*, as well as the chromo-attractive trapping. This strategy must be defined according to a specific schedule for release the auxiliary at the right time and control the development of the pest so that it does not exceed the threshold of threshold. This requires knowledge of the climatic factors into play and the definition of effective follow-up close of culture to intervene if it becomes necessary.

During the test described here, it has been highlighted that the initial monitoring is ineffective and needs to be improved, as well as the strategy used. If the schedule had already been based on the estimation of climate changes, follow-up has lack of representativeness and rendering the estimate of threshold not possible. Curative chemical control has therefore been used so that the pest to be controlled again. The possibility of establishing a follow-up of culture combining observation on panels trap and observation of sensitive plants emerges as a tool with great potential but requires knowledges that is currently unavailable to be optimal. A list of plants preferentially targeted by thrips knowledge must be made. However, the threshold threshold was established as well as some possible ideas for the future in order to better prevent thrips infestations, their intensity and make the optimal strategy of IPM.

Keywords: *A.swirskii*, *A.limonicus*, Chromo-attractive trapping, *F.occidentalis*, Follow-up of culture, Integrated Pest Management (IPM), *L.muscarium*, *N.cucumeris*, Rose, SNPRGD.