



En collaboration avec

AREXHOR
Pays de la Loire



Agence régionale pour
l'expérimentation horticole

Station de l'Institut technique de l'horticulture

Cyril Farsy
Licence professionnelle
Gestion de la Santé des Plantes

Année 2015-2016

Comment favoriser la régulation biologique des populations de cicadelles en culture de thym par la mise en place d'Infrastructures Agro-Écologiques ?



Maître de stage : Mélissa Leloup

Enseignant-tuteur : Yann Tricault

Sommaire

Résumé/Abstract.....	p.3
Liste des abréviations	p.4
Remerciements.....	p.5
Préambule	p.6
Introduction	p.8
I) Synthèse bibliographique : Les cicadelles typhlocybines et leurs ennemis naturels	
<u>A) Les cicadelles typhlocybines</u>	
1) Classification et caractéristiques.....	p.9
2) Cycle de développement	
3) dégâts sur culture	
3.a) Identification des symptômes	
3.b) Incidence des dégâts	
4) Identification des cicadelles Typhlocybines	
5) Moyens de lutte	
5.a) Prophylaxie et pratiques culturales	
5.b) La lutte chimique	
<u>B) Les ennemis naturels des cicadelles typhlocybines</u>	
1) Les prédateurs généralistes.....	p.11
1.a) Ordre des Hemiptera	
1.b) Ordre des Araneae	
1.c) Ordre des Neuroptera	
1.d) Ordre des Coleoptera	
2) Les parasitoïdes	p.12
2.a) Ordre des Diptera	
2.b) Ordre des Hymenoptera	
2.c) Fiche entomologique : Anagrus sp.	
3) Les micro-organismes.....	p.14
3.a) Nématodes	
3.b) Mycètes	
II) Contexte & problématique de l'essai	
1) La culture de thym.....	p.15
2) Les infrastructures Agro-Écologiques	
2.a) La bande enherbée	
2.b) La bande fleurie FLORÉGULE	
3) Environnement de l'essai.....	p.16
3.a) Localisation de l'essai	
3.b) Diagnostic & itinéraire cultural des parcelles suivies	
4) Objectifs de l'essai.....	p.17
III) Expérimentation	
<u>A) Matériels et méthodes utilisés</u>	
1) Présentation générale du dispositif.....	p.18
2) Les variables mesurées	
1.a) Suivi des adultes	
2.a) Suivi des dégâts	
2.b) Suivi de la faune auxiliaire	
3) Traitement statistique des résultats obtenus.....	p.21
3.a) Étude des dynamiques de populations	
3.b) Évaluation des critères de suivi des cicadelles et des dégâts	
3.c) Mesure de l'influence de variable(s) non-contrôlée(s)	
3.d) Étude de la diversité morphotypique d'arthropodes piégés	

3.e) Comparaison des populations d'auxiliaires piégés

B) Résultats & discussion

1) Présentation des résultats.....	p.22
1.a) Dynamiques des populations de cicadelles et d'Anagrus sp.	
1.b) Dynamique de population de cicadelles et évolution des dégâts	
1.c) Influence du champignon entomopathogène	
1.d) Diversité morphotypique de l'entomofaune capturée	
1.e) Comparaison des populations d'auxiliaires piégés	
1.f) Influence de la biodiversité fonctionnelle sur la population de cicadelles	
2) Discussion générale.....	p.27
2.a) Pertinence des critères de suivi des variables	
2.b) Confrontation des résultats	
Conclusion.....	p.30
Ouverture du sujet	p.31
Bibliographie.....	p.32
Sitographie.....	p.34

RESUME

Les cicadelles typhlocybines sont les ravageurs les plus préoccupants en production de labiacées aromatiques. Les dégâts qu'elles y occasionnent et les limites de la lutte chimique incitent à rechercher de nouveaux moyens de lutte. L'objectif de cette étude est de mesurer l'impact d'une bande fleurie et d'une bande enherbée sur les auxiliaires de la cicadelle en culture de thym. Ce travail présente le protocole et les premiers résultats d'un essai en cours. Cette étude met en évidence des populations variables d'*Anagrus* sp. (*Chalcidoidea* ; *Mymaridae*), parasitoïdes majeurs de la cicadelle *Eupteryx decemnotata* Rey 1891 (*Cicadomorpha* ; *Cicadellidae*) sans pour autant réussir à définir l'origine de cette variabilité. Des données préliminaires quant à l'attractivité des Infrastructures Agro-Écologiques sur les auxiliaires généralistes ont pu être recensées. Enfin l'arrivée non-souhaitée d'un champignon entomopathogène a perturbé le suivi de l'essai thym mais a permis d'évaluer l'intérêt de la lutte biologique par introduction d'un micro-organisme.

ABSTRACT

The ligurian leafhoppers *Eupteryx decemnotata* Rey are the most worrying destroyers in production of aromatic *Lamiacea*. The damage in consequence and the limitations of chemical control require to research new means of control. The aim of this work is to measure the impact of a flowered band and a grass strip on the ligurian leafhoppers' auxiliaries in thyme culture. This work presents the protocol and the first results of a test in process. This study shows variable populations of *Anagrus* sp (*Chalcidoidea*; *Mymaridae*), major parasitoids of leafhopper *Eupteryx decemnotata* Rey 1891 (*cicadomorpha*; *Cicadellidae*), without success to clarifying the origin of these variance. Preliminary data could be enumerated about the attractiveness of the Agro-Ecological Infrastructures on general auxiliary. Finally the occurrence of a non-desired entomopathogenic fungus disrupted the tracking test but allowed to assess the interest of biological control by introducing a microorganism.

Liste des abréviations

AREXHOR : Agence régionale pour l'expérimentation horticole

CASDAR : Compte d'Affectation Spéciale Développement Agricole et Rural

CFPPA : Centre de Formation et de Promotion Professionnelle Agricole

***EPLEFPA : Établissement Public Local d'Enseignement et de Formation
Professionnelle Agricoles***

HVE : Haute Valeur Environnementale

IAE : Infrastructures Agro-Écologiques

IGEPP : Institut de Génétique, Environnement et Protection des Plantes

***ITEIPMAI : l'Institut technique interprofessionnel des plantes à parfum, médicinales,
aromatiques et industrielles***

LEGTA : Lycée d'Enseignement Général et Technologique Agricole

OAD : Outil d'Aide à la Décision

PBI : Protection Biologique Intégrée

PPAM : Plantes à Parfum, Aromatiques et Médicinales

UMR : Unité Mixte de Recherche

Remerciements

Je tiens à remercier en premier lieu Mélissa Leloup, Marie-Paule Droillard et Eric Duclaud pour leur encadrement tout au long de ce stage et pour m'avoir accordé leur confiance pour la réalisation de cette étude.

Je remercie également Yann Tricault pour son accompagnement dans la rédaction de ce document et son intérêt pour le travail réalisé.

Un grand merci à Alain Ferre, Philippe Galotte et Aurélie Della-Torre pour leurs précieux conseils ayant permis l'élaboration du protocole expérimental.

De la même façon je remercie Estelle Chenu pour m'avoir fait profiter de ses compétences d'identification.

Je tiens à souligner l'aide apportée par Pascal Poupard et le personnel de l'IRHS sur les aspects relatifs au domaine de la mycologie.

Merci à Sarah et Fadila, techniciennes du laboratoire de biologie du lycée Le Fresne, pour l'aide et la bonne humeur apportées.

je remercie également Simon, Christophe et l'ensemble du personnel de l'iteipmai et de l'exploitation du Fresne pour leurs conseils et leur participation au suivi des parcelles.

Enfin je remercie chaleureusement Delphine Simonnet et Alexis Pillet pour leur aide indispensable, notamment lors des relevés.

Préambule

Dans le cadre de la licence professionnelle Gestion de la Santé des Plantes, je réalise un stage de 5 mois à l'EPLEFPA* Angers – Le Fresne. Le site du Fresne se situe dans la zone périurbaine de l'agglomération d'Angers, à Sainte-Gemme-sur-Loire. L'établissement se divise en plusieurs structures : le LEGTA*, le CFPPA* et l'exploitation. Avec une activité majoritairement horticole, l'exploitation possède une Surface Agricole Utile de 26,5 ha répartie en pépinière hors sol, serres horticoles, grande culture, maraîchage et PPAM*.

L'exploitation existe depuis 1968 mais il faut noter que jusqu'en 1996 elle exerçait majoritairement une activité de production laitière et d'arboriculture. La transition vers une production ornementale a répondu à l'évolution des formations proposées par l'établissement mais a aussi permis de s'intégrer dans la filière ornementale angevine très structurée, ouvrant de nombreuses possibilités de partenariat.

En plus de son activité économique, l'exploitation a une vocation pédagogique dans le cadre des nombreuses formations proposées par le LEGTA et le CFPPA. Dans cette optique et face à l'évolution des pratiques agricoles portée par de nombreux plans nationaux (ECOPHYTO V1 & V2, Objectif Terres 2020...) l'exploitation cherche depuis 2007 à réduire son impact environnemental. Avec l'acquisition d'un Phytobac® et d'un Phytocat®, l'obtention de certifications environnementales (HVE niveau 3 et Plante Bleue niveau 2 en 2012) elle vise à former de futurs agriculteurs à « Produire Autrement » (Projet Agroécologique pour la France). Souhaitant participer activement au développement de pratiques agricoles durables, la structure participe à de nombreux projets de recherche et d'expérimentation en partenariat avec les autres acteurs de la filière horticole (projet Agréable, CASDAR* FLOREGUL...).

Mon stage s'inscrit dans le cadre de l'un d'eux : **le Projet régionale BIOF'HORMA** (BIODiversité Fonctionnelle en HORTiculture et culture de plantes Médicinales et Aromatiques). L'objectif de ce projet est de permettre le développement de la PBI sous abri et le contrôle biologique par conservation en plein champ en culture de PPAM.

En raison de l'importance économique mineure de la filière PPAM française (estimée à 85 millions d'euros par France Agrimer), la recherche de moyens de lutte alternatifs aux pesticides présente un net retard comparée aux autres filières agricoles.

Par ailleurs, les producteurs de la filière font face à de nombreuses impasses techniques en matière de gestion des bioagresseurs. Le développement de la PBI en culture de PPAM, porté par le projet BIOF'HORMA, permettrait de répondre à la demande de la profession, en adéquation avec les enjeux environnementaux actuels. Le projet BIOF'HORMA résulte d'un partenariat entre l'exploitation du lycée Le Fresne, l'Iteipmai, l'AREXHOR et Agrocampus-Ouest, apportant chacun au projet des compétences spécifiques.

L'Iteipmai est l'organisme professionnel français de recherche finalisée qualifié par le Ministère de l'Agriculture, pour la filière plantes à parfum, aromatiques et médicinales. Acteur majeur de la filière PPAM, il met à disposition du projet ses connaissances en matière de production et de protection phytosanitaire de cultures aromatiques.

L'AREXHOR, bien que plus orienté sur l'horticulture ornementale, a fortement contribué au développement de stratégies de PBI avec notamment de nombreuses études sur les plantes de services. Son intégration dans le projet permet d'y apporter leur expérience en expérimentation dans le domaine de la lutte biologique.

L'Agrocampus-Ouest et plus particulièrement l'équipe Écologie et Génétique des Insectes (UMR* IGEPP*) a entre autre développé « une expertise reconnue dans les domaines de la physiologie de l'insecte, [...] de la dynamique des populations, de l'écologie comportementale, [...] et de l'agroécologie » (extrait de l'appel à projet BIOF'HORMA). L'équipe EGI apporte au projet ses compétences en entomologie et plus largement en écologie des arthropodes.

Ainsi, le projet BIOF'HORMA, né d'un réel besoin de la filière, est porté par un ensemble de partenaires reconnus dans leurs domaines respectifs. La mise en commun de ces compétences a pour objectif au long terme de proposer de nouvelles stratégies de PBI durables et applicables en culture de PPAM.

Étant intéressé par le domaine de l'expérimentation en protection des plantes avec une affinité particulière pour la régulation biologique et les PPAM, cette expérience à l'exploitation de l'EPLEFPA Angers-Le Fresne répond parfaitement à mes attentes pour ce stage.

Introduction

La production de PPAM représente moins de 1% de la SAU française. Cependant ce sont pour la plupart des cultures à haute valeur ajoutée notamment les labiacées pour la production d'huile essentielle. La filière française est en développement constant depuis plus de 10 ans avec, durant cette période, une augmentation de 85% du CA et de + 8000 ha mais elle fait face depuis quelques années à une concurrence internationale de plus en plus importante. Le développement de la production de PPAM en Afrique du nord et en Europe de l'est (Algérie, Albanie...) avec des coûts de main-d'œuvre plus faibles oblige la filière française à améliorer sa compétitivité. De plus, la part de la production en Agriculture Biologique augmente fortement en France avec + 5% entre 2013 et 2014 (données France Agrimer).

En parallèle, les cultures de labiacées aromatiques de plein champs subissent des dégâts fréquents et importants. Les cicadelles typhlocybines (*Hemiptera ; Cicadellidae*), insectes piqueurs suceurs provoquent des dégâts qualitatifs et quantitatifs sur une grande partie des labiacées (lavande, thym, sauge, mélisse...). Avec leur capacité à passer d'une culture à l'autre et la faible efficacité des traitements chimiques, les cicadelles typhlocybines représentent une préoccupation phytosanitaire majeure.

Afin de répondre aux besoins des producteurs, il est nécessaire d'expérimenter de nouvelles stratégies de régulation de ces bioagresseurs applicables en Agriculture Biologique.

La mise en place d'Infrastructures Agro-Écologique (IAE) en bordure de parcelle comme les bandes enherbées et les bandes fleuries ont pour objectif d'offrir refuge et alimentation complémentaires aux auxiliaires à proximité des cultures. Ces aménagements se sont déjà révélés efficaces face à certaines problématiques phytosanitaires. Ces connaissances récemment acquises en lutte biologique par attraction/conservation ouvrent de nouvelles pistes de gestion des cicadelles qui méritent d'être approfondies.

Il a donc été décidé, dans le cadre du projet BIOF'HORMA, d'évaluer l'attractivité de différentes IAE pour les auxiliaires ainsi que leurs capacités à réguler les populations de cicadelles typhlocybines. Pour se faire, deux essais sont mis en place, un sur culture de thym sur le site du Fresne, l'autre sur culture de mélisse sur la station de l'iteipmai.

***1) Synthèse bibliographique : Les cicadelles
typhlocybines et leurs ennemis naturels***

Tableau 1 : Classification des cicadelles Typhlocybines[1]

Embranchement	<i>Arthropoda</i>
Classe	<i>Insecta</i>
Ordre	<i>Hemiptera</i>
Super-famille	<i>Membracoidea</i>
Famille	<i>Cicadellidae</i>
Sous-famille	<i>Typhlocybinae</i>



Figure 1 Les différents stades d'*Eposca vitis*(3)

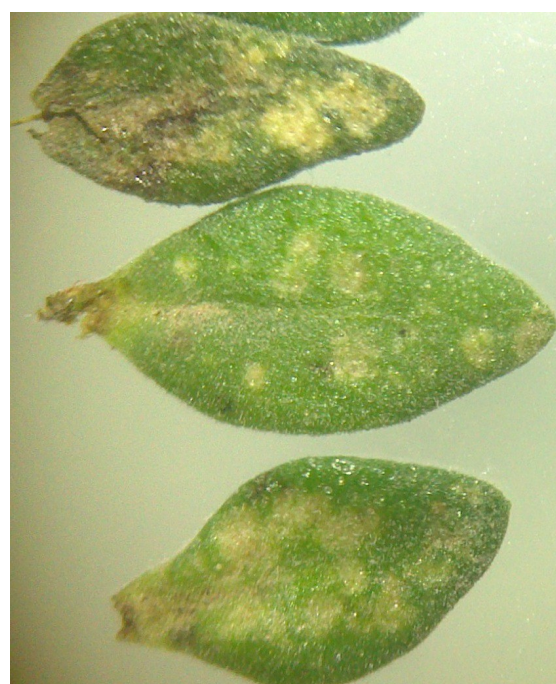


Figure 2 Piqûres de nutrition de cicadelle sur Feuilles de Thym vu sous loupe binoculaire (photo personnelle)



Figure 3 Piqûres de nutrition de cicadelle sur mélisse (photo personnelle)

A) Les cicadelles typhlocybines

1) Classification et caractéristiques

Les cicadelles sont des Hémiptères appartenant à la famille des *Cicadellidae* (*Tableau 1*).

Les cicadelles typhlocybines font partie des insectes phytophages piqueurs-suceurs de mésophylle. Les larves et les adultes se nourrissent du contenu cellulaire par ponction à l'aide de leurs stylets. D'une taille comprise entre 2 et 5 millimètres de long et de couleurs variables, les adultes se situent généralement sous les feuilles et s'envolent dès qu'ils sont dérangés. Les larves sont mobiles sous les feuilles(2)(3).

Le nombre de cycles biologiques effectués par an dépend fortement du climat. Elles sont capables de réaliser 2 cycles/an en climat montagnard et jusqu'à 4 cycles/an en climat méditerranéen avec un optimum de développement aux alentours de 20°C(2).

Leur présence a été recensée sur la plupart des labiacées cultivées mais le rosier (*Rosa* sp.) et la ronce commune (*Rubus fruticosus*) constituent des hôtes d'hivernages. De plus *Empoasca vitis* (*Cicadellidae* ; *Typhlocybinae*) provoque de gros dégâts en culture de vigne (*Vitis vinifera*).

2) Cycle de développement

Les cicadelles passent le plus souvent la période hivernale sous forme d'œufs mais il leur est possible d'hiverner sous forme d'adulte en climat méditerranéen(2). Les femelles fécondées pondent 2 à 4 œufs par jour pendant 3 semaines. Ils sont insérés profondément dans les nervures sous les feuilles grâce à un ovipositeur où ils sont protégés des traitements phytosanitaires.

L'éclosion des œufs a lieu environ 20 à 25 jours après la ponte puis se succèdent 5 stades larvaires en environ 20 jours. Les deux derniers stades présentent des ébauches alaires. Enfin la larve subit une dernière mue imaginale sans phase immobile (Hétérométabole) pour atteindre le stade adulte (*Figure 1*). Afin de se reproduire les mâles émettent des vibrations spécifiques à leur espèce qui sont propagées par les plantes et reconnues par les femelles[2]. Leur cycle biologique permet aux générations de cicadelles de se chevaucher, ce qui complique le suivi et la gestion de ce ravageur(5).

3) dégâts sur culture

3.a) Identification des symptômes

Les piqûres de nutrition vident les cellules, ce qui se traduit par de petites taches circulaires (~1mm) blanches souvent jointives (*Figures 2 & 3*). Lorsque les dégâts sont importants on observe une décoloration généralisée de la feuille (jaunissement) témoignant de la perturbation de la photosynthèse (*Figure 4*). L'observation de larves et d'œufs sous les feuilles permet de confirmer la présence du ravageur(6).



Figure 4 Dégâts sur brins de thym fortement parasités par *Eupteryx decemnotata* (photo personnelle)

Conformation des taches sur vertex et pronotum

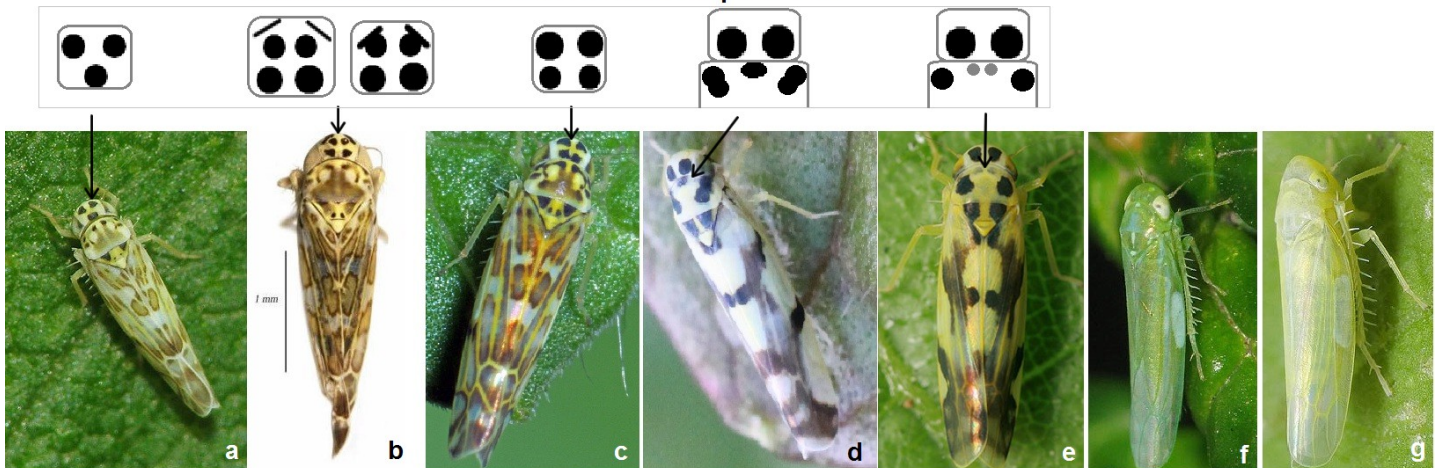


Figure 5 Distinction d'après la conformation des taches sur vertex et pronotum des différentes espèces de cicadelles typhlocybines fréquemment rencontrées en culture de PPAM. a : *Eupteryx melissae* (3mm)[3], b : *E. decemnotata* (2-3mm)(7), c : *E. zelleri*(2-3mm)[3], d : *E. atropunctata* (3,5mm)[3], e : *E. aurata* (3,5-4,5mm) [3], f : *Empoasca vitis*(3-4mm, vert vif)[3], g : *Emelyanoviana mollicula* (3,2-3,6mm, aspect jaunâtre)[3]. Réalisation personnelle d'après (3)(6)(8)(9)

3.b) Incidence des dégâts

Non seulement les piqûres de nutrition perturbent l'activité photosynthétique mais elles entraînent aussi des pertes hydriques. Ce qui conduit souvent à une dépréciation du feuillage et donc un déclassement de la production. Par ailleurs, les piqûres de nutrition représentent des points d'entrée pour des pathogènes comme l'antracnose sur mélisse ou le phoma sur origan. Il faut préciser qu'à la différence des *Cixiidae*, les cicadelles *Typhlocybinae* ne sont pas reconnues comme vectrices de phytoplasmes (2).

4) Identification des cicadelles *Typhlocybines*

NB : la morphologie générale des cicadelles est présentée en annexe 1

Il est très fréquent d'observer plusieurs genres et espèces de *Typhlocybinae* sur la même parcelle avec des périodes de vol légèrement décalées. Afin de suivre efficacement les populations il est indispensable de pouvoir les différencier.

Pour l'identification, les spécialistes se basent sur des critères complexes comme l'observation du génitalia mâle après extraction. Néanmoins l'observation des taches présentes sur le vertex et le pronotum a permis d'identifier la majeure partie des espèces rencontrées lors de l'essai (*Figure 5*). Bien que cette identification ne soit pas basée sur des critères incontestables, elle permet d'avoir un aperçu de la diversité spécifique des *Typhlocybinae* sans compétences entomologiques particulières.

5) Moyens de lutte

5.a) Prophylaxie et pratiques culturales

Les cicadelles typhlocybines sont des ravageurs polyphages possédant de nombreux hôtes alternatifs pas tous identifiés. Néanmoins l'introduction de labiacées à feuillage caduc à proximité de labiacées à feuillage persistant comme le thym est à éviter.

Les ronces des abords de parcelle représentent des réservoirs favorisant une implantation et une prolifération rapide dès la reprise de végétation au printemps. Elles doivent donc être supprimées.

5.b) La lutte chimique

Les traitements insecticides sont peu efficaces pour gérer les populations de cicadelles. Cela s'explique en grande partie par leur cycle de développement court et une période de ponte longue. Cela se traduit par des chevauchements de générations et on retrouve simultanément sur la culture plusieurs stades larvaires protégés sous les feuilles, des œufs insérés sous l'épiderme et des adultes. Ainsi un traitement insecticide tuant principalement les adultes n'aura qu'un effet de courte durée (8). De plus des phénomènes de résistance (par pression de sélection) ont été signalés mais pas



Figure 6 *Orius majusculus* adulte vue dorsale (2,8-3mm) [4]



Figure 7 *Macrolophus pygmaeus* (2,9-3,6mm) [4]



Figure 8 *Dicyphus epilobii* vue dorsale (4mm)[3]



Figure 9 *Nabis ferus* vue dorsale (8-8,5mm) [3]



Figure 10 *Enoplognatha ovata* (3-6mm)[5]



Figure 11 Araignée de la famille des *Theridiidae* consommant une cicadelle.[3]

démontrés(3).

Les produits homologués pour usage sur plantes aromatiques condimentaires (contre « ravageurs divers ») sont néanmoins utilisés comme la spécialité Karaté Zéon® (0.125L/ha) commercialisée par Syngenta[5].

B) Les ennemis naturels des cicadelles typhlocybines

La régulation biologique de ce ravageur est actuellement envisagée par l'utilisation d'un cortège d'auxiliaires dans le cadre d'une lutte biologique par conservation. Le peu d'études sur le sujet ont permis uniquement d'identifier des arthropodes prédateurs et parasites potentiellement intéressants(1), présentés ci-dessous. Néanmoins un certain nombre de micro-organismes (mycète, nématodes...) parasites de cicadelles ont fait l'objet d'études. Par ailleurs, le parasitisme par un champignon entomophage non identifié a déjà été observé(10).

1) Les prédateurs généralistes

1.a) Ordre des Hemiptera

➤ Famille des *Miridae*

De taille inférieure à 12mm, généralement de formes ovales et allongées, les mirides représentent une vaste famille contenant des ravageurs de cultures, piqueurs suceurs de sève. A l'inverse elle contient aussi des punaises prédatrices de bioagresseurs dont certaines sont utilisées en lutte biologique par inondation. Parmi ces prédateurs généralistes, les genres *Orius* (notamment *O. majusculus* (**Figure 6**), *O. laevigatus*), *Macrolophus* (notamment *M. pygmaeus* (**Figure 7**) et *M. cliginosus*) et *Dicyphus* (**Figure 8**) sont fréquemment retrouvés en cultures parasitées par des cicadelles (3).

➤ Famille des *Nabidae*

Cette famille contient uniquement des prédateurs généralistes reconnaissables par leur pattes antérieures « semi-ravisseuses » avec lesquelles ils capturent leur proies. En absence de ces dernières, ces prédateurs régulent leur population par cannibalisme. Le genre *Nabis* sp. (**Figure 9**) est rencontré fréquemment en cultures parasitées par des cicadelles(3).

1.b) Ordre des Araneae

➤ Famille des *Theridiidae*

Dans cette famille se trouve le genre *Enoplognatha* (*E.ovata* et *E. latimana*) (**Figures 10 & 11**). Ces araignées sont capables de détecter les vibrations des cicadelles afin de repérer leurs proies(3), elles semblent donc plutôt spécialisées dans la prédation des cicadelles.



Figure 12 Araignée de la famille des *Salticidae* [3]



Figure 13 *Chrysoperla lucasina* adulte (10-14mm) [6]



Figure 14 *Coccinella septempunctata* larve (8-10mm) (à gauche)[7] et Adulte (6-8mm) (à droite)[3]



Figure 15 *Aphelopus sp.* face dorsale (3mm) [8]



Figure 16 nymphe de cicadelle typhlocybine (2mm) parasitée par *Aphelopus sp.*[2]



Figure 17 *Chalarus sp.* en vue latérale (4mm) [9]

- Famille des *Salticidae* (araignées sauteuses) (*Figure 12*).

Les salticidae se reconnaissent par la taille et la conformation caractéristique de leurs yeux leur octroyant une des meilleures visions parmi les arthropodes (3). Elles sont capables de réaliser des sauts d'une distance impressionnante ce qui en fait d'excellents prédateurs. Cette famille comprend plusieurs espèces où la prédation de cicadelles a été observée(3).

1.c) Ordre des Neuroptera

Chrysoperla lucasina est un auxiliaire potentiel des cicadelles, néanmoins la prédation n'a pas été confirmée (3)(*Figure 13*).

1.d) Ordre des Coleoptera

Coccinella sp. : les coccinelles (larve et adulte) s'attaquent parfois aux jeunes stades de cicadelles(3)(*Figure 14*).

2) Les parasitoïdes

2.a) Ordre des Diptera

- Famille des *Pipunculidae* (*Brachycera*)

Ce sont des endoparasitoïdes Koïnobiontes de larve et de nymphe d'homoptères. Le genre *Chalarus sp.* (*Figure 17*) est un parasite avéré d'*Empoasca vitis* mais à un taux très faible (<5%)(3).

2.b) Ordre des Hymenoptera

Au sein des hyménoptères se trouvent deux genres de parasitoïdes de cicadelles avérés et d'importance majeure :

- Famille des *Drynidae*

Ce sont des ectoparasitoïdes d'adultes et nymphes de *Typhlocybinæ* formant un kyste visible et caractéristique sur la partie latérale de l'abdomen des cicadelles parasitées (*Figures 15 & 16*). Il s'agit majoritairement du genre *Aphelopus sp.*[2].

- Famille des *Mymaridae*

Anagrus sp. et particulièrement *Anagrus atomus*, sont des endoparasitoïdes d'œuf de cicadelle de très petite taille (moins d'un millimètre). *Anagrus atomus* est de loin l'auxiliaire le plus intéressant dans la gestion des cicadelles typhlocybinæ pouvant parasiter plus de 50% des œufs de cicadelle *Empoasca vitis*. Il fait donc l'objet d'une fiche entomologique détaillée présentée ci-dessous.

Tableau 2 : Classification actuelle du genre *Anagrus* sp. [1]

Embranchement	Classe	Ordre	Super-famille	Famille	Genre
<i>Arthropoda</i>	<i>Insecta</i>	<i>Hymenoptera</i>	<i>Chalcidoidea</i>	<i>Mymaridae</i>	<i>Anagrus</i>



Figure 18 *Anagrus* sp., femelle en vue dorsale (0,6mm) (12)



Figure 19 œufs de cicadelles parasités par *Anagrus atomus*(3)

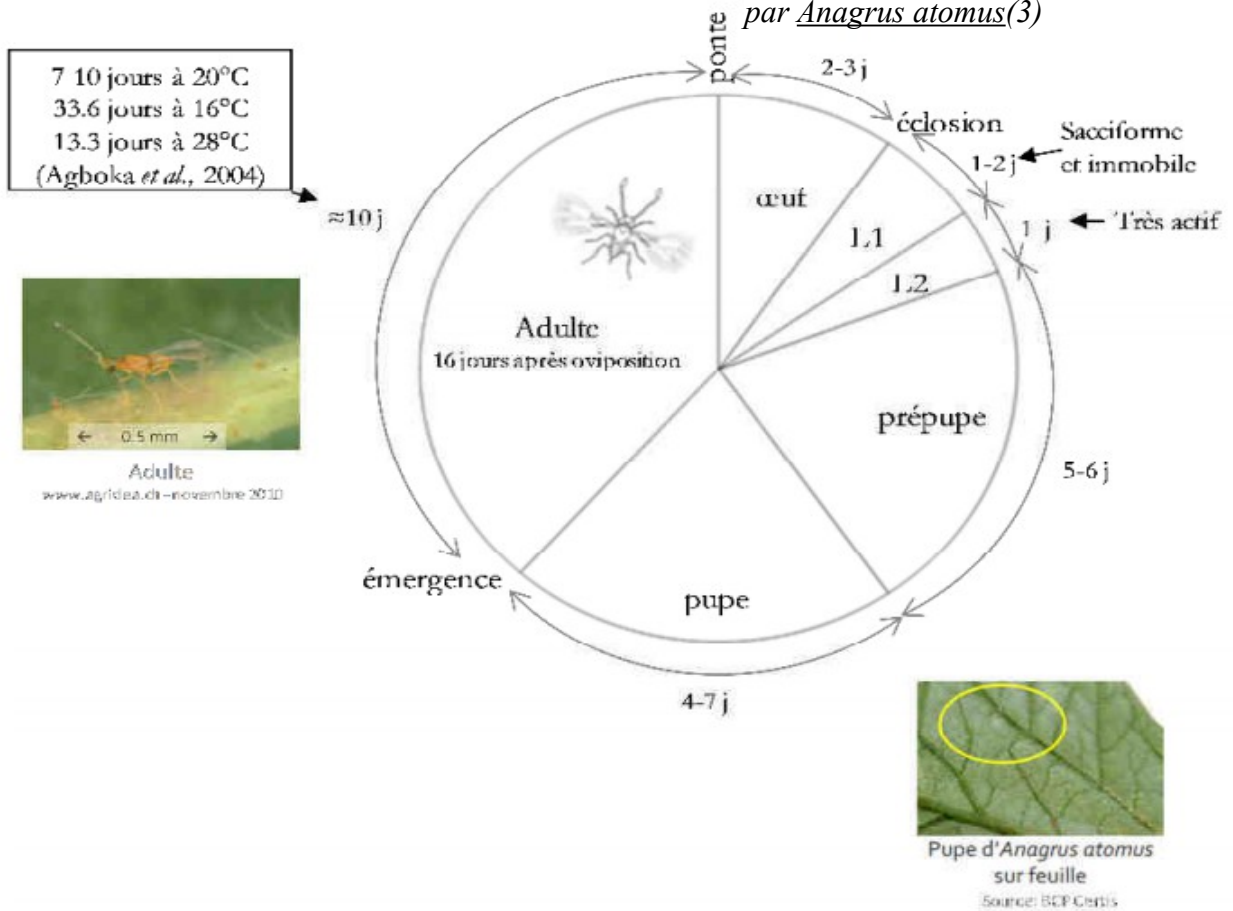


Figure 20 Cycle biologique d'*Anagrus atomus*(3)

2.c) Fiche entomologique : *Anagrus sp.*

➤ *Classification et morphologie*

Anagrus sp. est un micro-hyménoptère de la famille des Mymaridae (*Tableau 2*).

L'adulte, de couleur brun-orange mesure en moyenne 0,6mm avec une envergure de 0,6mm et a la particularité de posséder un abdomen très peu pétiolé (*Figure 18*). La femelle, très majoritaire, possède des antennes de 9 articles, coudées se terminant par une massue. Le mâle possède des antennes filiformes de 13 articles(12). Les deux paires d'ailes sont très peu nervurées et sont frangées de longues soies(9).

➤ *Régime alimentaire*

La larve est un endoparasitoïde d'œufs de cicadelles (*Figure 19*), l'adulte est nectarivore.

➤ *Cycle de développement (Figure 20)*

Anagrus sp. se reproduit par parthénogenèse, ce qui se traduit par un *sex ratio* fortement en faveur des femelles. Il hiverne sous forme d'œufs parasitant les œufs de cicadelles en diapause(13). En conditions favorables, l'œuf d'*Anagrus sp.* éclot au bout de 2-3 jours puis se succèdent plusieurs stades larvaires qui vont se nourrir de l'embryon de cicadelle. La mue imaginale se réalise à l'intérieur de l'œuf parasité et l'adulte émerge 12 à 19 jours après l'oviposition(14). La femelle utilise ses massues antennaires pour tapoter le végétal à la recherche de pontes de cicadelles(15). Une femelle peut pondre jusqu'à 9 œufs et il existe chez cet auxiliaire une concurrence au stade larvaire (1 œuf arrive à maturité/hôte). Les œufs de cicadelles parasités prennent une couleur orange-rouge caractéristique (*Figure 19*). *Anagrus sp.* est un genre multivoltin, il réalise son cycle de développement en 263,2 degrés-jour soit 3 semaines à 20°C(3).

➤ *Taux de parasitisme*

Un taux de parasitisme supérieur à 50%(2) a déjà été constaté et on suppose un taux maximum de parasitisme de 62,5%(13).

➤ *Conditions de développement*

Il semble que l'ensoleillement soit un facteur favorable au développement de cet auxiliaire. Les manques et excès d'humidité sont au contraire des facteurs limitants. La présence de trichomes sur la culture pourrait avoir une influence sur la vitesse de propagation des femelles(3). Enfin *Anagrus sp.* est sensible aux traitements insecticides à large spectre.



Figure 21 Cicadellidae parasité par *Beauveria bassiana* [10]

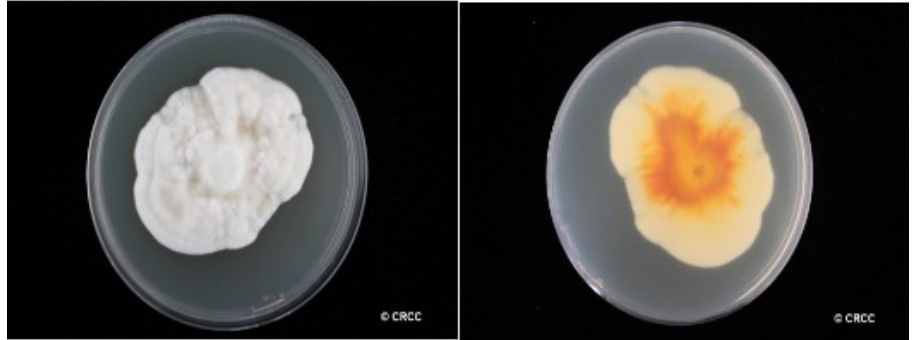


Figure 22 *Beauveria bassiana* Malt-Agar, 21 jours à 26°C. À gauche recto ; à droite verso [11]



Figure 23 *Metarhizium anisopliae* à gauche : sur blatte morte ; à droite sur milieu PDA [12]



Figure 24 *Diaphorina citri* parasité par *Isaria fumosorosea* [13]

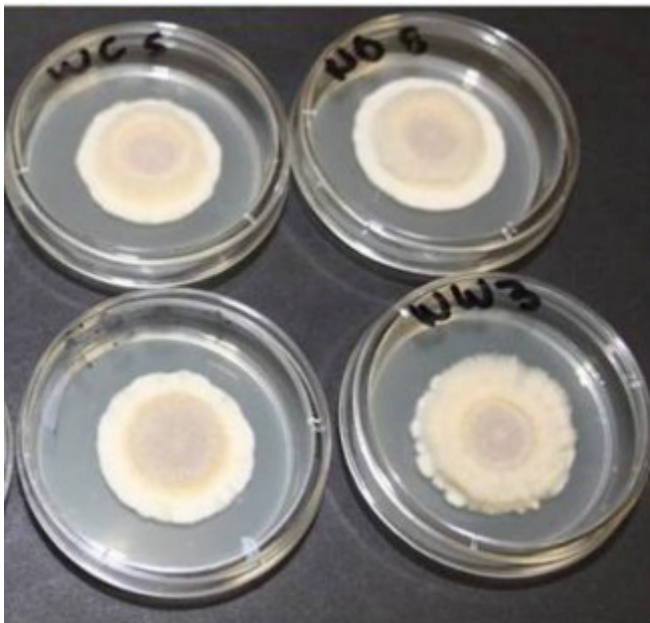


Figure 25 *Isaria fumosorosea* sur milieu PDA [14]



Figure 26 Aleoode parasitée par *Lecanicillium lecanii* [15]

3) Les micro-organismes

3.a) Nématodes

Des études récentes ont démontré l'intérêt de *Steinernema feltiae* (*Rhabditida* ; *Steinernematidae* [1]) comme agent de lutte biologique contre la cicadelle *Eupteryx melissae* (3). Ce nématode entomophage peut être utilisé en aspersion sur les plantes où il parasite les nymphes en pénétrant par la bouche ou l'anus, entraînant la mort de l'hôte par infection bactérienne [16].

3.b) Mycètes

Un certain nombre de champignons entomopathogènes a été étudié pour le contrôle de cicadelles typhlocybines. Ne seront présentés ici que ceux présentant une efficacité intéressante. Ce sont tous des Ascomycètes capables de réaliser la totalité de leur cycle sur les cicadelles parasités.

➤ *Beauveria bassiana* (Figures 21 & 22)

Ce champignon est commercialisé comme agent de lutte biologique pour une grande diversité d'ordres d'insectes (Hémiptères, Lépidoptères, Coléoptères, Blattoptères...). Il semble aussi pathogène pour certains Orthoptères et Diptères. Des essais en laboratoire ont démontré une efficacité d'environ 55% contre *Scaphoideus titanus* (cicadelle de la Flavescence dorée sur vigne)(16). Cependant il semble présenter une faible sélectivité, il paraît donc peu compatible avec la PBI de conservation.

➤ *Metarhizium anisopliae* (Figure 23)

Il s'agit d'un champignon tellurique, pathogène pour une large gamme d'insectes mais il est précisé qu'il existe un grand nombre de souches possédant des gammes d'hôtes spécifiques. Une souche testée sur *Empoasca decipiens* a présenté un taux de mortalité de 95% en 4 jours (17).

➤ *Isaria fumosorosea* (syn. *Paecilomyces fumosoroseus*)[1]. (Figures 24 & 25)

Ce champignon compatible avec la PBI est commercialisé sous forme de spores notamment contre les aleurodes des serres [5]. Il est « le premier insecticide biologique commercialisé en France » [11]. La souche testée sur *E. decipiens* présente un taux de mortalité de 89% en 5 jours (17).

➤ *Lecanicillium lecanii* (syn. *Verticillium lecanicillium*)[1]. (Figure 26)

Ce champignon est aussi commercialisé en France contre diverses aleurodes [5]. Une souche a elle-aussi été testée sur *E. decipiens* avec un taux de mortalité plus faible (65% en 6 jours (17).

II) Contexte & problématique de l'essai

Tableau 3 Installation des IAE (BE : Bande Enherbée ; BF : Bande fleurie)

IAE	Mise en place	Dimensions	Détail	Composition
BE Thym	Déjà en place	50 x 150m	Prairie permanente	Dominance Ray-Grass Italien et Fétuque élevée
BF Thym	Semée le 23/03	3 x 40m	Semée à la volée	FLOREGUL (2016)
Témoin Thym	Dés herbé le 21/03		Travail du sol	Sol nu



Figure 27 La bande enherbée de l'essai thym le 26 mai (photo personnelle)



Figure 28 La bande fleurie de l'essai thym le 30 mai (photo personnelle)

Tableau 4 Composition de la bande fleurie, couleur et période de floraison, extrait du protocole FLOREGUL après suppression des espèces non-retenus (18)

Famille	Nom latin	Nom commun	Floraison							Couleur	
Apiacées	<i>Coriandrum sativum</i>	Coriandre cultivée									
Apiacées	<i>Foeniculum vulgare</i>	Fenouil commun								jaune	
Astéracées	<i>Calendula officinalis</i>	Souci officinal								jaune	
Astéracées	<i>Centaurea cyanus</i>	Bleuet des champs								bleu	
Astéracées	<i>Matricaria recutita</i>	Camomille sauvage								jaune	
Boraginacées	<i>Phacelia tanacetifolia</i>	Phacélie								bleu	
Brassicacées	<i>Sinapis alba</i>	Moutarde blanche								jaune	
Fabacées	<i>Vicia sativa</i>	Vesce cultivée								violet	
Malvacées	<i>Malva sylvestris</i>	Mauve sylvestre								rose	
Polygonacées	<i>Fagopyrum esculentum</i>	Sarrasin								rose	
			avril	mai	juin	juille	août	sept	oct	nov	
Nombre d'espèces potentiellement au stade floraison			3	6	12	13	13	12	7	2	

1) La culture de thym

Le thym commun (*Thymus vulgaris* L.) est un arbrisseau à tiges ligneuses et à feuillage persistant cultivé pour un usage aromatique condimentaire (feuilles) et médicinal (Huile essentielle). Comme beaucoup d'autres labiacées, il est adapté aux climats chauds et secs en période estivale (xérophYTE). Il craint fortement les excès d'humidité et se plante donc de préférence sur un sol très drainant.

Le thym est une culture à haute valeur ajoutée et représente 290 ha de production en France en 2010 (donnée France Agrimer). Son utilisation en aromatique condimentaire ne tolère aucune dépréciation du feuillage. Ainsi les dégâts des cicadelles typhlocybines sur cette culture représente une problématique particulièrement importante.

2) Les infrastructures Agro-Écologiques

2.a) La bande enherbée (Figure 27)

L'utilisation de bandes enherbées a pour but de favoriser l'implantation de prédateurs généralistes, notamment en leur offrant des refuges sous le couvert végétal. Son impact sur la régulation naturelle de *Psila rosae* a déjà fait l'objet d'un essai en 2015 sur le site du Fresne (poursuivit en 2016). Malgré des résultats statistiquement peu concluants, il semble que ces bandes soient favorables à l'implantation d'araignées prédatrices (auxiliaires généralistes)(19). Étant donné le coût non-négligeable des semences de la bande fleurie, il semble pertinent de comparer ces deux IAE afin de définir si l'utilisation de bandes fleuries est économiquement justifiable.

2.b) La bande fleurie FLORÉGULE (Figure 28)

La bande fleurie a pour but d'offrir refuge, pollen et nectar extra-floral pour favoriser l'arrivée et le développement d'auxiliaires, tout en limitant les risques d'arrivée de ravageurs polyphages. Certaines espèces composant la bande fleurie jouent aussi un rôle de plante réservoir en attirant des ravageurs spécifiques qui n'auront pas la possibilité de parasiter la culture. Ces derniers représentent néanmoins une source d'alimentation potentielle pour des prédateurs généralistes qui pourront par la suite prédateur les ravageurs de la culture et ainsi participer à leur régulation.

Sa composition est issue d'un travail de recherche réalisé par Sandrine Huet, Bruno Jaloux et Yann Tricault (équipe Écologie et Génétique des Insectes, INRA) dans le cadre du projet Florégule (CASDAR 2014-2017). Ce mélange a déjà été testé par Alexis Villeneuve en 2015(18), ce qui a conduit à la suppression de trois espèces du mélange jugées peu intéressantes. Le **Tableau 4** présente la composition utilisée pour cette étude.

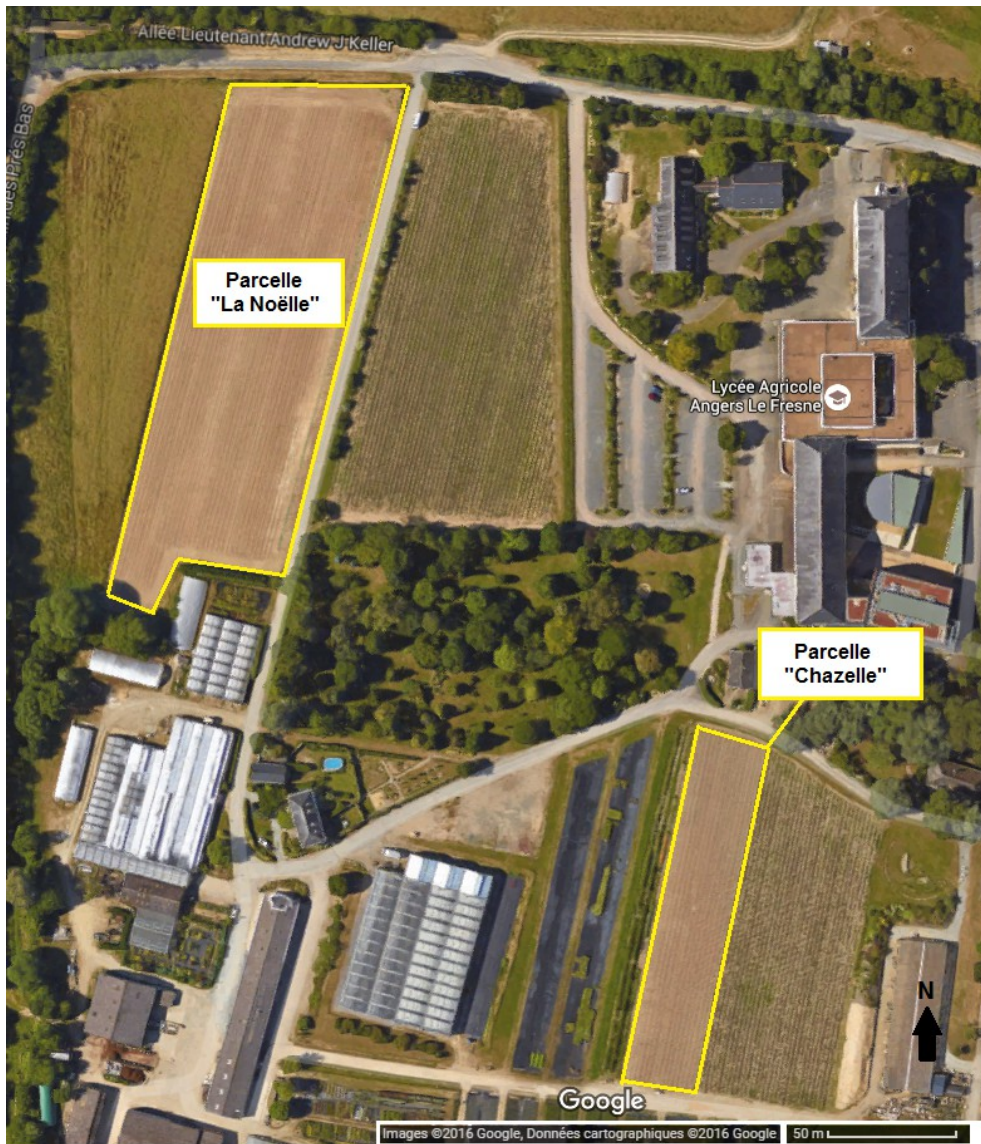


Figure 29 Vue aérienne des parcelles de thym mises à disposition de l'essai



Figure 30 Plant de thym dépérissant
(photo personnelle)

3) Environnement de l'essai

3.a) Localisation de l'essai

Pour cette étude l'EPLEFPA Angers-Le Fresne a mis à disposition deux parcelles de thym plantées se situant à 300m l'une de l'autre sur le site de l'exploitation (*Figure 29*).

3.b) Diagnostic & itinéraire cultural des parcelles suivies

Les deux parcelles originelles, nommées respectivement « Chazelle » et « La Noelle » (*Figure 29*) ont été plantées en mai 2015. Au cours de l'année 2016, une seule fertilisation azotée (ammonitrates) a été réalisée le 15 mars. La gestion des adventices est réalisée par binage mécanique suivi d'un traitement herbicide anti-monocotylédones. Cette action a été réalisée une première fois le 23 mars, une deuxième fois mi-juin.

Les parcelles sont conduites de la même façon, les thyms sont disposés en double-rang orientés Nord-Sud avec un espacement sur rang de 0,30m et inter-rang de 0,90m-0,50m-0,90m. La coupe a été réalisée durant la semaine du 23 mai.

Ces parcelles sont composées de deux cultivars de Thym à proportions variables et avec une disposition anarchique. Le Thym à thujanol (*Thymus vulgaris* ct. *thujanoliferum*), qui est majoritaire, produit une huile essentielle de haute qualité mais est plus adapté à un climat méditerranéen et souffre particulièrement des excès d'humidité[9][17]. Il se distingue par des feuilles de petite taille. Le thym à linalol (*Thymus vulgaris* ct. *Linaloliferum*), ayant un intérêt économique moindre semble aussi moins exigeant d'un point de vue agronomique. Il paraît moins sensible à l'humidité et se développe plus rapidement, ce qui conduit à une hétérogénéité des plants. Il possède des feuilles plus grandes et une floraison plus tardive. Les deux cultivars sont touchés par un dépérissement localisé des rameaux du cœur du plant (*Figure 30*). D'après la bibliographie il s'agirait d'une maladie cryptogamique vasculaire provoquée par un champignon tellurique de genre *Pythium* ou *Fusarium* (20), liée à une humidité du sol trop importante pour des plantes xérophytes. Le fait que le thym à thujanol soit fortement plus touché aurait tendance à confirmer cette hypothèse. Une faible présence de chrysomèles, de chenilles défoliatrices (noctuelles) et de « cicadelles écumeuse », *Philaenus spumarius* (*Cicadomorpha: Cercopidae*) a été constatée (21).

Les deux parcelles originelles sont implantées dans des environnements très différents :

La parcelle « Chazelle » se situe dans un environnement ouvert et à proximité de production de pépinière. Elle possède un sol très caillouteux, superficiel et drainant. La parcelle « La Noëlle », implantée à proximité d'une zone de rétention de la Maine se situe dans un environnement assez fermé avec l'influence d'une haie de ripisylve à moins de

50m à l'Ouest. Elle possède un sol plus riche et profond, se ressuyant moins vite, ce qui entraîne une croissance plus rapide de la culture mais aussi des phénomènes de dépérissement plus importants.

4) Objectifs de l'essai

Cet essai mis en place pour deux ans a pour but d'évaluer l'intérêt de la mise en place de deux types d'Infrastructures Agro-Écologiques pour limiter l'impact des cicadelles typhlocybines en culture de thym. Il est donc indispensable de suivre l'évolution de la population de cicadelles ainsi que les dégâts qu'elle occasionne. La régulation potentielle de ces ravageurs étant envisagée par l'attraction de leurs ennemis naturels, il faut être en mesure de caractériser au mieux la biodiversité d'arthropodes bénéfiques.

Cette première année d'étude a pour objectifs de mettre au point un protocole permettant la mesure et la comparaison de l'ensemble de ces variables et de définir les auxiliaires ayant un rôle prépondérant dans la régulation des *Typhlocybinae*. Elle devra aussi permettre d'obtenir des premiers résultats quant à l'attractivité des IAE testées pour ces auxiliaires. De façon plus générale, le but de cette première année est de rassembler le plus d'informations pouvant participer à l'élaboration d'une réponse à la problématique **« Comment favoriser la régulation biologique des populations de cicadelles en culture de thym par la mise en place d'Infrastructures Agro-Écologiques ? »**

III) Expérimentation

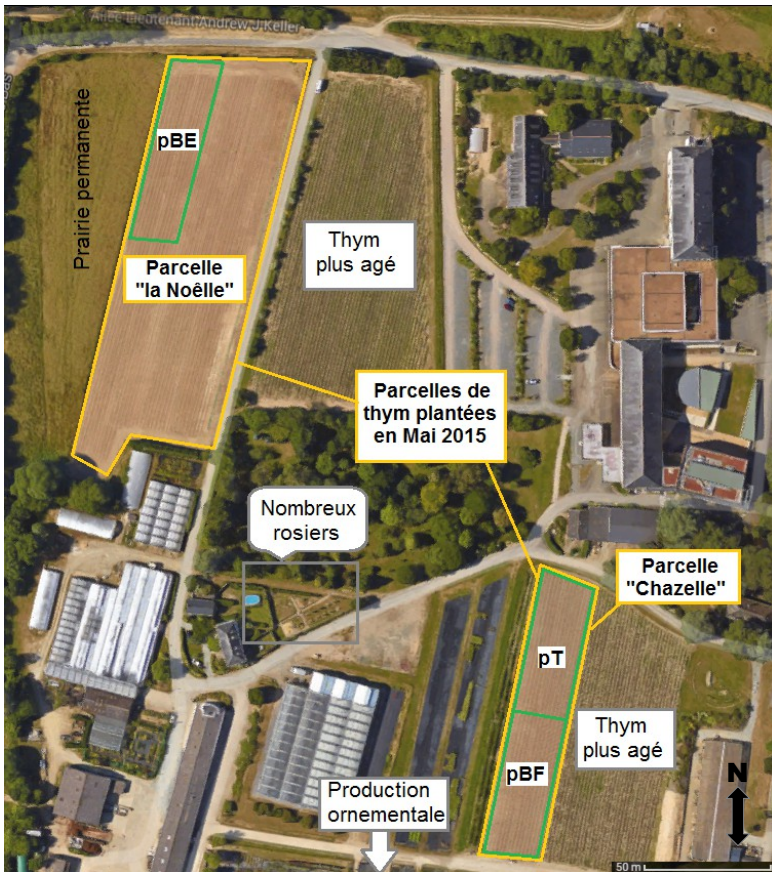


Figure 31 Vue aérienne des parcelles suivies sur le site du Fresne et leur environnement



Figure 32 Plaque chromo-attractive jaune utilisé pour le suivi des cicadelle sur thym (photo personnelle)

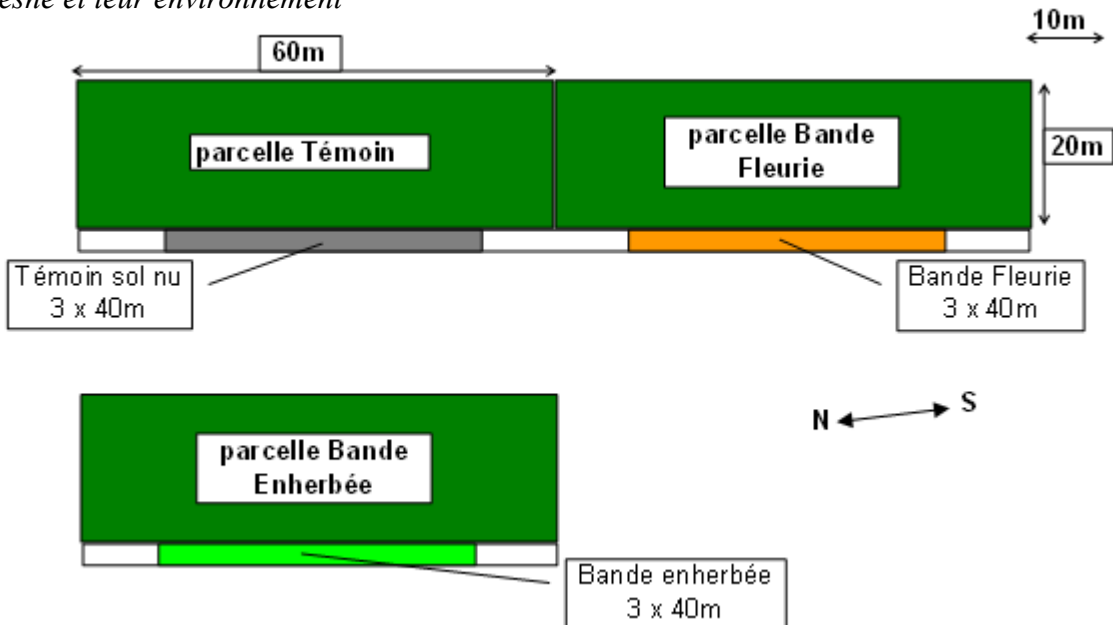


Figure 33 Plan général de l'essai sur Thym

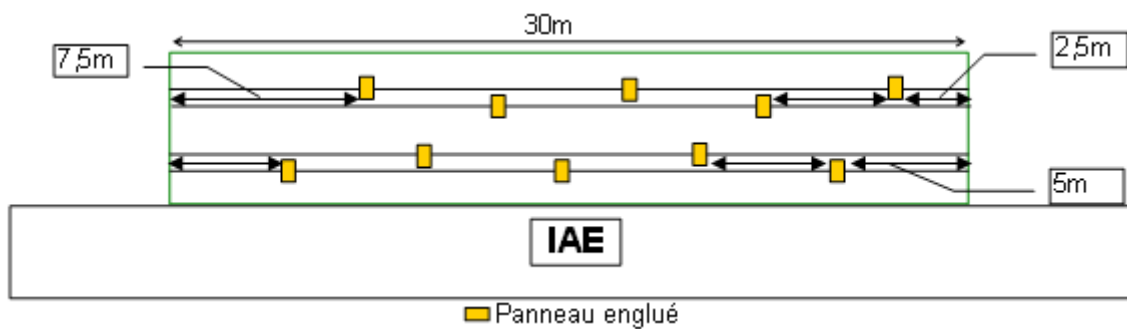


Figure 34 Schéma du dispositif de piégeage des adultes de l'essai sur Thym

A) Matériels et méthodes utilisés (protocole complet présenté en *annexe 3*)

1) Présentation générale du dispositif

En production de PPAM les bordures de parcelles sont fréquemment entretenues pour limiter la colonisation de la parcelle par les adventices. Afin de comparer les deux IAE présentées précédemment à des conditions représentatives d'une situation de production, il est nécessaire d'y associer une modalité témoin dont la bordure est un sol nu de mêmes dimensions que les IAE.

Ce dispositif se compose donc de trois unités expérimentales nommées respectivement : « **pT** » (parcelle Témoin sol nu), « **pBE** » (parcelle Bande Enherbée) et « **pBF** » (parcelle Bande Fleurie). Pour répondre aux exigences de cette étude, la parcelle « Chazelle » a été divisée afin de disposer au total de trois parcelles expérimentales. Chacune de ces parcelles mesurant 20 x 60m pour une surface de 1200m² représente une unité expérimentale (*Figure 31 & 33*). Les IAE de dimensions 3 x 40m sont implantées à proximité immédiate de la culture.

NB : La bande enherbée est en réalité une prairie permanente de dimensions plus importantes (Figures 27 & 31) .

2) Les variables mesurées

1.a) Suivi des adultes

Le suivi des populations de cicadelles peut se faire par comptage des larves mais cela ne permet pas d'identifier les espèces présentes. Il semble donc plus pertinent de suivre les population d'adultes. Comme vu précédemment, la sous-famille des cicadelles typhlocybines (*Thyphlocybinae*) comporte de nombreuses espèces peu étudiées individuellement et parfois difficilement distinguables.

➤ *Matériels utilisés*

Le suivi est réalisé à l'aide de plaques engluées chromatiques jaunes, l'identification se fait à l'aide d'une loupe binoculaire.

➤ *Méthodes utilisées*

Le piégeage sur panneaux englués sert plus généralement à des fins de détection (OAD) ou de piégeage de masse. Afin d'obtenir un piégeage représentatif de la population, il est plus pertinent de multiplier les pièges de petite taille afin d'avoir plusieurs répétitions sans faire de piégeage de masse[18]. Ainsi, il a été décidé de disposer 10 pièges/modalité de 7,5 x 7,5cm (*Figures 32*) répartis de façon homogène à l'intérieur de la zone de notation (*Figures 34*). Les recherches bibliographiques ont conduit à effectuer un comptage du

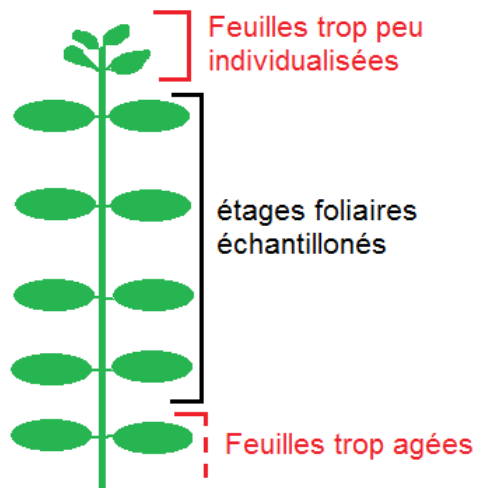


Figure 35 Schéma d'un brin de thym prélevé

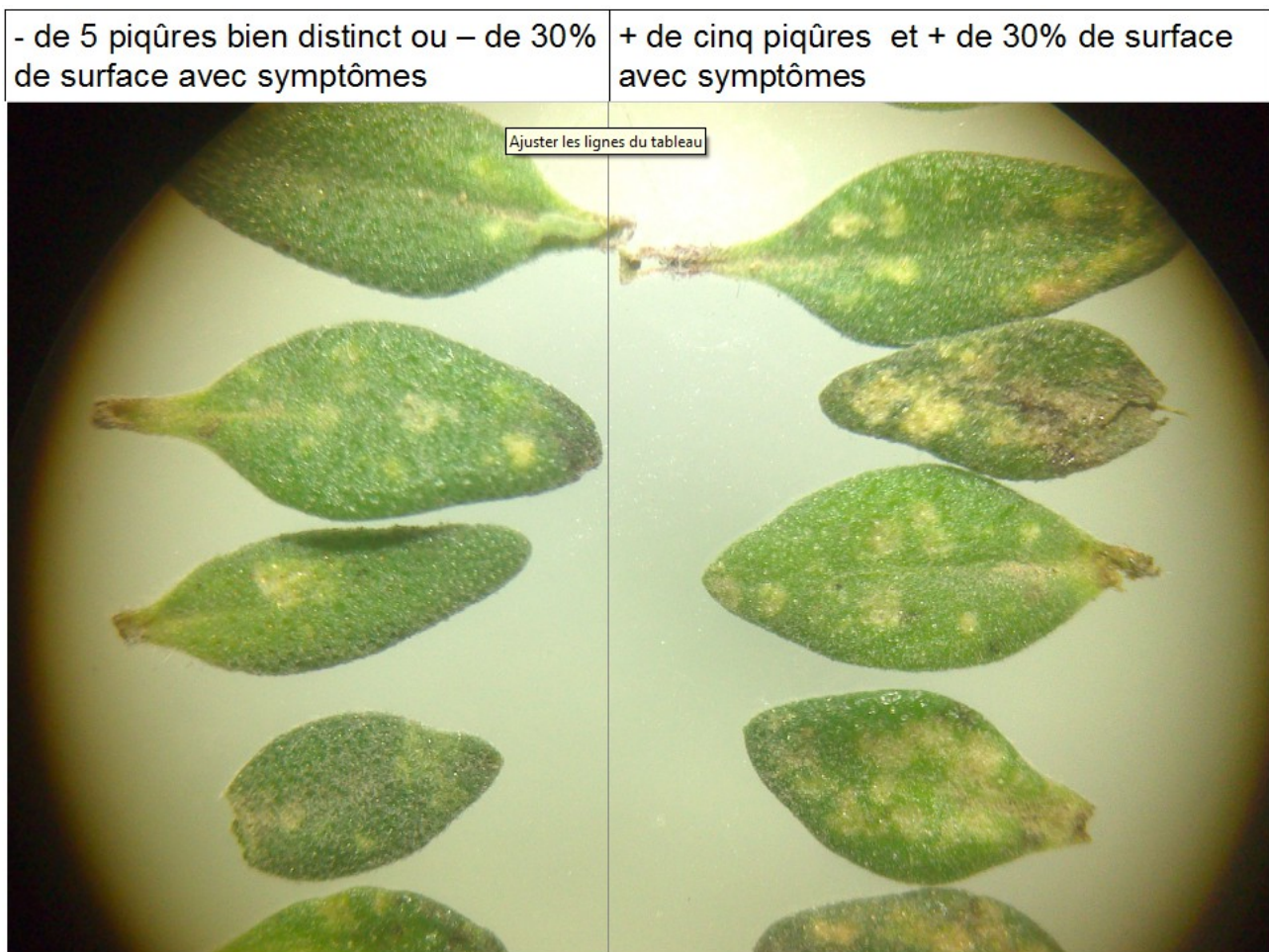


Figure 36 Grille utilisée pour la notation des dégâts sur thym (photo personnelle)

nombre de cicadelles adultes piégées, toutes les semaines, en s'appuyant sur les résultats de suivi des populations de cicadelles réalisés par l'ITEIPMAI en 2014 qui montrent l'importance de relever et de changer les pièges toutes les semaines afin d'identifier les pics de vol(6).

Pour un piégeage efficace, la hauteur des pièges doit être comprise entre 5 et 62cm(8). Les pièges sont donc disposés à côté des plants (inter-rang) de telle sorte que le sommet du piège arrive à hauteur de végétation. Enfin l'orientation des panneaux, perpendiculaire aux rangs, a permis de piéger sur les deux faces du panneau de façon homogène et d'éviter qu'une face soit saturée lors des pics de population.

Pour des raisons de temps et de moyen humain, l'identification des espèces présentes n'est réalisée qu'une fois par mois sous loupe binoculaire. Cette identification se fait à partir des cicadelles piégées sur plaques engluées, après récupération du matériel entomologique à l'aide d'un solvant (Eau écarlate®). Cela permet de définir les espèces présentes et d'identifier laquelle est majoritaire.

NB : Le comptage s'est fait sur les cicadelles correctement conservées (présence des 3 tagmes)

2.a) Suivi des dégâts

➤ *Méthodes utilisées*

NB : aucune notation de dégâts de cicadelles sur thym n'a été trouvée dans la bibliographie. Cela s'explique par la petite taille des feuilles, recouvertes de nombreuses pilosités et trichomes, rendant les observations difficiles.

• *Échantillonnage*

Pour le suivi des dégâts sur culture, la taille minimale d'un échantillon dépend fortement de la sévérité de l'attaque et du critère de notation[18]. En prenant en compte la présence importante de cicadelles et la notation binomiale des dégâts, il a été décidé, après concertation des différents acteurs du projet, qu'un échantillon de 400 feuilles permettrait un suivi efficace des dégâts. Une observation de la présence de larves sur les différents étages foliaires a permis de définir le nombre et la position des feuilles à relever par brin.

L'échantillonnage concerne donc uniquement les feuilles principales des 4 premiers étages foliaires bien individualisés (*Figure 35*) sur 50 brins ($50 \times 4 \times 2 = 400$) de l'année, non-fleuris prélevés de façon homogène à l'intérieur de la zone de notation.

• *Notation des dégâts (Figure 36)*

La notation des dégâts est réalisée en laboratoire, toujours par les deux mêmes observateurs, selon un plan d'échantillonnage binomiale :

- *présence de moins de 5 piqûres ou – de 30%de surface avec symptômes*



Figure 37 Le piège Barber (photo personnelle)



Figure 38 Le piège vitre à hauteur variable (photo personnelle)



Figure 39 : Le couple de pièges cornet (photo personnelle)

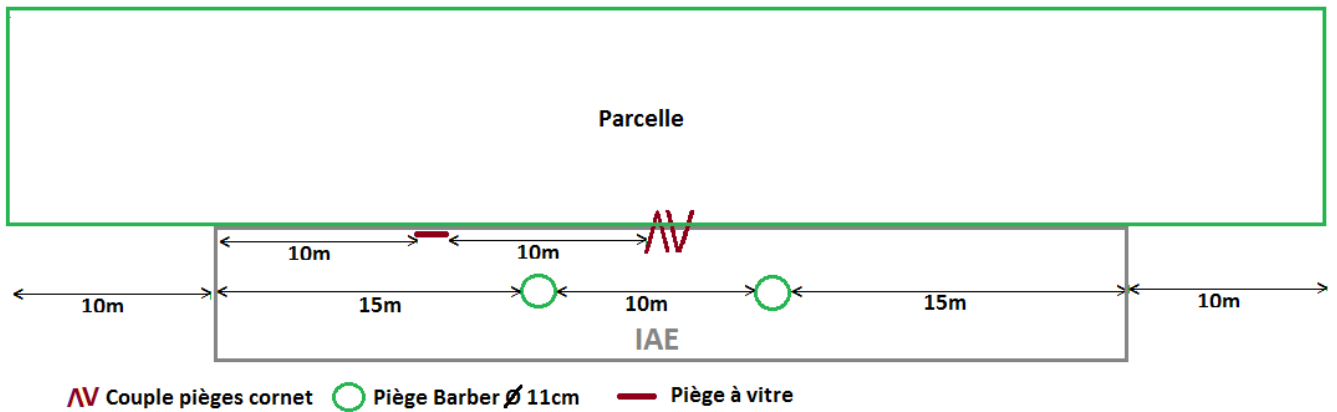


Figure 40 Plan du dispositif de capture de l'entomofaune Floregul

- présence de plus de 5 piqûres et + de 30% de surface avec symptômes

2.b) Suivi de la faune auxiliaire

➤ état de l'art

Cet essai fait suite au projet Florégul (CASDAR 2014-2017) qui a permis l'élaboration d'un protocole de capture de l'entomofaune, réalisé par Alexis Villeneuve en 2015 (18). Le suivi des auxiliaires est donc basé sur ce protocole proposant différents pièges ciblant chacun un mode de déplacement précis. Néanmoins, ce dispositif n'est pas spécifique des auxiliaires associés aux cicadelles typhlocybines. Une étude bibliographique a permis de justifier l'emploi de ces pièges mais a démontré une faille dans ce protocole de piégeage. En effet, il n'est pas adapté au piégeage d'insectes de très petite taille (< 0,8mm) comme la famille des *Mymaridae* (*Hymenoptera*) dans laquelle se trouve notamment le genre *Anagrus* sp., parasite majeur des cicadelles typhlocybines (partie synthèse bibliographique).

➤ Matériels utilisés :

Le piégeage des auxiliaires se fait à l'aide de 2 pièges Barber Ø11cm par modalité (*Figure 37*) (6 au total), d'un Piège Vitre à Hauteur Variable (PVHV) par modalité (*Figure 38*) (3 au total) et d'un couple de pièges cornet par modalité (*Figure 39*) (3 couples au total). Les pièges Barber et les PVHV sont remplis avec un liquide de conservation (eau, sel 125g/l d'eau, liquide vaisselle inodore) alors que les pièges-cornet sont remplis avec de l'alcool à 40°. Les panneaux chromo-attractifs englués jaunes (utilisés pour le suivi des cicadelles) sont aussi utilisés pour le suivi des auxiliaires.

Le relevé nécessite un tamis à thé, des piluliers à insectes et de l'alcool à 70° pour la conservation. Le tri s'effectue sous loupe binoculaire à l'aide de clefs de détermination.

➤ Méthodes utilisées

- piégeage et relevé

Le suivi des auxiliaires est réalisé par la mise en place tous les mois du dispositif de piégeage Florégul dont le plan est présenté en *figure 40*. Les pièges sont disposés pendant 7 jours puis le matériel entomologique est prélevé. Les pièges vitres et les couples de pièges cornet, disposés à l'interface de la culture et l'IAE, permettent un piégeage des insectes volants. Ils présentent l'avantage de piéger séparément les insectes selon leur sens de déplacement. Les pièges vitre interceptent efficacement les insectes lourds comme les coléoptères et les punaises (*Hemiptera*).. Les pièges cornet sont plus adaptés au piégeage d'insectes « bon voilier » comme les diptères, les lépidoptères et les hyménoptères. Les pièges Barber permettent de suivre les populations d'arthropodes se déplaçant majoritairement au sol comme les araignées et certains

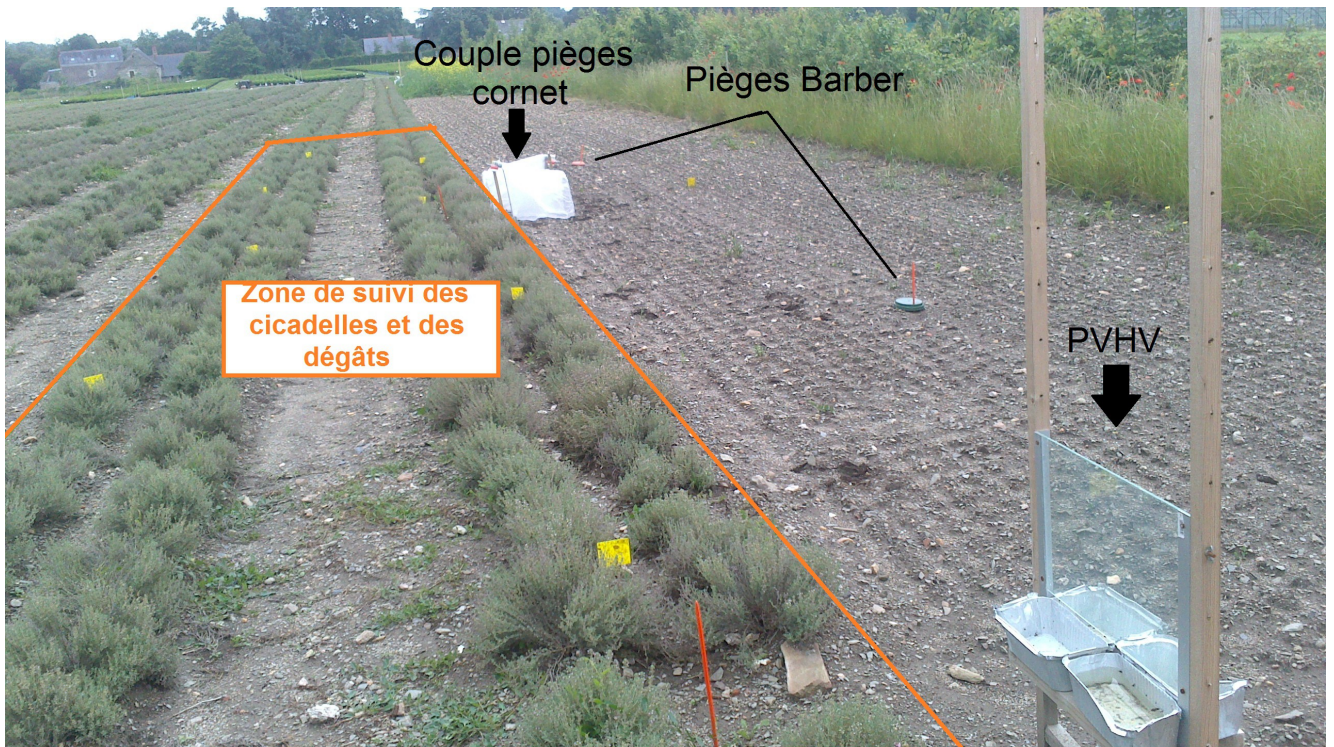


Figure 41 : Résumé du dispositif de suivi des variables (photo personnelle)

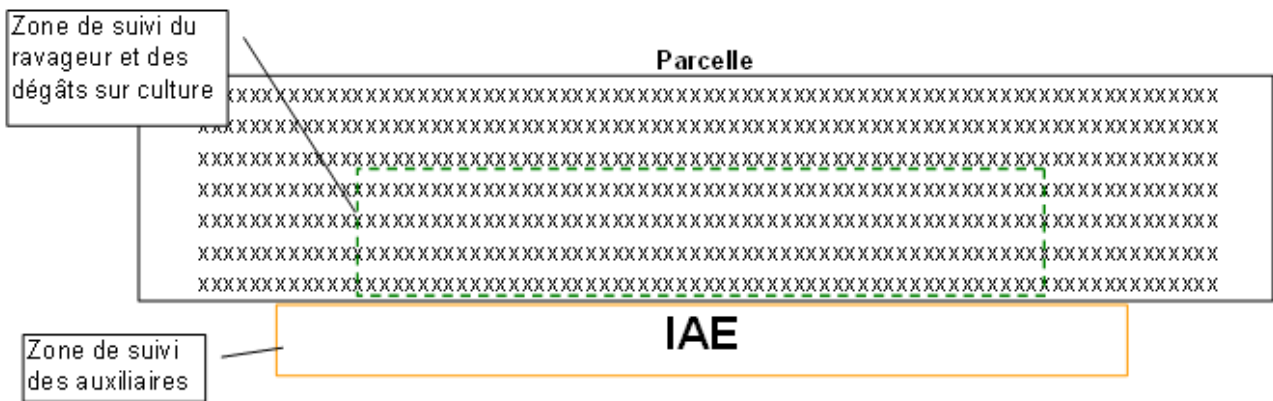


Figure 42 Plan général d'une unité expérimentale

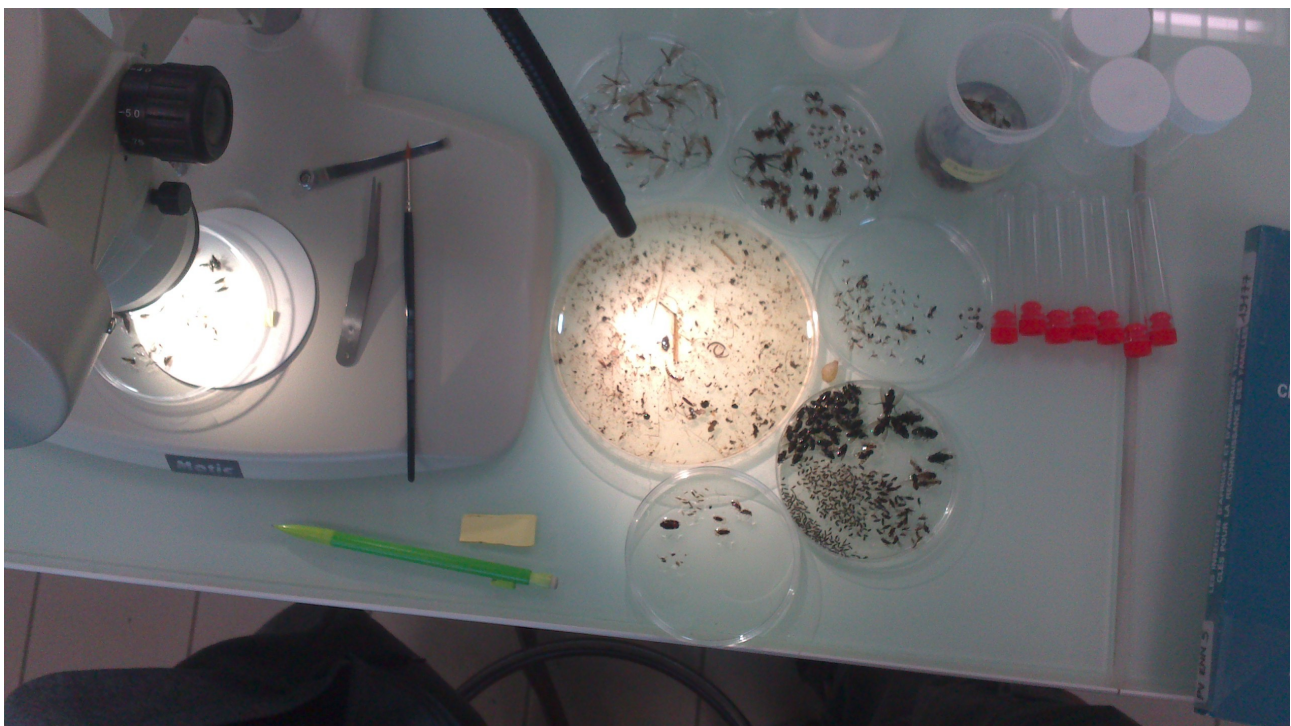


Figure 43 Relevé d'arthropode en cours de trie (photo personnelle)

coléoptères(18).

Le relevé des pièges, réalisé à l'aide d'une pince à insectes souple et d'un pinceau après filtration au travers d'un tamis à thé, ne permet pas un suivi efficace du genre *Anagrus sp.* (*Hymenoptera, Mymaridae*).

Une observation sous loupe binoculaire des plaques jaunes servant au suivi des cicadelles a permis d'identifier la présence d'un micro-hyménoptère sur l'ensemble des parcelles étudiées. Après identification sous microscope, il s'est avéré être du genre *Anagrus sp.*. Il a donc été décidé de suivre séparément ce parasitoïde de cicadelles par comptage sur plaques jaunes tous les 15 jours, lors du relevé des cicadelles adultes.

NB : les *figures 41 et 42* résument les zones de suivi des variables.

- *Tri et identification morphotypique (Figure 43)*

L'entomofaune capturée est triée sous loupe binoculaire selon la méthode RBA (Rapid Biodiversity Assessment). Le protocole suivi consiste à classer les arthropodes en premier lieu par Ordre puis par une identification la plus précise possible, selon le temps disponible et les compétences d'identification acquises (l'objectif minimum fixé est une identification de la Famille). Enfin, un classement morphotypique est réalisé sur la base de critère(s) visuel(s) **valable(s)**, recensés sur un tableur excel (exemple : la taille est un critère valable uniquement pour les insectes holométaboles).

Les morphotypes ainsi caractérisés permettent des interprétations statistiques et la composition d'une collection de référence pouvant être ré-exploitées lors de la poursuite des essais en 2017. (La liste des morphotypes caractérisés est présentée en *annexe 4*)

3) Traitement statistique des résultats obtenus

3.a) Étude des dynamiques de populations

Une représentation graphique de la dynamique des populations de cicadelles et d'*Anagrus sp.* est présentée et interprétée. L'objectif est de pouvoir identifier les pics de vol de la cicadelle, l'évolution des populations selon les modalités et d'apprécier le rôle de régulation d'*Anagrus sp.* Cela permet par ailleurs d'identifier d'autres effets de régulation ainsi que d'éventuels effets de diffusion.

La corrélation entre les populations de cicadelles et du parasitoïde est évaluée par un test de régression linéaire basée sur la loi F de Fisher-Snedecor.

3.b) Évaluation des critères de suivi des cicadelles et des dégâts

Afin d'évaluer la pertinence du suivi de ces deux variables, leur représentation graphique est présentée et analysée. La relation entre l'évolution des dégâts et des populations de cicadelles est par la suite testée par régression linéaire.

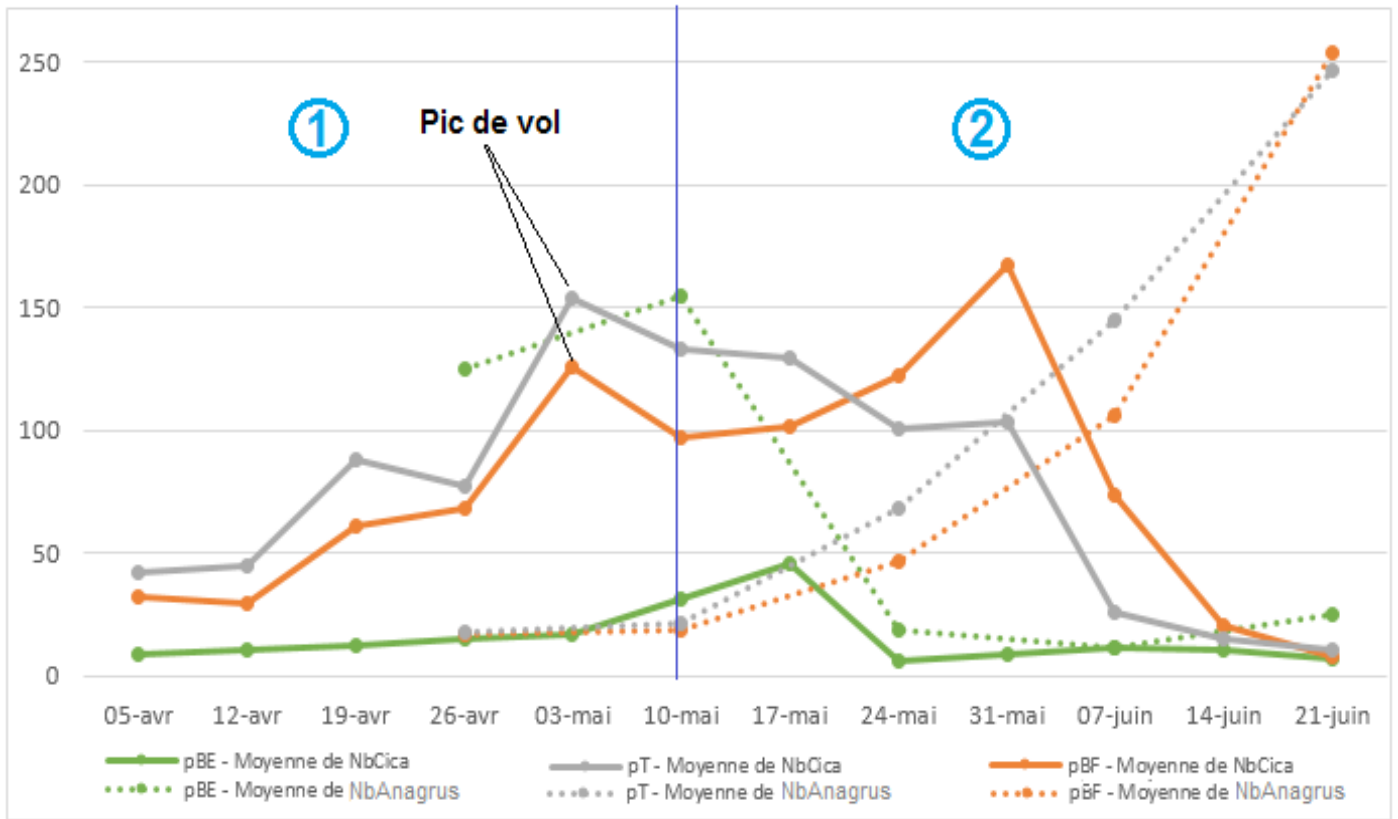


Figure 44 Dynamique des populations de cicadelles et d'Anagrus sp. selon la modalité ; 1 : avant l'arrivée du champignon ; 2 : après l'arrivée du champignon



Figure 45 Cicadelle parasitée retrouvée sous les feuilles (2mm)

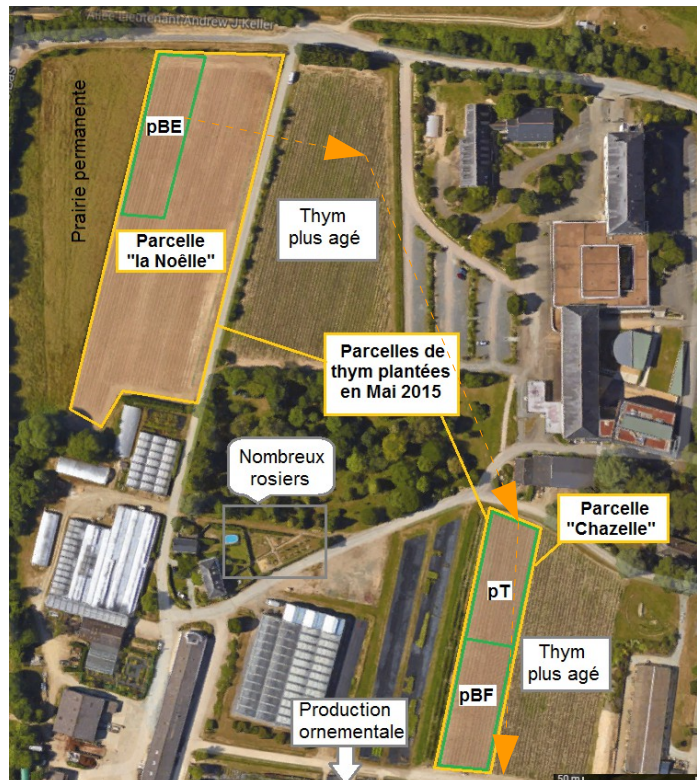


Figure 46 Vue aérienne du site montrant le sens de diffusion du champignon envisagé

3.c) Mesure de l'influence de variable(s) non-contrôlée(s)

L'essai étant réalisé en plein champ, certains paramètres sont en mesure de perturber le suivi de l'étude. L'apparition d'une variable non-contrôlée potentiellement intéressante dans le cadre de la régulation des cicadelles typhlocybines a été constatée. Une analyse graphique de son influence est présentée.

3.d) Étude de la diversité morphotypique d'arthropodes piégés

Les résultats obtenus par le dispositif de piégeage des arthropodes sont présentés en premier lieu sous forme de diagrammes de Venn, basé sur la diversité morphotypique piégée. Cela permet d'avoir un aperçu de la diversité d'arthropodes capturés selon le type d'IAE et la période de relevé. Le nombre d'arthropodes piégés par modalité est comparé par un test du χ^2 de comparaison.

3.e) Comparaison des populations d'auxiliaires piégés

Un des objectifs majeurs de cette étude est de mesurer l'impact des IAE sur la biodiversité fonctionnelle. Il faut donc s'intéresser plus particulièrement aux arthropodes bénéfiques à la culture. L'identification étant réalisée par morphotypes de familles, une sélection des familles d'intérêt (comprenant des auxiliaires du thym) a été réalisée. Cela a permis de comparer les populations de chaque modalité. Ainsi, il est possible de comparer la biodiversité fonctionnelle présente sur les différentes IAE, en premier lieu dans son ensemble, puis les prédateurs avérés de cicadelles de façon individuelle. La comparaison est basée sur des tests du χ^2 de comparaison.

B) Résultats & discussion

1) Présentation des résultats

1.a) Dynamiques des populations de cicadelles et d'*Anagrus sp.*

Les cicadelles présentes sur les parcelles de thym sont représentées en très grande majorité par le genre *Eupteryx decemnotata*, ce qui apporte l'avantage de pouvoir identifier les pics de vol. La *figure 44* montre les résultats du suivi par piégeage des cicadelles et d'*Anagrus sp.* sur les 3 modalités. Dans la partie ① la modalité pBE présente une population de cicadelles basse avec une croissance faible et linéaire, et une population élevée d'*Anagrus sp.* Les modalités pBF et pT présentent quant à elles une infestation importante par les cicadelles avec une croissance à tendance exponentielle et une présence faible d'*Anagrus*. Ces observations auraient tendance à démontrer qu'il y a une interaction trophique forte entre ces deux insectes. Un premier pic de vol des cicadelles sur les modalités pBF et pT a été identifié aux alentours du 3 mai.

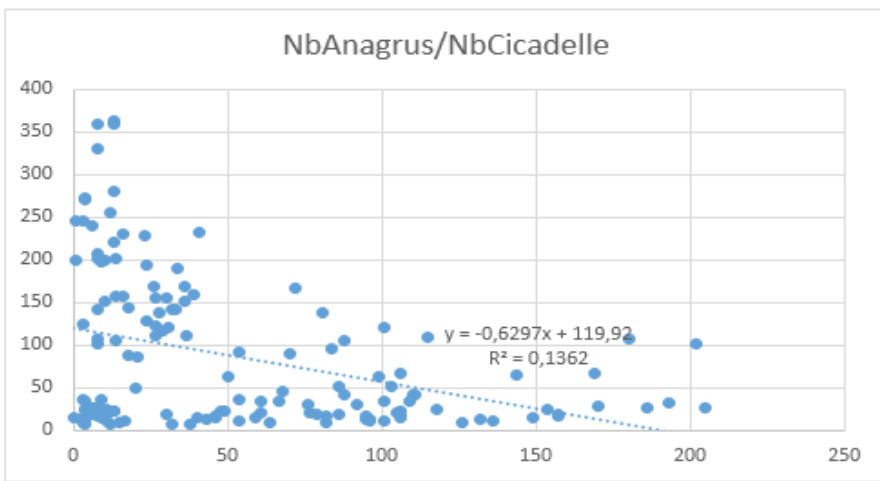


Figure 47 Cicadelles piégées (x) en fonction du nombre d'*Anagrus* sp. (y) piégés sur le même panneau

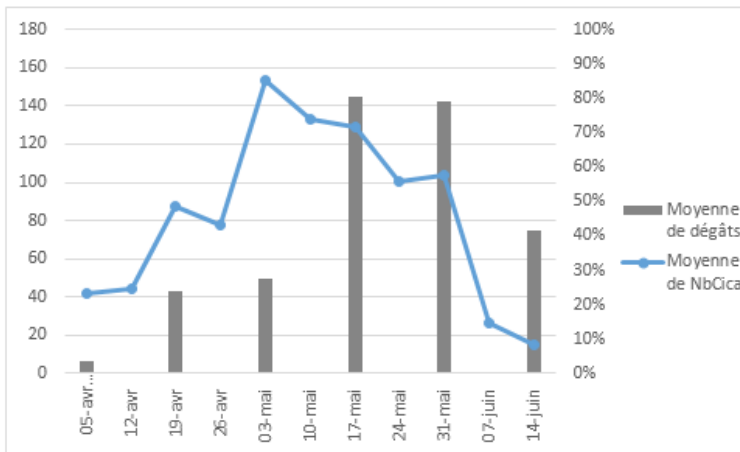


Figure 48 Évolution des dégâts (%) et des cicadelles piégées sur pT

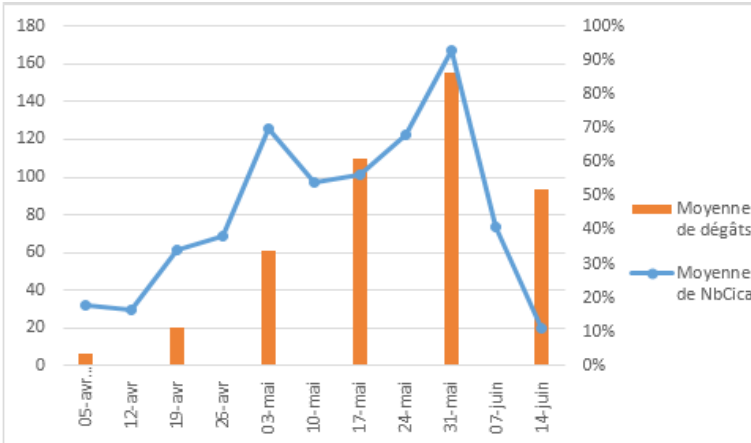


Figure 49 Évolution des dégâts (%) et des cicadelles piégées sur pBF

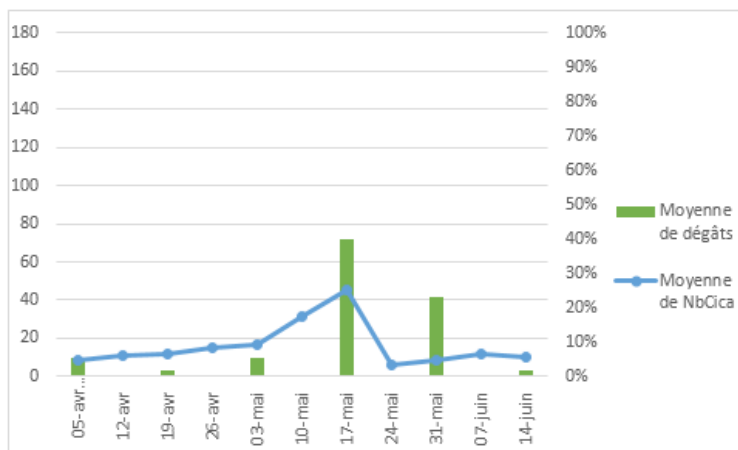


Figure 50 Évolution des dégâts (%) et des cicadelles piégées sur pBE

Dans la partie ② on constate sur la modalité pBE une chute radicale de la population de cicadelles entre le 17 et le 24 mai. Cette chute démographique a été corrélée avec l'observation de nombreuses cicadelles mortes, fixées sous les feuilles et colonisées par un champignon non identifié (observé dès le 17 mai)(Figure 45). Cela a conduit à une chute de la population d'*Anagrus sp.*. Le champignon s'est répandu à la parcelle où se trouvent les modalités pBF et pT mais cette fois cela n'a pas entraîné de chute significative de la population d'*Anagrus sp.* qui, au contraire, a fortement augmenté. Il faut préciser que la présence de cicadelles fixées sous les feuilles a d'abord été constatée sur la modalité pT avant la modalité pBF ce qui pourrait indiquer un phénomène de diffusion. Il semblerait donc qu'un champignon entomopathogène se soit développé de façon importante, tout d'abord sur la modalité pBE, avant de se répandre sur les autres parcelles suivies. La figure 46 montre le cheminement probable de la diffusion naturelle de ce micro-organisme. Ce dernier semble avoir eu un effet très important et très rapide sur les populations de cicadelles mais l'impact sur la population d'*Anagrus sp.* semble être uniquement indirect. En effet, la chute de population d'*Anagrus sp.* sur la pBE à partir du 10 mai coïncide avec l'augmentation importante de la population sur pBF et pT. On suppose qu'il a suivi le même cheminement que le champignon pour finalement s'accumuler sur ces parcelles. Cette migration peut avoir deux origines différentes. Il est possible qu'une chute de population de cicadelles incite le parasitoïde à se déplacer sur des parcelles avoisinantes plus infestées, si cela lui est possible. Il est aussi envisageable que son déplacement soit directement lié à la présence du champignon, ce qui implique qu'il est capable de le détecter.

➤ Test de corrélation des populations de cicadelles et d'*Anagrus sp.*

Le test confirme la corrélation entre le nombre de cicadelles et le nombre d'*Anagrus* piégés. Par ailleurs, il s'agit d'une corrélation négative (Figure 47). L'ensemble de ces résultats semble confirmer l'identification du micro-hyménoptère comme appartenant au genre *Anagrus* et ayant un rôle de régulation sur les cicadelles. Les résultats étant issus de parcelles différentes il est néanmoins possible que l'effet « milieu » fausse ce résultat.

1.b) Dynamique de population de cicadelles et évolution des dégâts

L'évolution de la population de cicadelles et des dégâts (présentée en figures 48, 49 et 50) nous permet de constater qu'une variation importante du nombre de cicadelles piégées entraîne généralement une variation similaire des dégâts observés lors des relevés suivants. Cela indiquerait qu'il y a une relation entre ces deux variables. Cependant

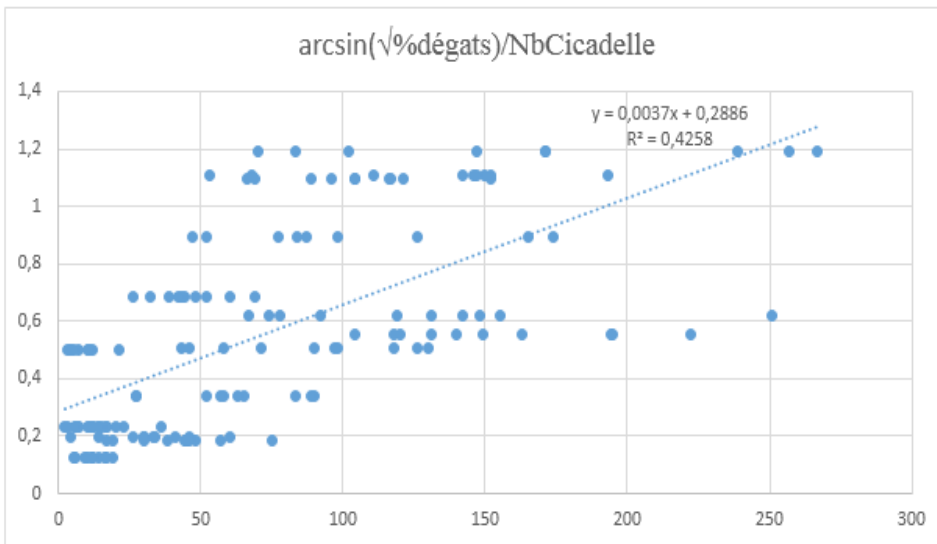


Figure 51 Pourcentage de feuilles présentant plus de 5 piqûres représentant plus de 30 % de la surface foliaire (après correction arcsinus) en fonction des cicadelles piégées

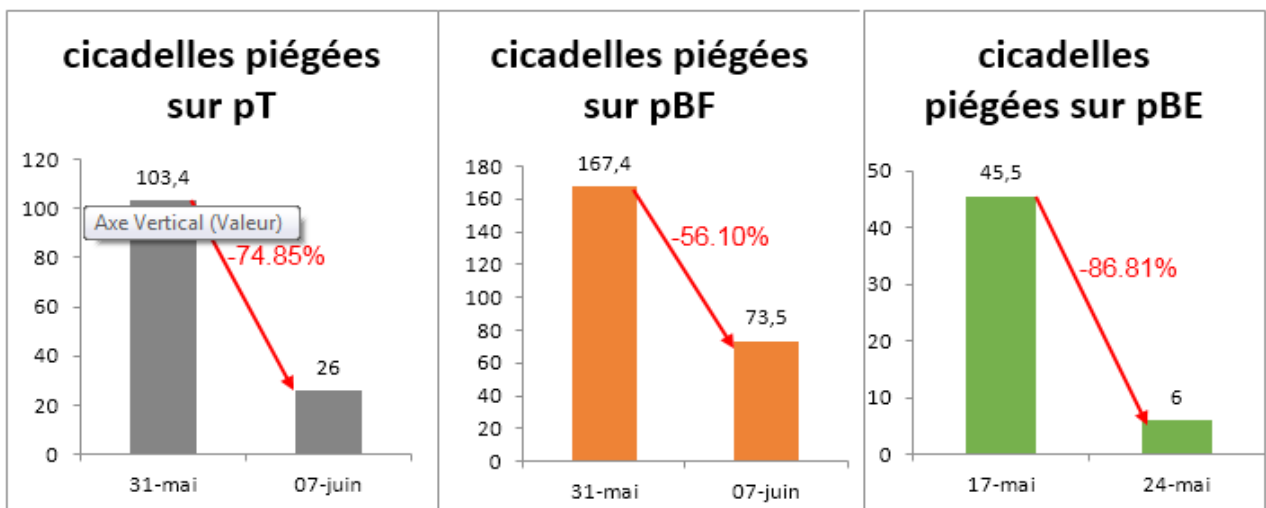


Figure 52 Évolution des populations de cicadelles par modalité entre la date d'observation du champignon entomophage et le relevé suivant (7 jours)

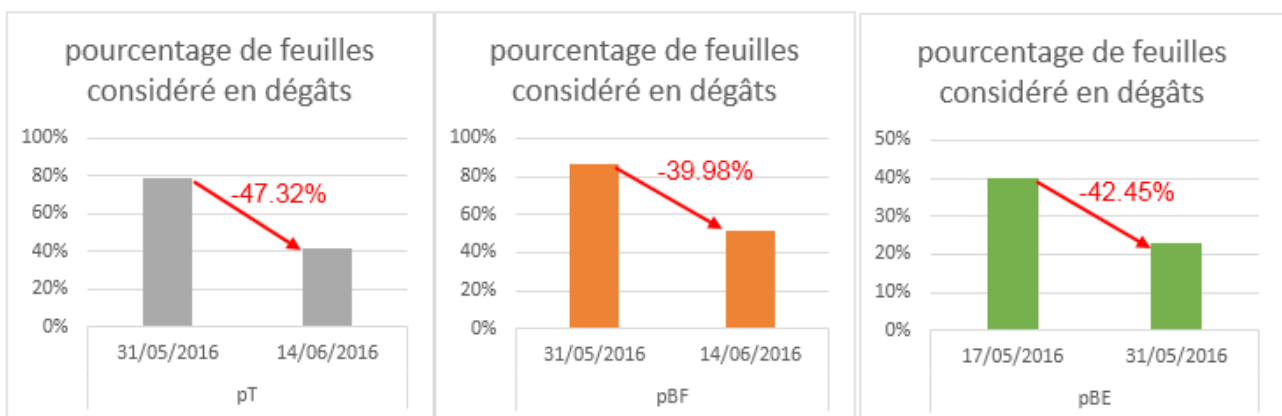


Figure 53 Évolution des dégâts par modalité entre la date d'observation du champignon entomophage et le relevé suivant (14 jours)

l'évaluation des dégâts, réalisé sur 4 étages foliaires, montre un certain nombre de feuilles échantillonnées présentant des dégâts antérieurs au dernier relevé de cicadelles. Cela explique le temps de réponse de la variable dégâts face à l'évolution de la variable cicadelles piégées.

➤ Test de corrélation des populations de cicadelles et des dégâts

Il y a bien une relation entre les cicadelles piégées et les les dégâts de cicadelles sur feuilles (régression linéaire). Il s'agit d'une corrélation positive (*Figure 51*). Bien que cela pourrait paraître logique, cette confirmation permet de valider le critère de suivi pour ces deux variables.

1.c) Influence du champignon entomopathogène

Afin de pouvoir statuer sur l'intérêt de ce champignon comme potentiel agent de lutte biologique, il est nécessaire de mesurer son influence à la fois sur la population de cicadelles et sur les dégâts. Le suivi des populations du ravageur une semaine après l'observation du champignon nous permet de mesurer une évolution moyenne de – 72,6% de cicadelles piégées (le détail par modalité est présenté en *figure 52*).

Par ailleurs, les observations sur le terrain ont permis de constater que les larves de cicadelles étaient aussi touchées. On peut donc supposer que les populations de cicadelles adultes ne vont que peu augmenter pendant 3 semaines, durée de la phase larvaire. Ce champignon a donc un effet immédiat et très important sur la population d'*Eupteryx decemnotata* avec certainement une efficacité plus longue que les traitements insecticides qui ne touchent les larves que très partiellement. De plus, il semble inoffensif pour *Anagrus* sp. à l'inverse des insecticides utilisés actuellement contre les cicadelles.

L'impact du champignon sur l'évolution de la variable dégâts sur feuille met plus de temps à être visible mais semble tout aussi important. En effet, on a pu mesurer un chute moyenne du nombre de feuilles considérée en dégâts de 43,25% en 2 semaines (détails par modalité en *figure 53*). Les observations sur le terrain ont permis d'identifier que les feuilles formées après le passage du champignon entomophage sont en très grande majorité indemnes de dégâts. On peut souligner un effet visiblement moindre sur la modalité pBF. Cela pourrait confirmer l'hypothèse que le champignon soit arrivé sur la parcelle Chazelle du côté de la modalité pT avant de se diffuser en direction de pBF.

Ainsi ce champignon semble très efficace pour réduire de façon importante une population d'*Eupteryx decemnotata* sur culture de thym, sans toutefois la détruire totalement, ce qui pourrait conduire à un phénomène de résurgence. De plus, son effet pathogène à été constaté uniquement sur cicadelles. Ainsi son utilisation en traitement insecticide pourrait

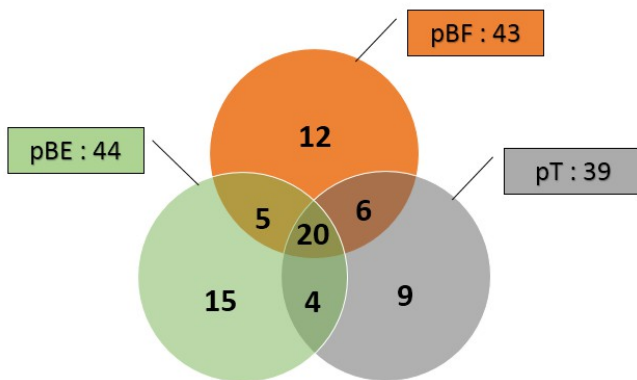


Figure 54 Diversité en morphotypes piégée le 3 mai selon leur réparation entre les 3 modalités

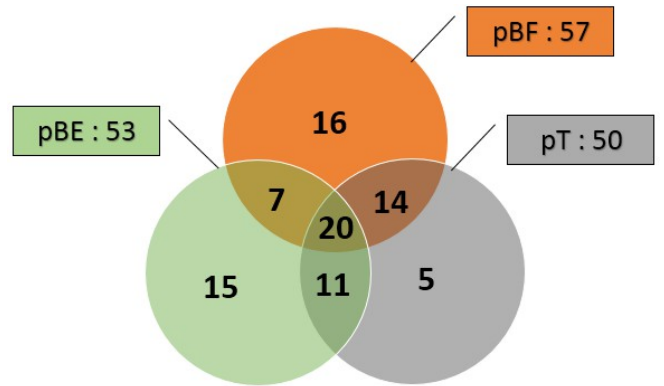


Figure 55 Diversité en morphotypes piégée le 7 juin selon leur réparation entre les 3 modalités

Tableau 5 Nombre de morphotypes multipliés par le nombre d'arthropodes piégés

Date	Diversité morphotypique x nombre d'arthropodes piégés		
	pT	pBE	pBF
3 mai	9424	10277	11849
7 juin	14750	35154	23815

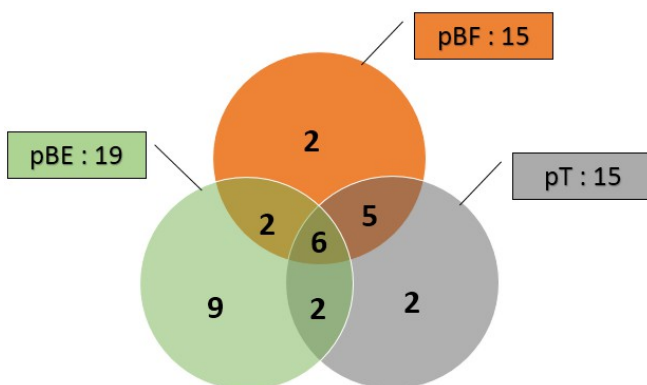


Figure 56 Diversité en morphotypes d'intérêt piégés le 3 mai selon leur réparation entre les 3 modalités

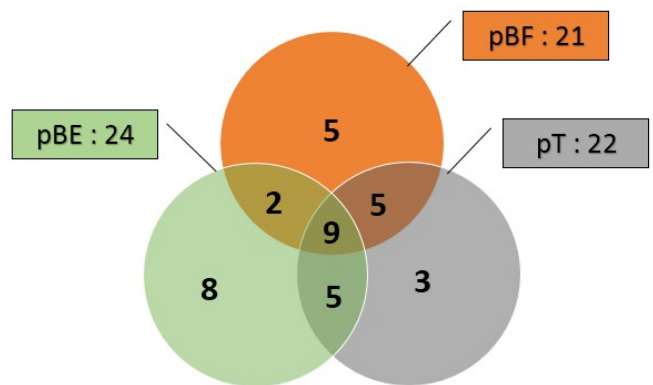


Figure 57 Diversité en morphotypes d'intérêt piégés le 7 juin selon leur réparation entre les 3 modalités

éventuellement être compatible avec la lutte biologique de conservation.

Au regard de ces résultats et observations, Il semble judicieux de s'intéresser de plus près à ce champignon, bien qu'il ne s'agisse pas du but initial de cette étude. Une tentative d'isolement du micro-organisme sur milieu de culture a donc été réalisée à partir de cicadelles contaminées artificiellement (Le protocole utilisé est présenté en *Annexe 2*). Cela a permis d'isoler différents champignons sur milieu PDA (Potato Dextrose Agar) par la suite repiqués sur milieu PDA et Malt-Agar. Ils ont ensuite été mis en culture pour une durée de 10 jours dans l'espoir qu'ils fructifient pour réaliser une identification par observation microscopique des conidies. Afin de déterminer si le mycète responsable a bien été isolé, un postulat de Koch a été réalisé pour chacun des isolats. La ré-infestation de cicadelles saines à partir des isolats a été développée en présence et en absence de brin de thym dans le but de déterminer le rôle de la présence de thym dans la contamination des cicadelles.

1.d) Diversité morphotypique de l'entomofaune capturée

La diversité morphotypique piégée lors des relevés du 3 mai et du 7 juin, en fonction des modalités testées (*Figures 54 & 55*) témoigne d'une biodiversité spécifique plus importante sur les modalités pBE et pBF que sur pT. On constate aussi une augmentation non-négligeable sur pBF entre le 3 mai (point zéro de la bande fleurie) et le 7 juin (floraison importante). Cependant la diversité morphotypique globale de chaque modalité ne diffère que légèrement. Afin d'évaluer plus pertinemment la population d'arthropodes, il faut prendre en considération le nombre d'insectes capturés. Pour cela la somme des arthropodes piégés est multipliée par la diversité morphotypique (*Tableau 5*). De cette façon on constate que la présence d'arthropodes a bien plus augmenté entre les deux relevés pour les modalités pBE et pBF que pour la modalité pT. Un test du Khi-² réalisé sur la population totale capturée au 3 mai, ne permet pas de conclure à une différence significative pour au moins une des modalités. Cependant le même test effectué pour le relevé du 7 juin conclut à une différence significative pour au moins une des modalités. De manière générale, il semble donc que l'aménagement d'un couvert végétal en bordure de parcelle entraîne une présence plus importante d'arthropodes.

1.e) Comparaison des populations d'auxiliaires piégés

➤ *Les auxiliaires du thym*

La représentation graphique de la diversité en arthropodes bénéfiques à la culture de thym en général (*Figure 56 & 57*) nous permet de faire plusieurs constats.

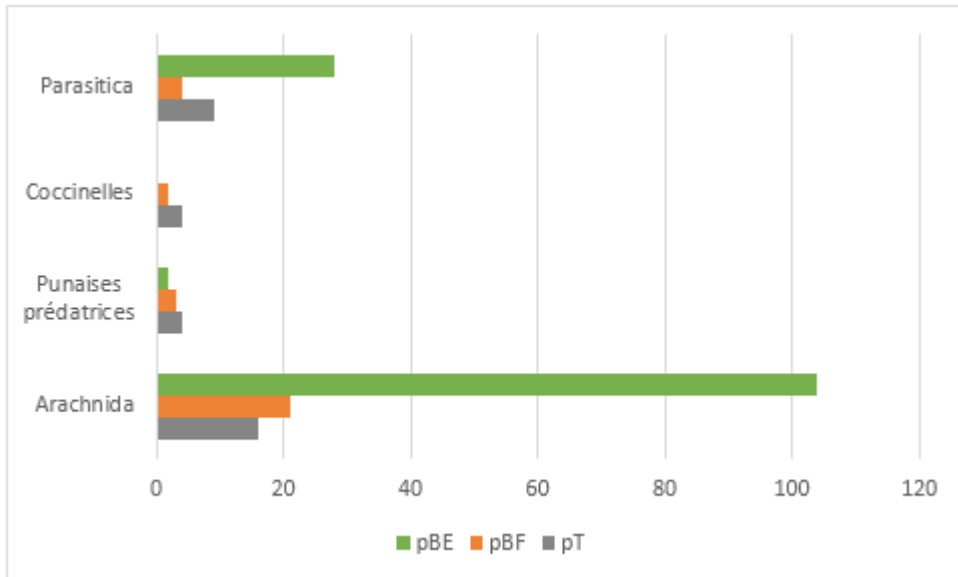


Figure 58 Auxiliaires potentiels des cicadelles piégés le 3 mai

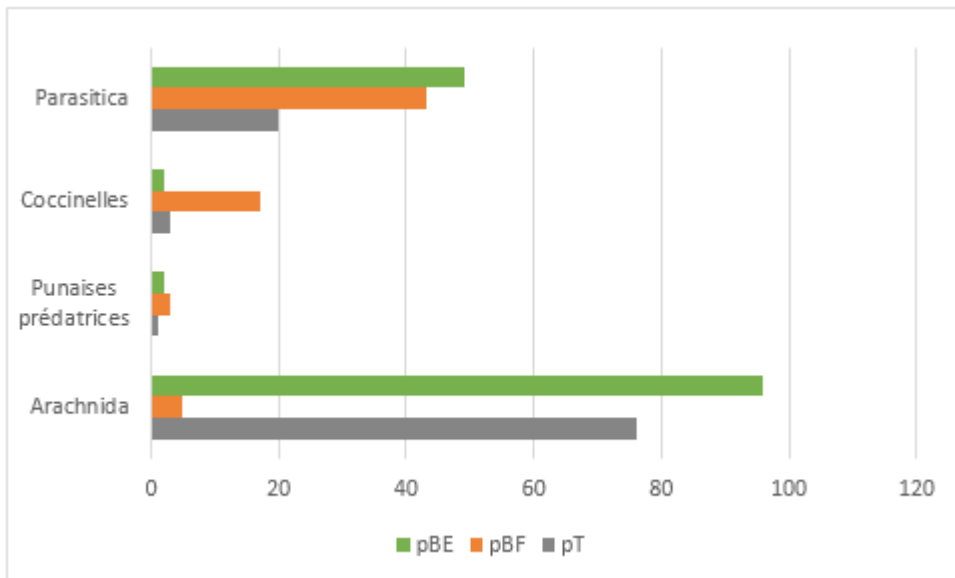


Figure 59 Auxiliaires potentiels des cicadelles piégés le 7 juin



Figure 60 *C. Septempunctata* prédatant une colonie de puceron sur vesce dans la bande fleurie de l'essai thym (photo personnelle)

Tout d'abord, le 3 mai, les modalités pBF et pT implantées sur la même parcelle, ne présentent que peu de différences en termes de biodiversité fonctionnelle. Hors la modalité pBE, mise en place sur une parcelle différente, présente une importante biodiversité fonctionnelle propre à la même date (la bande enherbée est déjà en place). Cela démontre l'importance de tester les différentes modalités sur la même parcelle et de mettre en place les IAE en même temps pour pouvoir efficacement comparer les résultats obtenus. En effet, il n'est pas possible de définir si cette biodiversité propre est due à l'environnement de la parcelle, à la présence même de la bande enherbée ou à son stade de développement.

Ensuite, lors du relevé du 7 juin, la modalité pBF présente une biodiversité fonctionnelle propre plus importante que le 3 mai. Il semble donc que la floraison de la bande fleurie ait favorisé l'arrivée d'un certain nombre d'auxiliaires du thym.

Enfin, le 7 juin le nombre total de morphotypes d'intérêt diffère très peu d'une modalité à une autre.

➤ *Les prédateurs et parasites de cicadelles*

L'étude de la diversité morphotypique capturée et les observations sur le terrain ont permis de classer les ennemis des cicadelles rencontrés en 4 groupes : Les *Arachnida*, les punaises prédatrices, les coccinelles et les *Parasitica* (*Hymenoptera* ; *Apocrita*). La population piégée pour chacune de ces classes en fonction des modalités testées (*Figure 58 & 59*) permet d'avancer un certain nombre d'hypothèses quant à l'attractivité des IAE.

En effet, on peut constater le 7 juin une présence importante d'*Arachnida* sur les modalités pBE et pT alors que la levée de la bande fleurie semble avoir eu un effet restrictif sur le développement de populations d'araignées sur la modalité pBF.

Il est important de préciser que plus de 50% des *Arachnida* piégés sur pT le 7 juin est représenté par le genre *Phalangium opilio* (*Opiliones* ; *Opiliones*). Celui-ci semble donc s'installer préférentiellement en milieu ouvert.

- Test de comparaison du groupe *Arachnida*

Des tests de χ^2 , basés sur les morphotypes d'*Arachnida* piégés le 3 mai et le 7 juin dans les différentes modalités, confirment qu'il y a un effet du milieu sur les populations d'araignées. Il semble donc que la bande enherbée favorise les populations d'araignées.

On note une augmentation importante de coccinelles et de *Parasitica* sur la modalité pBF.

On envisage que cette augmentation soit due, d'une part à la présence de nombreuses colonies de pucerons dans la bande fleurie, d'autre part à la grande quantité de nectar mis à disposition lors de la floraison de cette dernière. Ces 2 groupes comprennent un grand nombre d'ennemis du puceron (*Figure 60*), nectarivores au stade adulte.

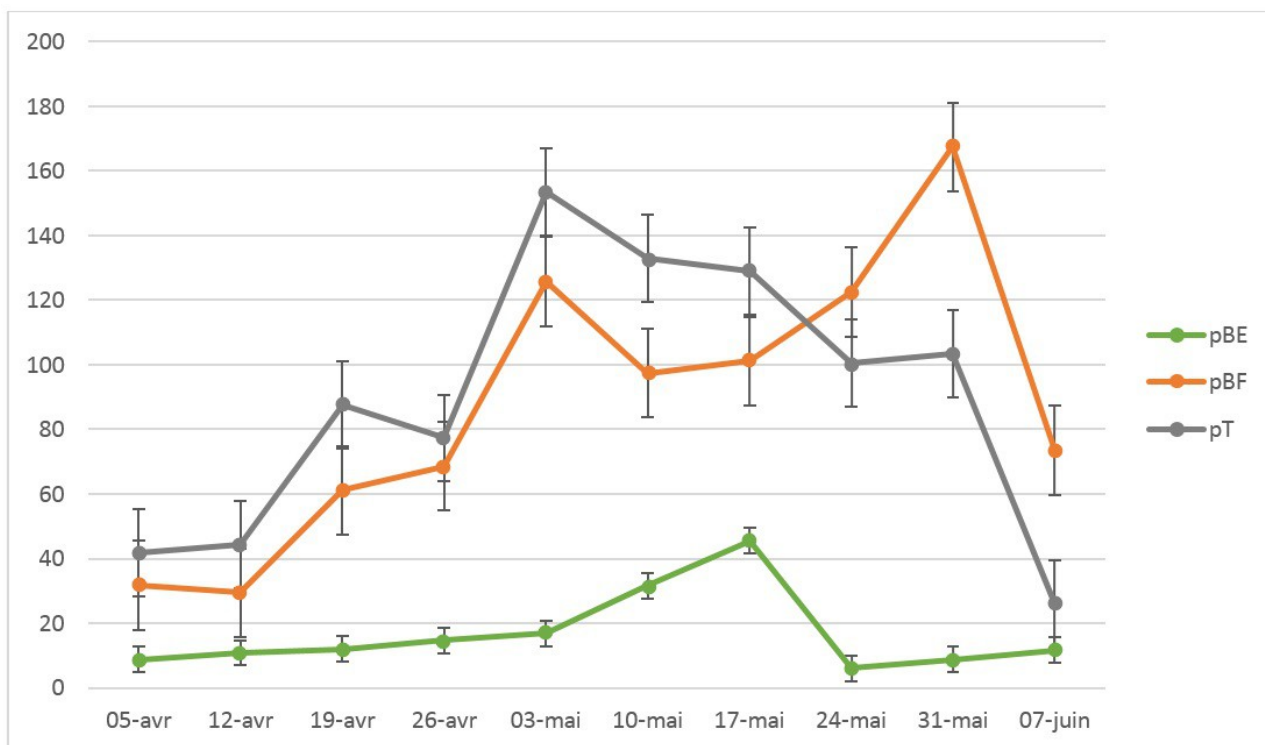


Figure 61 Dynamiques de population de cicadelles (y) en fonction de la date de relevé (x) avec erreur-type standard



Figure 62 Hétérogénéité des plants de thym (développement & aspect sanitaire) (photo personnelle)

- Test de comparaison des auxiliaires nectarivores

Un test de χ^2 , basé sur les morphotypes de coccinelles piégées le 7 juin dans les différentes modalités, confirme qu'il y a un effet du milieu sur la population de coccinelles. Il semble donc que la bande fleurie favorise le développement des populations de coccinelles.

Un test de χ^2 , basé sur le morphotype *Parasitica* piégées le 7 juin dans les différentes modalités, confirme qu'il y a un effet du milieu sur la population de *Parasitica*. Il semble donc que les deux IAE favorisent le développement des populations de *Parasitica*.

Concernant les punaise prédatrices, il n'est pas possible de statuer sur l'attractivité des IAE en raison du très faible nombre d'individus piégés. Cependant, un nombre conséquent de punaises prédatrices de genre *Orius* a été observé sur panneaux jaunes englués. Il est possible que le protocole de capture sous-évalue ce groupe d'auxiliaires.

1.f) Influence de la biodiversité fonctionnelle sur la population de cicadelles

La présence importante d'*Anagrus* sp. et l'arrivée du champignon entomopathogène ont entraîné une régulation importante des cicadelles qui masque l'impact des auxiliaires généralistes. Ainsi, il n'est pas possible de conclure sur l'influence des IAE sur l'évolution des populations cicadelles par l'attraction d'auxiliaires généralistes.

2) **Discussion générale**

2.a) Pertinence des critères de suivi des variables

L'essai sur thym ne présente aucune répétition et les modalités ne sont pas toutes testées dans le même environnement. Cela limite fortement la fiabilité des comparaisons. Ainsi il peut être pertinent, lors de la poursuite de l'essai en 2017, de mettre en place une seconde modalité témoin sur la parcelle où se situe la modalité pBE. On pourra ainsi comparer chaque IAE avec un témoin implanté sur la même parcelle.

Le critère de suivi de la population de cicadelles (panneaux englués) a permis une mesure efficace de la variable qui a pu être corrélée aux dégâts observés. Cependant l'erreur-type standard (**Figure 61**) montre une hétérogénéité importante du piégeage. Cela s'explique par les différences de développement des plants (**Figure 62**) dues à la présence de deux cultivars différents et aux dégâts fongiques (dépérissement). Afin d'effectuer un suivi plus efficace, il est recommandé lors de la poursuite de l'essai de positionner les plaques engluées entre des plants tous homogènes entre eux, quitte à être moins exigeant sur l'écart des plaques.

Le suivi de la variable dégâts, bien que témoignant efficacement de l'importance de

l'attaque, n'est pas assez représentatif des dégâts subis depuis le dernier relevé. En effet, on a pu constater un temps de réponse face à une variation de la population de cicadelles. Celui-ci pourra être diminué en réduisant le nombre d'étages foliaires échantillonnés de 4 à 3. La taille de l'échantillon (400 feuilles/modalité) est satisfaisant mais pourra éventuellement être réduit si nécessaire.

Le dispositif de capture de l'entomofaune est bien adapté au suivi des prédateurs généralistes (insectes assez gros) mais le tri des relevés a confirmé qu'il est moins adapté au piégeage d'insectes de petite taille comme les parasitoïdes de cicadelles. Il est donc préconisé de poursuivre le suivi d'*Anagrus* sp. sur les plaques engluées. De plus, une observation régulière des plaques sous loupe binoculaire pourrait permettre d'identifier d'autres parasitoïdes intéressants (*Drynidae*, *Pipunculidae*...).

2.b) Confrontation des résultats

Les résultats obtenus tendent à confirmer que les cicadelles typhlocybines sont bien les ravageurs les plus préoccupants en culture de thym, et de façon plus large, en production de labiacées (1). L'observation d'un premier pic de vol d'*Eupteryx decemnotata* en mai s'accorde avec les données bibliographiques. Cette cicadelle réalise au moins deux cycles par an en climat océanique, dont le premier situé vers le mois de mai (4)(10).

Au regard de cette étude, il semble que le genre *Anagrus* sp. soit l'insecte le plus efficace pour réguler les cicadelles typhlocybines sur les parcelles suivies. Les informations recensées sur cet hyménoptère permettent de confirmer son statut d'auxiliaire majeur des cicadelles (2)(3). Par ailleurs, il faut préciser que sa présence a aussi été identifiée sur la parcelle de l'essai mélisse située à Chemillé-Melay, soit à plus de 40 km (vol d'oiseau) des parcelles de thym. Cela permet d'affirmer qu'il est naturellement présent en Maine-et-Loire. Concernant l'influence du développement d'un champignon entomopathogène sur cet auxiliaire, il a été démontré que la biologie d'*Anagrus atomus* (taux d'émergence, durée de vie...) n'est pas impactée par un grand nombre de champignons pathogènes des cicadelles (17). Cependant il est précisé qu'il va préférer, si possible, pondre et se nourrir sur des plants où le champignon est absent. Il semble qu'il soit en mesure de détecter, via les senseurs de ses massues antennaires, la présence de mycélium (17). Cela pourrait permettre d'expliquer la migration d'*Anagrus* sp. envisagée lors de l'arrivée du champignon entomophage.

Il n'est pour l'instant pas possible de statuer sur l'attractivité des IAE pour cet auxiliaire car on ne peut pas comparer la modalité pBE avec un témoin situé dans le même

environnement. Par ailleurs, les fleurs de thym produisant une grande quantité de nectar, il est possible qu'*Anagrus* sp. ait disposé de toutes les ressources nécessaires à son développement au sein même de la parcelle. Néanmoins, la floraison du thym étant désormais achevée, il est possible que l'on constate une augmentation significative de sa présence aux abords de la bande fleurie. De la même façon, l'analyse statistique des résultats obtenus sur l'essai sur mélisse (suivi dans le cadre du projet BIOF'HORMA), pourrait nous permettre de déterminer l'attractivité des IAE sur une culture ne fleurissant pas.

Le développement d'un champignon entomopathogène, et plus particulièrement la germination des conidies et la pénétration de la cuticule de l'insecte sont fortement liés à l'humidité relative (22). Il y a donc fort à penser que le développement important du champignon entomopathogène sur l'essai thym ait été grandement favorisé par les conditions très humides enregistrées durant les mois de mai et juin de cette année. Aussi son efficacité a pu être sur-évaluée. De plus, ces conditions favorables au champignon ont entraîné de fortes perturbations d'origine biotique (maladies cryptogamiques) et abiotique (excès d'humidité) sur la culture de thym. Néanmoins, l'impact mesuré sur la population de cicadelles *E. decemnotata* et sur les dégâts associés fait de lui un potentiel agent de lutte biologique intéressant.

Le piégeage des Arachnida tend à confirmer l'attractivité de la bande enherbée pour les araignées, avancée par Manon Declercq en 2015 (19). Le piégeage des coccinelles, lui, tend à démontrer une attractivité importante de la bande fleurie pour ce groupe d'insectes. Par ailleurs, il a été observé un grand nombre de coccinelles (adultes et larves) sur les plants de thym à proximité de la bande fleurie. Il se pourrait donc que les coccinelles aient une bonne capacité à se déplacer de la bande fleurie à la parcelle pour prédater les cicadelles.

La présence importante de *Phalangium opilio* (prédateur généraliste fréquent en milieu perturbé [19]) sur la modalité pT nous permet d'émettre l'hypothèse qu'une bordure de parcelle désenherbée présente une attractivité pour certaines populations d'auxiliaires adaptés aux milieux légèrement perturbés.

Concernant le groupe des Parasitica, il est difficile de conclure. Ce sont pour la plupart des parasitoïdes spécifiques d'un genre voire d'une espèce. Hors la classification morphotypique réalisée ne permet pas de définir s'il sont en mesure de parasiter les cicadelles. Cela démontre bien les limites du classement RBA pour caractériser la faune auxiliaire.

Conclusion

Cette première année d'étude a conduit à l'élaboration et l'évaluation d'un protocole expérimental qui s'est révélé être très satisfaisant. Des faiblesses ont néanmoins été constatées et induisent des recommandations pour la poursuite de l'essai.

Les premiers résultats ont permis d'identifier la présence d'*Anagrus sp.* sur les essais suivis et de confirmer son rôle très important dans la régulation des cicadelles. Par ailleurs, les différences de population constatées entre les parcelles implantées dans des contextes différents laisseraient entendre que son développement peut être influencé par l'environnement de la parcelle. Il sera important de pouvoir évaluer l'attractivité des IAE sur cet auxiliaire pendant la poursuite de cet essai.

Cette étude a aussi permis de réaliser un inventaire des prédateur généralistes susceptibles de participer, à moindre importance, au contrôle des populations de cicadelles. Les relevés d'auxiliaire ont permis d'identifier une fréquentation en arthropodes bien plus importante sur des bordures présentant un couvert végétal que sur une bordure désherbée. Il ne semble cependant pas avoir de différences significatives en termes de biodiversité.

Ces relevés ont aussi mis en avant une présence importante de coccinelles sur la modalité pBF et d'araignées sur la modalité pBE. Ces résultats pourront servir de base comparative pour les relevés de l'an prochain.

L'arrivée d'un champignon entomophage sur l'essai thym et les effets de diffusion associés envisagés ont fortement perturbé le suivi de l'étude et limité la comparaison des résultats. A cela s'additionne la régulation importante d'*Anagrus* sur les cicadelles, ce qui conduit à l'impossibilité d'évaluer l'influence des auxiliaires généralistes sur le développement des *Typhlocybae*. Le champignon entomopathogène a cependant eu un effet très important sur la population de cicadelles sans, visiblement, impacter directement les auxiliaires. Il a eu un effet similaire à un traitement phytosanitaire chimique mais se distingue des produits actuellement utilisés sur cicadelles qui ont un effet dévastateur sur la biodiversité fonctionnelle.

Au regard de l'ensemble des informations recueillies, il semble qu'une stratégie de lutte biologique de plein champs contre les cicadelles typhlocybines est envisageable. Elle doit s'appuyer fortement sur l'attraction d'*Anagrus sp.* par la mise en place d'Infrastructure(s) Agro-Écologique(s), sans négliger les prédateurs généralistes bien que certainement moins efficaces, la diversité spécifique de ces derniers les rendant moins sensibles à des variations climatiques ou biologiques (arrivée d'un pathogène...).

Ouverture du sujet

Le suivi de cet étude a mis en évidence une régulation biologique naturelle très efficace. Sur la modalité pBE, l'augmentation de la population de cicadelles semble avoir été fortement régulé par un insecte du genre *Anagrus*, ce qui a limité pendant un temps l'importance des dégâts sur rameaux (partie commercialisée ou distillée). Néanmoins, lorsque la population de cicadelles a fini par devenir préoccupante, le champignon entomopathogène est arrivé sur la parcelle. Celui-ci a fortement réduit la population de cicadelles et a permis de stabiliser l'importance des dégâts à un niveau très acceptable en vue de la récolte. Ces observations nous incitent à envisager de reproduire ce phénomène de régulation artificiellement.

Par conséquent, combiner la lutte biologique par conservation et la lutte biologique par introduction d'un micro-organisme peut représenter une piste pour développer une stratégie de lutte biologique efficace contre les cicadelles typhlocybines..

Il faut toutefois envisager d'évaluer l'impact direct et indirect du micro-organisme sur la biodiversité d'auxiliaires (pathogénicité, perturbation comportementale...) et maîtriser les conditions d'applications du champignon (humidité, température...).

Bibliographie

- (1) BOUILLANT S., MITTAZ C., COTTAGNOUD A., BRANCO N. et CARLEN C., 2004. Premier inventaire des populations de ravageurs et auxiliaires sur plantes aromatiques et médicinales de la famille des Lamiaceae, Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic. Vol. 36, p. 113-119.
- (2) NUSILLARD B., Mai 2001. Les cicadelles typhlocybines des labiées aromatiques : des ravageurs méconnus. Phytoma- La défense des végétaux N°538, p. 37-40.
- (3) COURAUDON J. et LE PERON V., 2014. Les Cicadelles Dossier bibliographique, CDHR centre.
- (4) MAZZONI V. et CONTI B., 2006. *Eupteryx decemnotata* Rey (*Hemiptera Cicadomorpha Typhlocybinae*), important Pest of *Salvia officinalis* (*Lamiaceae*), Acta Hort.723.
- (5) ROSE F., Mars 2015. Protection de la vigne : de nombreuses expérimentations, BIOFIL n°98.
- (6) LEGER M., 2014. Protection phytosanitaire biologique de la culture de sauge officinale contre les cicadelles typhlocybines, Mémoire de Master 1.
- (7) RUNG A., HALBERT S.E., ZIESK D.C. et GILL R.J., juillet 2009. A leafhopper pest of plants in the mint family, *Eupteryx decemnotata* Rey (*Hemiptera : Auchenorrhyncha : Cicadellidae*), ligurian leafhopper, new to North America, Insecta Mundi n°88.
- (8) NELSON F., 2014. Protection phytosanitaire de la mélisse officinale contre les cicadelles typhlocybines, Mémoire de DUT.
- (9) RIBAUT H., 1936. Faune de France volume n°31 *Homoptères Auchenorrhynques*, Fédération française des sociétés de sciences naturelles.
- (10) BLUM H., JUNG K., NICKEL H. et PLANER J., 2011. Practicable strategies to control leafhopper pests of organically grown medicinal herbs and spices in the field and under glass, Böln.
- (11) SANTENAC G. ABERLENC H.P., ANDRADE C., DELVARE G., EMERIT M. KUNTZMANN P., KREITER S., LEDOUX J.C., MARTINEZ M., MICHEL B., SFORZA R., STREITO J.C., THIERY D., TUPINIER Y. et VILLEMANT C., 2011. La faune auxiliaire des vignobles de France, Éditions France Agricole.
- (12) PRICOP E., 2013. Identification key to European genera of the *Mymaridae* (*Hymenoptera: Chalcidoidea*), Extreme Life, Biospeology & Astrobiology International Journal of the Bioflux Society, Volume 5, Issue 1.
- (13) ZANOLLI P. et PAVAN F., 2011. Autumnal emergence of *Anagrus* wasps, egg

parasitoids of *Empoasca vitis*, from grapevine leaves and their migration towards brambles, Agricultural and Forest Entomology n°13, p.423-433.

(14) LOWERY T., TRIAPITSYN S. et JUDD G., décembre 2007. Leafhopper host plant associations for *Anagrus* parasitoids (*Hymenoptera: Mymaridae*) in the Okanagan Valley, British Columbia, The Journal of the Entomological Society of British Columbia.

(15) HESAMI S., SEYEDOLESLAMI H. et EBADI R., septembre 2004 . Biology of *Anagrus atomus* (*Hymenoptera : Mymaridae*), an egg parasitoid of the grape leafhopper *Arboridia kermanshah* (*Homoptera : Cicadellidae*), Entomological Science, vol.7, p.271-276.

(16) CONSTANT N., Mars 2016. Vigne, rester bio face à la flavescence dorée : Essais de plusieurs produits naturels disponibles pour la lutte obligatoire contre la cicadelle *Scaphoideus titanus* vecteur de cette maladie, PHYTOMA n°632, p. 26-30.

(17) TOUNOU A.K., AGBOKA K., POEHLING H.M., RAUPACH K., LANGEWALD J., ZIMMERMANN G. et BORGEMEISTER C., 2003. Evaluation of the Entomopathogenic Fungi *Metarhizium anisopliae* and *Paecilomyces fumosoroseus* (*Deuteromycotina: Hyphomycetes*) for Control of the Green Leafhopper *Empoasca decipiens* (*Homoptera: Cicadellidae*) and Potential Side Effects on the Egg Parasitoid *Anagrus atomus* (*Hymenoptera: Mymaridae*), Biocontrol Science and Technology, 13:8, p. 715-728.

(18) VILLENEUVE A., Juillet 2015. Mise au point d'un protocole de caractérisation de la flore et de l'entomofaune des bandes fleuries, Mémoire de Master 2.

(19) DECLERCQ M., Juillet 2015. Évaluation de bandes enherbées sur la régulation des populations de mouches *Psila rosae* par leurs ennemis naturels sur culture de carotte, Mémoire de licence.

(20) MATHONNET P.Y., Juin 2011. Agriculture biologique ; Fiche technico-économique produire du thym en AB, Chambre d'agriculture Rhône-Alpes.

(21) KOLLER M., Décembre 2013. Régulation des ravageurs en culture de plantes médicinales et aromatiques biologiques (PMA), Institut de recherche de l'agriculture biologique (FiBL).

(22) GNAGO A.J., FOUABI K. et J. LOMER C., 2004. Effet de la température et de l'humidité relative sur le développement de la mycose *Entomophaga grylli batko* (*Zygomycètes, Entomophthorales*) chez *Zonocerus Variegatus* L. (*Orthoptera, Pyrgomorphidae*), Agronomie Africaine 16 (2) , p. 19-31.

Sitographie

- [1] disponible en ligne sur www.catalogueoflife.org consulté le 25 mars 2016
- [2] disponible en ligne sur www.entomofaune.qc.ca consulté le 24 mars 2016
- [3] disponible en ligne sur <http://www.britishbugs.org.uk/> consulté le 16 mai 2016
- [4] disponible en ligne sur <http://ephytia.inra.fr/> consulté le 28 mai 2016
- [5] disponible en ligne sur www.e-phy.agriculture.gouv.fr consulté le 24 mars 2016
- [6] disponible en ligne sur <https://www6.inra.fr/> consulté le 28 mai 2016
- [7] disponible en ligne sur <http://bugguide.net/> consulté le 28 mai 2016
- [8] disponible en ligne sur <http://www.galerie-insecte.org/> consulté le 28 mai 2016
- [9] disponible en ligne sur <http://www.agroforever.com/fiche-technique-thym/> consulté le 29 mai 2016
- [10] disponible en ligne sur http://www.elfram.com/fungi/fungi_b/beabas_b.html consulté le 17 juin 2016
- [11] disponible en ligne sur <http://mycota-crcc.mnhn.fr/site/espece.php?idE=117> consulté le 17 juin 2016
- [12] disponible en ligne sur <http://www.ruchibiochem.com/metarhizium-anisopliae.htm> consulté le 17 juin 2016
- [13] disponible en ligne sur <https://agristudentbikash.files.wordpress.com/2015/06/foto-11.jpg> consulté le 17 juin 2016
- [14] disponible en ligne sur <http://www.mdpi.com/2075-4450/4/4/694/htm> consulté le 17 juin 2016
- [15] disponible en ligne sur <https://www.koppert.fr/ravageurs/les-aleurodes/produits-contre-les/mycotal/> consulté le 17 juin 2016
- [16] disponible en ligne sur http://www.texasinvasives.org/pest_database/detail.php?symbol=37 consulté le 17 juin 2016
- [17] disponible en ligne sur <http://www.biotop-aromatiques.com/pages/fiche.php?ref=45> consulté le 29 mai 2016
- [18] FERRE Alain, Responsable d'expérimentation de l'Agence régionale pour l'expérimentation horticole (AREXHOR) Pays de la Loire - Communication personnelle.

Annexes

Annexe 1 : Morphologie générale des cicadelles typhlocybines

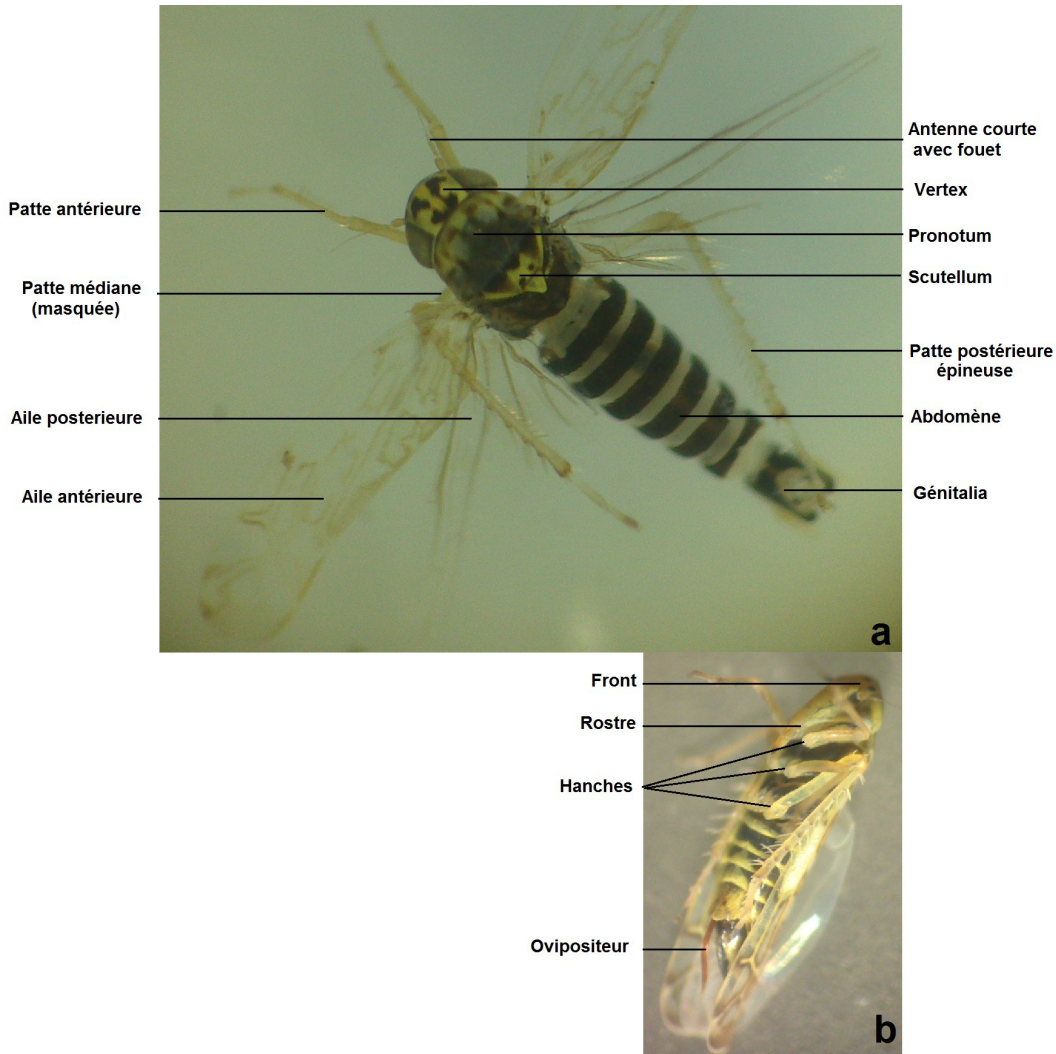
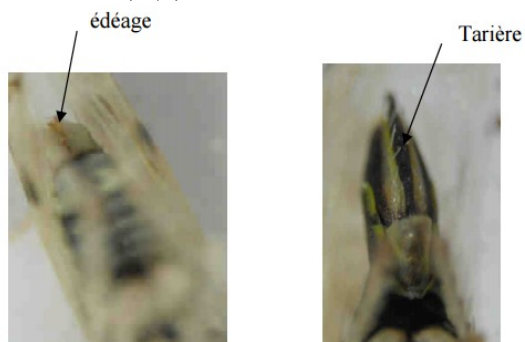
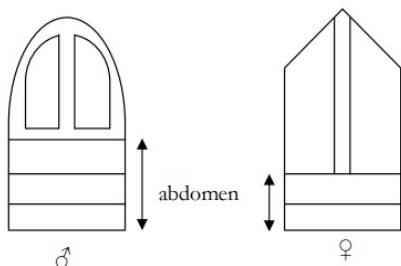


Figure 1 : morphologie d'*Eupteryx decemnotata* ; a : *E. decemnotata* face dorsale (photo personnelle) ; b : *E. decemnotata* femelle face ventrale (photo personnelle) (1)



↑ Observation à la loupe binoculaire (x80) des pièces génitales des cicadelles
Source : Crédit photographique : Johanna COURAUDON



↑ Schéma des pièces génitales des cicadelles, pour une différenciation rapide
Source : réalisation personnelle

Figure 2 conformation externe des appareils génitaux des cicadelles typhlocybines (2)

Sources bibliographiques :

- (1) DELVARE G. et ABERLENC H.P., Janvier 1989. Les insectes d'Afrique et d'Amérique tropicale Clés pour la reconnaissance des familles, CIRAD, 298 pages.
- (2) COURAUDON J., LE PERON V., 2014. Les Cicadelles Dossier bibliographique, CDHR centre.



Figure 1 Larve de cicadelle morte parasitée, vu sous loupe binoculaire



Figure 2 *E. decemnotata* adulte morte parasité face ventrale, vu sous loupe binoculaire

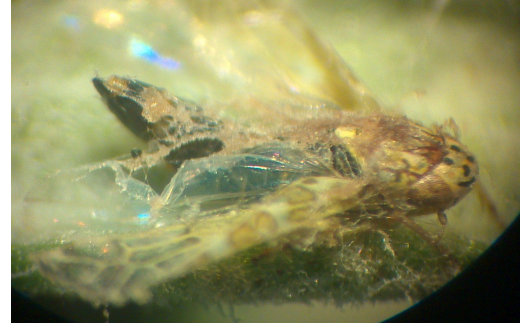


Figure 3 *E. decemnotata* adulte morte parasité face dorsale, vu sous loupe binoculaire

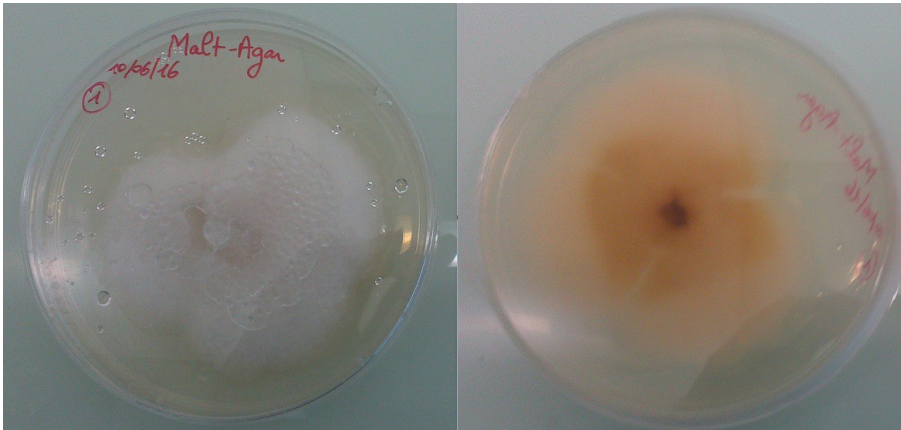


Figure 4 Isolat 1 repiqué sur milieu Malt-Agar 10 jour (T° ambiante, lumière); a gauche : recto, à droite : verso

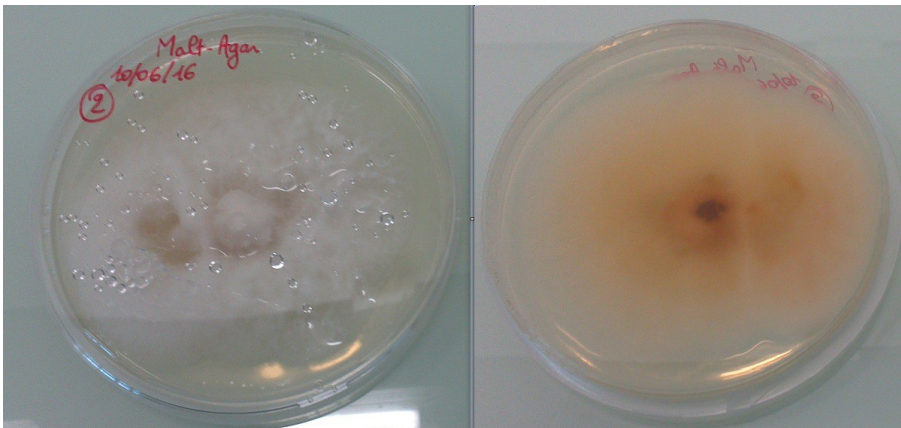


Figure 5 Isolat 2 repiqué sur milieu Malt-Agar 10 jour (T° ambiante, lumière); a gauche : recto, à droite : verso

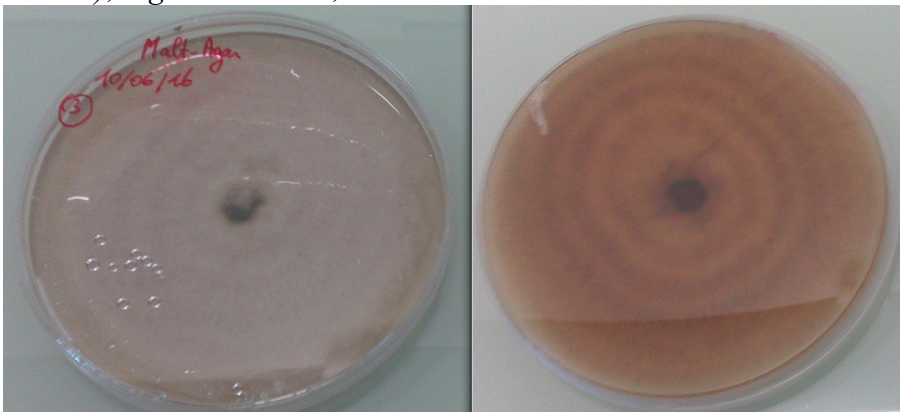


Figure 6 Isolat 3 repiqué sur milieu Malt-Agar 10 jour (T° ambiante, lumière); a gauche : recto, à droite : verso

Annexe 2 : Protocole utilisé pour l'isolation du champignon entomopathogène

Introduction

L'observation d'un grand nombre d'adultes et de larves de cicadelles *Eupteryx decemnotata* mortes sous la surface des feuilles de thym a été constatée le 17 mai lors du suivi de l'essai sur thym. Une observation sous loupe binoculaire a permis de constater une colonisation de ces derniers par un champignon (figure 1, 2 & 3). Cela a conduit à l'hypothèse de la présence d'un champignon entomopathogène. Une tentative d'isolement à partir de cicadelles parasitées a donc été réalisée.

Matériels & méthodes

Matériels & réactifs utilisés

- autoclave à pression vapeur
- Milieux de culture PDA (Potato Dextro Agar) & Malt Agar
- Aiguille lancéolée
- Bec benzène
- Parafilm
- Hypochlorite de sodium 1,5°Cl
- eau distillée

Méthodes utilisées

1) Contamination artificielle de cicadelles

Afin de disposer de matériel entomologique fraîchement contaminé, des cicadelles saines ont été mises en culture avec des brins de thym présentant des cicadelles mortes sous les feuilles avec présence de mycélium. Après 48h d'incubation 4 cicadelles mortes ont été prélevées, chacune à un stade de colonisation par le champignon différent.

2) Désinfection du matériel entomologique

L'objectif de cette étape est de désinfecter partiellement les cicadelles afin de détruire les micro-organismes saprophytes sans détruire totalement le champignon responsable de la pathologie observée.

En conditions stériles, les cicadelles sélectionnées sont plongées dans un bain d'hypochlorite de sodium à 1,5°Cl pendant 10 minutes. Dès la sortie du bain d'hypochlorite de sodium, les échantillons sont plongés dans deux bains successifs de 5 minutes dans de l'eau distillée, au préalable stérilisée (autoclave 134°C/18min).

3) Mise en culture & repiquage

Chaque cicadelle est ensuite disposée sur milieu de culture PDA (en boîte de Pétri), scellée à l'aide d'un parafilm, et mise en culture à température ambiante en présence de lumière naturelle pendant 10 jours.

Au bout de cette période, les milieux de culture présentant une colonie fongique sont ensuite repiqués. En conditions stériles, deux explants par colonie fongique sont prélevés à l'aide d'une aiguille lancéolée, puis repiqués, un sur milieu PDA, un sur milieu Malt-Agar.

Résultats & discussion

Cette expérience a permis d'obtenir 3 isolats fongiques sur les 4 cicadelles prélevées. La quatrième ne présente qu'une colonie bactérienne. Sur ces 3 isolats, deux présentent des caractéristiques morphologiques macroscopiques similaires à la fois sur milieu PDA et Malt-Agar (figures 4 & 5). Il semble qu'il s'agisse du même champignon.

Le troisième isolat, bien plus sombre, s'est développé bien plus vite que les deux premiers (figure 6). On émet l'hypothèse qu'il s'agisse d'un champignon saprophyte qui ont généralement tendance à coloniser plus rapidement un milieu de culture qu'un champignon pathogène. Néanmoins aucune conclusion n'est tirée pour l'instant. Les 3 souches isolées seront observées (observation macroscopique & microscopique) et testées par postulat de Koch, en présence/absence de thym.

Annexe 3 : Protocole expérimental de l'essai Thym/Mélisse

Protocole expérimental Rédigé par Cyril Farsy	<u>Étude de l'impact des aménagements en bordure de parcelle (bandes fleuries et bandes enherbées) sur le contrôle des populations de cicadelles en culture de thym et mélisse</u>	EPLEFPA Angers le Fresne ITEIPMAI Chemillé-Melay Projet BIOF'HORMA Protocole émis le 1 Avril 2016
---	---	--

I. Contexte et objectif de l'étude

La filière PPAM Française, en pleine expansion depuis plus de 10 ans avec une hausse de 15% de la production entre 2000 et 2010 (Agreste), subit une concurrence internationale de plus en plus forte.

De plus, dans le cadre de la transition agroécologique (Projet agroécologique pour la France, 2012) et de la réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires (ECOPHYTO II, 2015), la filière doit faire face à un enjeu important : maintenir sa compétitivité vis à vis des productions étrangères tout en « Produisant autrement » (PREA 2014).

Pour faire face à cette problématique, le projet BIOF'HORMA (BIOdiversité Fonctionnelle en HORTiculture et culture de plantes Médicinales et Aromatique) a pour but développer la lutte biologique par conservation dans les systèmes de productions HORTI-PAM plein champ et sous abris.

Afin de développer la lutte biologique sur cultures de PAM de plein champs il a été retenu d'évaluer l'impact de la mise en place d'Infrastructures Agro-Écologiques (IAE) sur le développement de la faune auxiliaire endémique et sa capacité à réguler les populations de ravageurs des Labiacées.

Sur culture de labiacées, les ravageurs les plus fréquents sont les cicadelles *Typhlocybae* (*Homoptera, Cicadellidae*)(1). De part leurs piqûres de nutrition sur les feuilles, entraînant une perturbation de la photosynthèse (jaunissement) et une perte d'eau, elles provoquent des dégâts qualitatifs et quantitatifs(2). L'étude de ces cicadelles a donc été retenue pour répondre aux difficultés rencontrées par les producteurs pour gérer ces ravageurs de plus en plus fréquents.

Le choix des cultures retenues se justifie d'une part par l'incidence des dégâts sur culture de Mélisse (*Melissa officinalis*) et d'autre part par le peu d'études réalisées sur la gestion phytosanitaire sur culture de thym (*Thymus vulgaris*) malgré son importance économique.

L'objectif de cette étude est donc d'évaluer le potentiel des IAE dans la gestion des populations des cicadelles typhlocybines. Deux types d'IAE seront évalués : une bande enherbée et une bande fleurie (composition Florégul CASDAR (2014-2017))

II. Localisation des essais

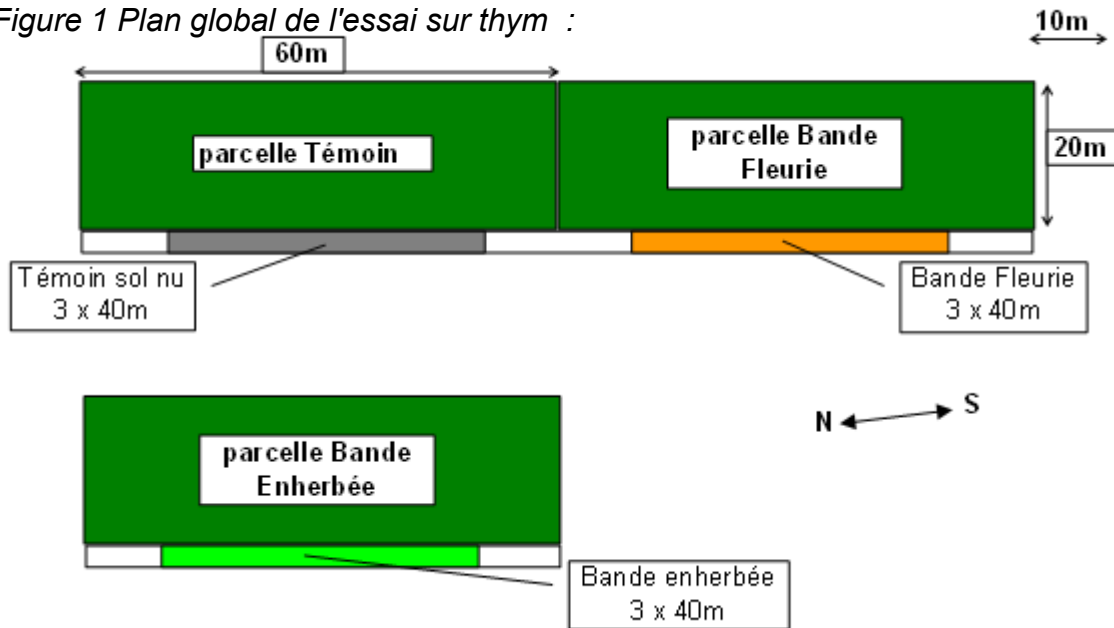
Cette étude se porte sur un essai sur culture de thym sur le site de l'EPLEFPA Angers - Le Fresne et un essai sur culture de mélisse sur le site de l'ITEIPMAI Chemillé-Melay.

Essai sur thym, EPLEFPA Angers-Le Fresne

Afin de mesurer l'intérêt de la mise en place d'IAE, l'exploitation du lycée agricole Angers-Le Fresne a mis à disposition de cette étude deux parcelles de thym plantées en Mai 2015 se trouvant à 300m l'une de l'autre (même orientation). La plus grande de ces parcelles a donc été divisée pour former au total 3 parcelles expérimentales de dimensions (20 x 60m) et surface (1200m²) identiques. Elles seront respectivement appelées :

- « parcelle Témoin » notée pT
- « parcelle Bande Fleurie » notée pBF
- « parcelle Bande Enherbée » notée pBE

Figure 1 Plan global de l'essai sur thym :



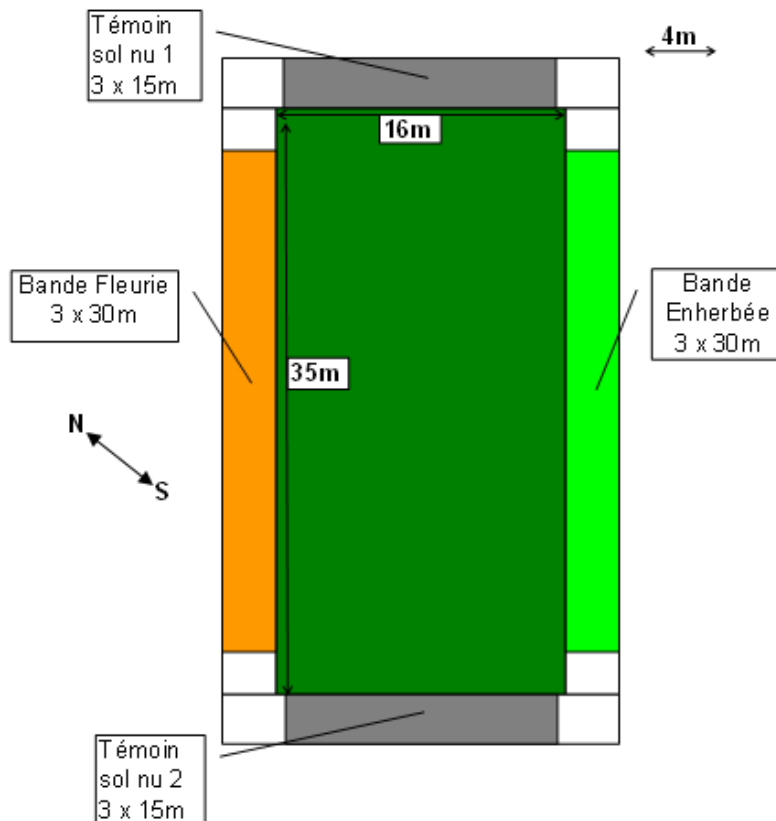
Remarques :

- La « parcelle Bande Enherbée » se situe sur un sol plus riche et plus profond, ce qui se traduit par un développement plus important de la culture que sur les parcelles pBF et pT.
- La présence de cicadelles typhlocybines est avérée sur les trois parcelles. La cicadelle *Eupteryx decemnotata* Rey, 1891 a été clairement identifiée.

Essai sur mélisse, ITEIPMAI Chemillé-Meley

Pour mettre en place l'essai sur mélisse, nous disposons d'une seule parcelle de 560m² mise à disposition par l'ITEIPMAI sur laquelle seront évalués les deux modalités et le témoin. Les dimensions de la parcelle (35 x 16m) ne permettent pas la mise en place de trois zones de bordure de 3 x 30m, la bande témoin sera donc divisée en deux bandes de 3 x 15m.

Figure 2 Plan global de l'essai sur mélisse :



Remarques :

- La parcelle a été utilisée en 2015 pour une étude sur la gestion de l'enherbement avec deux modalités de paillage, paille et BRF (Bois Raméal Fragmenté). Les résidus de ces modalités ont été ratissés mais une partie est toujours en place et pourra être pris en compte dans l'interprétation des résultats.
- Des études réalisées précédemment ont montré la présence de plusieurs cicadelles typhlocybines sur cette parcelle : *Eupteryx decemnotata*, *E. aurata*, *E. melissae* et *Empoasca vitis*(3)

III. Dispositif de l'étude

Les cultures seront conduites de la même manière qu'une parcelle de production hormis les traitements insecticides qui seront proscrits (fertilisation, gestion de l'enherbement, binage...). Les coupes seront réalisées juste après un relevé et devront être prises en compte dans l'interprétation des résultats. En effet la coupe perturbe fortement le cycle des cicadelles(2).

1. Les infrastructures agro-écologiques

a) La bande fleurie

La bande fleurie a pour but d'offrir refuge, pollen et nectar pour favoriser l'arrivée et le développement d'auxiliaire tout en limitant les risques d'arrivée de ravageurs polyphages. Sa composition est issue d'un travail de recherche réalisé par Sandrine Huet, Bruno Jaloux et Yann Tricault (équipe Écologie et Génétique des Insectes, INRA) Dans le cadre du projet Florégul (CASDAR 2014-2017). Ce mélange a déjà été testé par Alexis Villeneuve en 2015, après la suppression de trois espèces du mélange jugées peu intéressantes, sa composition est la suivante :

<i>Calendula officinalis</i>	<i>Centaurea cyanus</i>
<i>Coriandrum sativum</i>	<i>Fagopyrum esculentum</i>
<i>Foeniculum vulgare</i>	<i>Malva sylvestris</i>
<i>Matricaria recutita</i>	<i>Phacelia tanacetifolia</i>
<i>Sinapsis alba</i>	<i>Vicia Sativa</i>

Tableau 1 : composition de la bande fleurie

Caractéristiques du mélange :

Espèces ubiquistes, non horticoles, coût des semences abordable, familles, tailles, couleurs et périodes de floraison variés, attractif pour un grand nombre d'insectes, deux espèces avec nectar extra-floraux.

Mise en place :

Les bande fleuries sont semées à la volée avec une densité totale de 500 graines/m² (soit 50 graines/espèce/m²) après travail du sol primaire (labour) et formation d'un lit de semence (herse rotative). Après semis et passage de rouleau, un anti-limace est épandu (5gr/m²) puis l'on met en place d'une toile de forçage (P17). Aucun entretien pendant la période de l'essai.

Date de semis : - Semée sur le site du Fresne le 23/03/2016
- Semée sur le site de l'ITEIPMAI le 7/04/2016

b) La bande enherbée

L'utilisation de bandes enherbées pour favoriser l'implantation de prédateurs généralistes à déjà fait l'objet d'un essai en 2015 sur le site du Fresne (poursuivit en 2016). Malgré des résultats statistiquement peu concluants il est possible que ces bandes soient favorables à l'implantation d'araignées prédatrices (auxiliaires généralistes)(4). Étant donné le coût non négligeable des semences de la bande fleurie, il semble pertinent de comparer ces deux IAE afin de définir si l'utilisation de bandes fleuries est économiquement justifiable.

Composition :

- Site du Fresne : mélange graminées dominance Ray-grass italien et Fétuque élevée
- Site de l'ITEIPMAI : VIVER FR 70© (70% fétuque rouge semi-traçante, 30 % Ray-grass anglais) mélange de type enherbement vigne.

Mise en place :

- Sur le site du Fresne la modalité bande enherbée est assurée par une prairie permanente (déjà en place).
- Sur le site de l'ITEIPMAI le semis (à la volée) est prévu pour la semaine du 4 Avril.

c) Témoin sol nu

Afin de tester l'efficacité des IAE, il est indispensable de les comparer à un sol nu de mêmes dimensions correspondant à la gestion de l'enherbement en bordure de parcelle, fréquemment réalisée en situation de production.

Ces zone devons être régulièrement désherbées mécaniquement ou chimiquement.

IV. Les variables Mesurées

1. Suivi des cicadelles typhlocybines adultes

a) Matériel

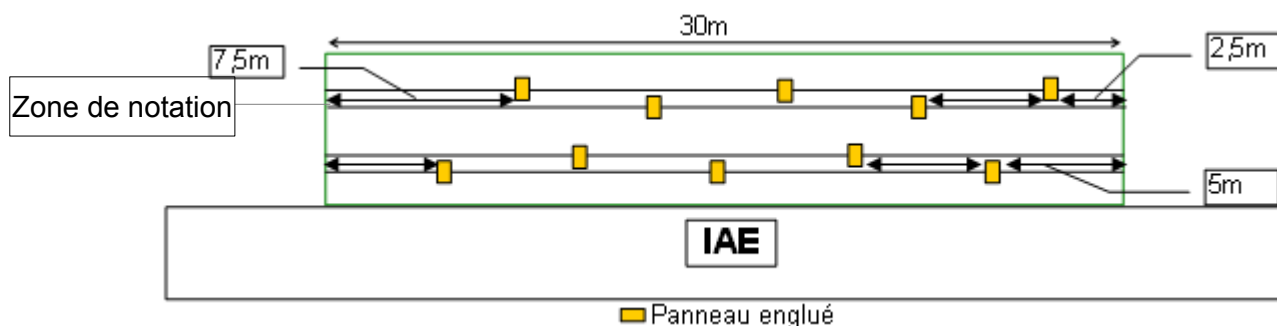
Le suivi des populations d'adultes se fera par piégeage sur panneaux chromatiques englués jaunes de 7,5x7,5cm et comptage. L'identification (jusqu'à l'espèce si possible) sera effectuée sous loupe binoculaire à partir des plaque engluées.

b) Méthode

Le piégeage sur panneaux englués sert plus généralement à des fin de détection (OAD) ou de piégeage de masse. Afin d'obtenir un piégeage représentatif de la population, il est plus pertinent d'utiliser beaucoup de pièges de petite taille pour avoir plusieurs répétitions sans faire de piégeage de masse [1]. Il a donc été décidé de disposer 10 pièges/modalité répartis de façon homogène à l'intérieur de la zone de notation (figures 3 & 4).

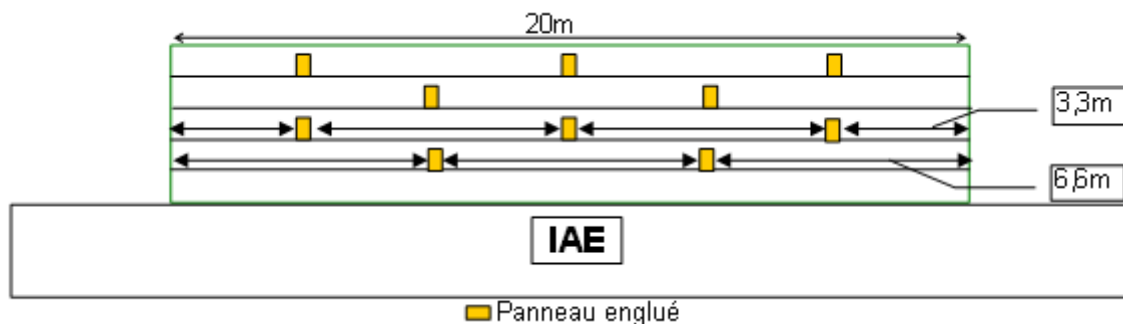
Après recherche bibliographique, il a été convenu d'effectuer un comptage du nombre de cicadelles adulte piégées toutes les semaines. En effet les résultats de suivi des populations de cicadelles réalisé par l'ITEIPMAI en 2014 montrent l'importance de relever et changer les pièges toutes les semaines pour pouvoir identifier les périodes de vol(5). Pour un piégeage efficace, la hauteur des pièges doit être comprise entre 5 et 62cm(3), les pièges seront donc disposer à coté des plants (inter-rang) de tel sorte que le sommet du piège arrive à hauteur de végétation. Enfin l'orientation des panneaux perpendiculaire aux rangs a été réfléchi afin de piéger sur les deux faces du panneaux de façon homogène et pour éviter qu'une face soit saturée lors des pics de population.

Figure 3 : Dispositif de piégeage des adultes sur thym :



- Remarque : - Les pièges sont placés à l'interface de deux plants de thym homogènes.
- Le premier piégeage a été mis en place le 29 Mars, un relevé sera donc fait tous les 7 jours à partir du 5 Avril

Figure 4 : Dispositif de piégeage des adultes sur mélisse :



Remarque : - Les rangs de mélisse étant continus, les pièges sont placés sur l'inter-rang à proximité immédiate du rang.

- Le premier piégeage a été mis en place le 30 Mars, un relevé sera donc fait tous les 7 jours à partir du 6 Avril

2. Suivi des dégâts sur feuille

a) Matériel

- Loupe binoculaire
- Balance de précision (0,01gr)

b) Méthode

Le suivi des dégâts sur feuille sera réalisé tous les 14 jours par prélèvement de 50 tiges/modalité et observation des feuilles sous loupe binoculaire. Le prélèvement se fera par échantillonnage à l'intérieur de la zone de notation (figures 3 & 4). Il a été convenu que la notation des dégâts sera effectué d'après un plan d'échantillonnage binomiale.

La notation des feuilles de thym :

Prélèvement : Il sera effectué à l'intérieur de la zone de notation sur un plant tous les 7 plants. Une tige de l'année, non fleurie, sera prélevée par plant échantillonné.

Observations : elles se porteront uniquement sur les grosses feuilles des 4 premiers étages foliaire bien individualisé (les petites feuilles, l'apex et le bas de la tige ne seront pas notés) soit une observation de 8 feuilles/brin sur 50 brins pour un total de 400 observations/modalités.

Notation des dégâts :

- Absence de dégâts
- Présence de dégâts

Remarque : En cas de forte pullulation il est possible que les dégâts deviennent trop importants pour cette échelle de notation (~100% de feuilles atteintes). Pour anticiper cette éventualité, la notation « présence de dégâts » sera divisée en 2 classes :

- moins de 5 piqûres de nutrition ou - de 30% de surface attaquée
- plus de 5 piqûres de nutrition et + de 30% de surface attaquée

Cette seconde échelle de notation ne sera exploitée que si l'importance des dégâts le justifie.

La notation des feuilles de mélisse

Prélèvement : Une tige tous les 2 mètres sur rang à l'intérieur de la zone de notation pour un total de 40 brins/modalité.

Observations : elle se porteront uniquement sur les feuilles principales des 3 premiers étages foliaire bien individualisés (l'apex et le bas de la tige ne seront pas notés) pour un total de 240 feuilles/modalités.

Notation des dégâts :

- Moins de 15% de dégâts (surface de feuille avec symptôme)
- plus de 15% de dégâts

3. Suivi des auxiliaires

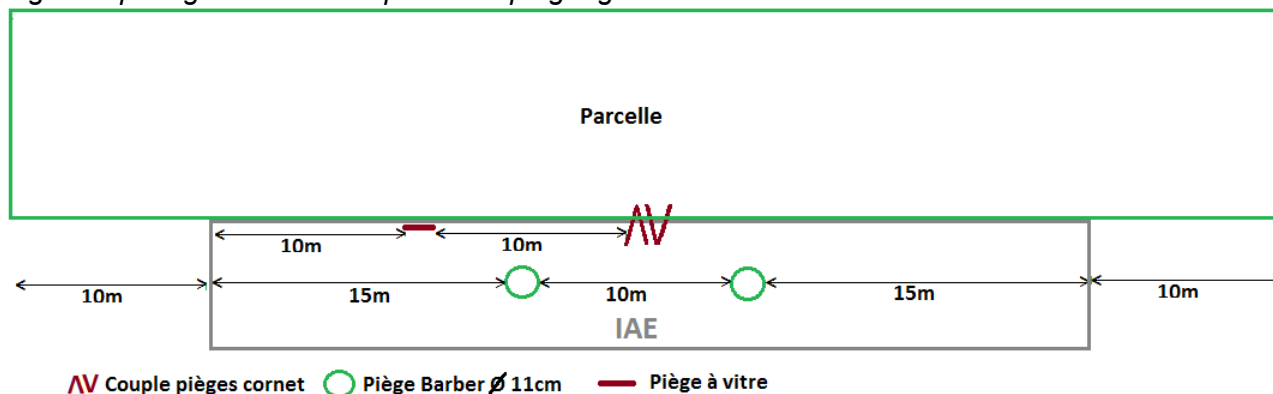
a) Matériel

- 12 pièges-fosse type Barber Ø 11cm (2/modalité)
- 12 pièges-cornet (un couple/modalité)
- 6 pièges-vitre (1/modalité)
- Loupe binoculaire

b) Méthode

Le dispositif de piégeage de la faune auxiliaire est basé sur le protocole Florégul mis au point par Alexis Villeneuve après avoir évalué l'intérêt de différents pièges. Il sera mis en place au sein de chaque IAE et bande témoin, une semaine avant de relever l'entomofaune capturée.

Figure 5 plan générale du dispositif de piégeage des auxiliaires



Remarque : ce plan se base sur une IAE de 40m de long, pour les IAE sur parcelle de mélisse (30m de long) les distances des pièges seront adaptées.

Dates de relevé : 3 relevés sont prévus :

- Début Mai (« point 0 » pour la bande fleurie qui n'aura pas encore levée)
- Début Juin
- Début Juillet

Identification et dénombrement :

Réalisée sous loupe binoculaire, l'identification sera développée au minimum jusqu'au morphotype (via méthode RBA). Une attention particulière sera portée sur l'identification des araignées et des punaises prédatrices qui comportent de nombreux auxiliaires généralistes potentiellement intéressants(6).

V. Résultats

Les résultats obtenus permettront d'estimer l'évolution des populations de ravageurs et d'auxiliaires potentiels (courbe de population) ainsi que de l'importance des dégâts.

Pour l'analyse statistique il sera d'abord déterminé la normalité des distributions et l'homoscédaticité des échantillons (test de shapiro-wilks ou test de kolmogorov-Smirnov) afin de justifier de l'emploi de statistiques paramétriques ou non-paramétriques.

Nous comparerons les résultats obtenus par test statistiques (test de Wilcoxon, Mann-withney, Kruskal-Wallis, corrélation de Kendal / ANOVA, Fisher-Snédecor, Khi², corrélation de Pearson)

L'objectif sera de déterminer :

- La présence d'une corrélation entre l'évolution :
 - des populations de cicadelles et des dégâts observés
 - des populations de cicadelles et d'auxiliaires
 - les populations d'auxiliaires et les dégâts observés
- Des différences significatives entre les variables des différentes modalités

Cela afin de pouvoir conclure sur l'intérêt de la mise en place de ces deux types d'aménagement pour la gestion des dégâts de cicadelles typhlocybae sur ces deux cultures de lamiacées.

L'interprétation des résultats sera pondérée par la prise en considération des variables non-controlées précisées ou non dans ce protocole. (type de sol, écarts de stades phénologiques,

historique des parcelles, assolement du voisinage des parcelles, évolution des IAE...).

Les conclusions tirées pourraient éventuellement s'appliquer à d'autres cultures de labiacées qui subissent aussi fréquemment des attaques de cicadelles typhlocybines.

VI. Bibliographie

(1) BOUILLANT S., MITTAZ C., COTTAGNOUD A., BRANCO N., CARLEN C., 2004. Premier inventaire des populations de ravageurs et auxiliaires sur plantes aromatiques et médicinales de la famille des Lamiaceae, Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic. Vol. 36 : 113-119

(2) NUSILLARD B., Mai 2001. Les cicadelles typhlocybines des labiées aromatiques : des ravageurs méconnus. Phytoma- La défense des végétaux. N°538 : 37-40

(3) NELSON F., 2014. Protection phytosanitaire de la mélisse officinale contre les cicadelles typhlocybines, Rapport de stage ITEIPMAI.

(4) DECLERCQ M., 2015 Évaluation de bandes enherbées sur la régulation des populations de mouches *Psila rosae* par leurs ennemis naturels sur cultures de carotte. Mémoire de licence.

(5) LEGER M., 2014. Protection phytosanitaire biologique de la culture de sauge officinale contre les cicadelles typhlocybines

(6) COURAUDON J., LE PERON V., 2014. Les Cicadelles, Dossier bibliographique CDHR centre.

[1] FERRE Alain, Responsable d'expérimentation de l'Agence régionale pour l'expérimentation horticole (AREXHOR) Pays de la Loire - Communication personnelle.

Annexe 4 : Liste des morphotypes identifiés

morphotypes	familles d'intérêt	familles contenant des auxiliaires de cicadelles
Agonum muelleri	oui	
Anchomenus dorsalis	oui	
Aphidoidea 1		
Aphidoidea 2		
Aphidoidea 3		
Aphidoidea 4		
Aphidoidea 5		
Aphidoidea 6		
Aphidoidea 7		
Apidae 1	oui	
Apis	oui	
autres Coccinelles et larves	oui	oui
Bombus sp.	oui	
Brachycera 1		
Brachycera 10		
Brachycera 11		
Brachycera 12		
Brachycera 13		
Brachycera 2		
Brachycera 3		
Brachycera 4		
Brachycera 5		
Brachycera 6		
Brachycera 7		
Brachycera 8		
Brachycera 9		
Buprestidae 1		
Cantharidae 1		
Carabidae 1	oui	
Carabidae 2	oui	
Carabidae 3	oui	
Carabidae 4	oui	
Carabidae 5	oui	
Carabidae 6	oui	
Carabidae 7	oui	
Cerambycidae 1		
Cerambycidae 2		
Cercopidae 1		
Charençon 1		
Charençon 2		
Chrysomelidae 1		
Chrysomelidae 2		
Chrysomelidae 3		
Chrysomelidae 4		
Chrysomelidae 5		
Chrysomelidae 6		
Chrysomelidae 7		
Cicadelidae 1		
Cicadelidae 2		
Cicadelidae 3		

morphotypes	familles d'intérêt	familles contenant des auxiliaires de cicadelles
Cicadelidae 4		
Cicadelidae 5		
Coccinella septempunctata	oui	oui
Coleoptera 1		
Coleoptera 2		
Coleoptera 3		
Curculionidae 1		
Cydnidae 1		
E. Atropunctata		
Eupteryx decemnotata		
Forficule		
Formicidae 1		
Fulguomorpha 1		
Fulguomorpha 2		
Gnaphosidae 1	oui	oui
Gnaphosidae 2	oui	oui
Heterocera 1		
Heteroptera 1		
Linyphiidae	oui	oui
Lycosidae 1	oui	oui
Lycosidae 2	oui	oui
Lycosidae 3	oui	oui
Lycosidae 4	oui	oui
Lycosidae 5	oui	oui
Lygaeidae 1		
Lygaeidae 2		
Miridae 1	oui	oui
Miridae 2	oui	oui
Miridae 3	oui	oui
Myriapodea 1		
Myriapodea 2		
Myriapodea 3		
Nebria salina	oui	
Oniscides		
Parasitica	oui	oui
Pentatomidae 1		
Phalangium opilio	oui	oui
Propylea quatuordecimpunctata	oui	oui
Salticidae 1	oui	oui
Staphylinidae 1	oui	
Staphylinidae 2	oui	
Staphylinidae 3	oui	
Staphylinidae 4	oui	
Symphyte		
Syntomus sp.	oui	
Syrphidae 1	oui	
Syrphidae 2	oui	
Syrphidae 3	oui	
Tetragnathidae 1	oui	oui

morphotypes	familles d'intérêt	familles contenant des auxiliaires de cicadelles
Thomisidae 1	oui	oui
Zoropsidae 1	oui	oui

Table des matières

Liste des abréviations	9
.....	9
Remerciements.....	11
Préambule	13
Introduction	17
I) Synthèse bibliographique : Les cicadelles typhlocybines et leurs ennemis naturels.....	19
A) Les cicadelles typhlocybines.....	21
1) Classification et caractéristiques.....	21
2) Cycle de développement.....	21
3) dégâts sur culture	21
3.a) Identification des symptômes.....	21
3.b) Incidence des dégâts.....	23
4) Identification des cicadelles Typhlocybines	23
5) Moyens de lutte.....	23
5.a) Prophylaxie et pratiques culturales.....	23
5.b) La lutte chimique.....	23
B) Les ennemis naturels des cicadelles typhlocybines.....	25
1) Les prédateurs généralistes.....	25
1.a) Ordre des Hemiptera.....	25
1.b) Ordre des Araneae.....	25
1.c) Ordre des Neuroptera.....	27
1.d) Ordre des Coleoptera.....	27
2) Les parasitoïdes	27
2.a) Ordre des Diptera.....	27
2.b) Ordre des Hymenoptera.....	27
2.c) Fiche entomologique : Anagrus sp.....	29
3) Les micro-organismes.....	31
3.a) Nématodes.....	31
3.b) Mycètes	31
II) Contexte & problématique de l'essai.....	33
1) La culture de thym.....	35
2) Les infrastructures Agro-Écologiques	35
2.a) La bande enherbée (Figure 27).....	35
2.b) La bande fleurie FLORÉGULE (Figure 28).....	35
3) Environnement de l'essai.....	37
3.a) Localisation de l'essai.....	37
Pour cette étude l'EPLFPA Angers-Le Fresne a mis à disposition deux parcelles de thym plantées se situant à 300m l'une de l'autre sur le site de l'exploitation (Figure 29).	37
3.b) Diagnostic & itinéraire cultural des parcelles suivies.....	37
4) Objectifs de l'essai.....	39
III) Expérimentation.....	41
A) Matériels et méthodes utilisés.....	43

1)Présentation générale du dispositif.....	43
2)Les variables mesurées.....	43
1.a)Suivi des adultes.....	43
2.a)Suivi des dégâts	45
2.b)Suivi de la faune auxiliaire.....	47
3)Traitement statistique des résultats obtenus.....	49
3.a)Étude des dynamiques de populations.....	49
3.b)Évaluation des critères de suivi des cicadelles et des dégâts.....	49
Afin d'évaluer la pertinence du suivi de ces deux variables, leur représentation graphique est présentée et analysée. La relation entre l'évolution des dégâts et des populations de cicadelles est par la suite testée par régression linéaire.	49
3.c)Mesure de l'influence de variable(s) non-contrôlée(s).....	51
3.d)Étude de la diversité morphotypique d'arthropodes piégés	51
3.e)Comparaison des populations d'auxiliaires piégés.....	51
B)Résultats & discussion.....	51
1)Présentation des résultats.....	51
1.a)Dynamiques des populations de cicadelles et d'Anagrus sp.....	51
1.b)Dynamique de population de cicadelles et évolution des dégâts.....	53
1.c)Influence du champignon entomopathogène.....	55
1.d)Diversité morphotypique de l'entomofaune capturée.....	57
La diversité morphotypique piégée lors des relevés du 3 mai et du 7 juin, en fonction des modalités testées (Figures 54 & 55) témoigne d'une biodiversité spécifique plus importante sur les modalités pBE et pBF que sur pT. On constate aussi une augmentation non-négligeable sur pBF entre le 3 mai (point zéro de la bande fleurie) et le 7 juin (floraison importante). Cependant la diversité morphotypique globale de chaque modalité ne diffère que légèrement. Afin d'évaluer plus pertinemment la population d'arthropodes, il faut prendre en considération le nombre d'insectes capturés. Pour cela la somme des arthropodes piégés est multipliée par la diversité morphotypique (Tableau 5). De cette façon on constate que la présence d'arthropodes a bien plus augmenté entre les deux relevés pour les modalités pBE et pBF que pour la modalité pT. Un test du Khi- ² réalisé sur la population totale capturée au 3 mai, ne permet pas de conclure à une différence significative pour au moins une des modalités. Cependant le même test effectué pour le relevé du 7 juin conclut à une différence significative pour au moins une des modalités. De manière générale, il semble donc que l'aménagement d'un couvert végétal en bordure de parcelle entraîne une présence plus importante d'arthropodes.	57
1.e)Comparaison des populations d'auxiliaires piégés.....	57
1.f)Influence de la biodiversité fonctionnelle sur la population de cicadelles.....	61
2)Discussion générale.....	61
2.a)Pertinence des critères de suivi des variables.....	61
2.b)Confrontation des résultats.....	63
Conclusion.....	67
Ouverture du sujet	69
Bibliographie.....	71
Sitographie.....	75
Annexes.....	77
.....	77