

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	1
1. MATERIEL ET METHODE	7
1-1. DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL	7
1-2. CULTURE DES PLANTES RELAIS	7
1-2-1. BLÉ – PARASITOÏDES	7
1-2-2. ALYSSE – <i>O. LAEVIGATUS</i>	8
1-2-3. AUBERGINE – <i>M. PYGMAEUS</i>	8
1-2-4. HARICOT – <i>P. PERSIMILIS</i>	8
1-3. DESCRIPTION DES AUXILIAIRES ET DES LÂCHERS	8
1-4. SUIVI DE L'ESSAI	9
1-5. ANALYSE STATISTIQUE	9
2. RESULTATS / DISCUSSION	10
2-1. PROBLÉMATIQUE DU PUCERON	10
2-1-1. INSTALLATION DES PARASITOÏDES	10
2-1-2. EFFICACITÉ DANS LA MAÎTRISE DE LA POPULATION DE PUCERON	11
2-1-3. ATTRACTION DES AUXILIAIRES NATURELS	11
2-2. PROBLÉMATIQUE DES ALEURODES	14
2-2-1. INSTALLATION DE <i>M. PYGMAEUS</i>	14
2-2-2. EFFICACITÉ DANS LA MAÎTRISE DE LA POPULATION D'ALEURODE	15
2-3. PROBLÉMATIQUE DU THRIPS	16
2-3-1. INSTALLATION D' <i>O. LAEVIGATUS</i>	16
2-3-2. EFFICACITÉ DANS LA MAÎTRISE DE LA POPULATION DE THRIPS	16
2-4. PROBLÉMATIQUE DE L'ACARIEN	17
2-5. OBSERVATION GÉNÉRALE DE LA CULTURE	17
3. CONCLUSION	18
3-1. SUR L'ESSAI	18
3-2. SUR LES RÉSULTATS	19
4. PERSPECTIVES	21
REFERENCES	24

GLOSSAIRE

Couche limite : C'est la couche d'air entourant la feuille plus ou moins saturée en eau. Cet atmosphère particulier résulte de la différence de pression entre l'air « relativement sec » environnant et de son pouvoir attractif sur l'eau de la feuille.

Défense directe : Réponse de la plante à un stress biotique ou abiotique par la synthèse de composés ou par une modification physique de ses organes afin d'améliorer sa faculté à répondre à la perturbation et préserver sa capacité à finir son cycle de développement (composé inhibant l'appétance, modification de la surface de la feuille etc.)

Défense indirecte : Synthèse de composés volatils suite à un stress biotique et abiotique pour la mise en place d'une stratégie de défense parallèle visant à une modification du comportement des organismes dans l'environnement pour prévenir ou répondre à la perturbation (composés attractifs pour les auxiliaires, etc.)

Diapause : C'est l'arrêt ou le ralentissement des fonctions métaboliques d'un insecte durant une période qui lui est défavorable. Cette phase est génétiquement déterminée et ne répond pas uniquement à la variation des conditions de l'environnement.

Face abaxiale : Face inférieure des feuilles

Fitness : La fitness d'un insecte se définit comme sa capacité à se reproduire et donc à maintenir et/ou à augmenter l'effectif d'un certain génotype dans l'environnement. Cette notion rentre dans la valeur sélective d'une population et de sa capacité à se sauvegarder malgré les pressions de sélections environnementales.

Rostre : pièce buccale chez certains insectes phytophages servant de guide aux stylets perforants servant à pénétrer dans les tissus végétaux.

Synomone : Composé chémiochimique volatil libéré par la plante et ayant un effet comportemental positif sur le receveur (animal et /ou végétal)

Liste des annexes

Annexe 1 : Présentation de l'exploitation

Annexe 2 : Relevés thermiques

Liste des tableaux

Tableau I : Semaine d'introduction et de remplacement des plantes relais dans T1 et T2

Tableau II : Description des auxiliaires et de leurs conditionnements

Tableau III : Caractéristiques de lâchers effectués

Tableau IV : Première observation des auxiliaires naturels

Tableau V : Analyse économique de la protection biologique

Liste des figures

Figure 1 : Présentation des ravageurs

Figure 2 : Présentation des auxiliaires

Figure 3 : Présentation des tunnels d'aubergines

Figure 4 : Plan de la disposition des plantes relais

Figure 5 : Préparation des plantes relais (blé)

Figure 6 : Création et mise en place des plants d'alyse

Figure 7 : Zone de lâchers *M.pygmaeus*

Figure 8 : Evolution de la population de parasitoïdes en fonction des semaines

Figure 9 : Evolution de la population de pucerons en fonction des semaines

Figure 10 : Evolution de la population de parasitoïdes en fonction du nombre de ravageur

Figure 11 : Modèle proie-prédateur

Figure 12 : Dynamiques des populations dans les tunnels essais

Figure 13 : Feuille d'aubergine peuplée de larves d'*A.aphidimyza* et de momies

Figure 14 : Population d'auxiliaires naturels en fonction des semaines

Figure 15 : Auxiliaires naturels

Figure 16 : Evolution des lâchers de *M.pygmaeus* sur les plantes relais associées

Figure 17 : Evolution de la population de *M.pygmaeus* sur les plants d'aubergines observés

Figure 18 : Evolution des population de larves et d'adultes de *M.pygmaeus* sur les feuilles des plantes de la serre (à gauche) et sur les plantes de lâchers (à droite)

Figure 19 : Evolution de la population de thrips sur *L.maritima* avant et après les lâchers d'*O.laevigatus*

Figure 20 : Evolution du nombre d'*O.laevigatus*

Figure 23 : Photographie des tunnels d'aubergine en semaine 31

INTRODUCTION

Dans les exploitations maraîchères pratiquant un mode de culture biologique, avec la gestion de l'enherbement, la maîtrise de la pression des bioagresseurs est une des problématiques prédominantes. En plus d'affaiblir la plante, la plupart des organismes nuisibles peuvent altérer de manière considérable la valeur marchande de la production (déformation et/ou absence de développement des fruits, altération des légumes feuilles etc.) pouvant entraîner une baisse qualitative et quantitative de l'offre. Les espèces végétales cultivées sous abris froid sont les cultures ayant la plus grande rentabilité économique mais également celles qui sont les plus sensibles (robustesse des espèces, climat sous abris favorable aux ravageurs, etc.). Il est donc important que la conduite de ces dernières soit bien maîtrisée afin de pouvoir assurer une bonne rentrée financière pour couvrir une partie importante des charges. Dans un système de production écologique, sans l'intervention de produits de synthèse, l'introduction d'insectes auxiliaires peut être une des réponses alternatives au problème de pression des ravageurs pour les cultures sous abris.

Les abris froids, un climat particulier

Les cultures menées sous abris sont plantées plus précocément que les cultures de plein champ, ceci en vue de répondre à une demande en produits d'été tôt dans la saison. Le climat que l'on trouve sous les espaces de cultures permet aux insectes phytophages présents à proximité ou dans la serre sur des plantes hôtes primaires d'initier leurs cycles sur les plantes hôtes secondaires (ici la plante cultivée) bien avant l'apparition des premiers auxiliaires autotchones. Le système de fertilisation de la majorité des exploitations maraîchères biologique est basé sur un unique apport de matière organique en début de culture. A cette période de l'année (vers le mois de mars-avril) la température du sol encore trop faible ne permet pas une minéralisation rapide des éléments organiques. La disponibilité en éléments minéraux est alors limitée, et ralentit le démarrage de la culture. Une attaque précoce sur de jeunes plants sensibles peut fortement compromettre leurs potentiels productifs et ce pour toute la saison. Dans une optique d'introduction d'insectes auxiliaires, il convient de réaliser les lâchers précocément, avant même que la population du ravageur devienne problématique, étant donné que cette technique de lutte biologique est à vue prophylactique et non curative. En condition naturelle, les dynamiques de population des auxiliaires sont étroitement liées à celles des ravageurs et déterminent le modèle proie-prédateur (équations de Lotka-Volterra). Les auxiliaires ont un développement qui dépend de la présence de leurs hôtes/proies. Les serres étant des espaces relativement isolés de l'environnement naturel, le climat qu'on y retrouve est différent de l'extérieur. De ce fait l'équilibre est plus difficile à obtenir à cause d'un développement plus rapide des bioagresseurs. Il est intéressant de se demander comment il est possible d'obtenir une population d'auxiliaire satisfaisante dans les

Rapport-Gratuit.com

espaces de culture avant l'arrivée des organismes phytophages. La constitution d'un stock précoce d'auxiliaires permettrait de contrôler les attaques dès le début et ainsi de maîtriser leur évolution.

Les plantes relais, une technique à approfondir

Le système des plantes relais consiste à importer dans l'abri une plante différente de celles cultivées qui soit pré-infestée par des bioagresseurs qui lui sont inféodés ou non. Les organismes la peuplant doivent être compatibles avec les auxiliaires introduits pour que ces derniers puissent les parasiter ou s'en nourrir, assurant ainsi leur reproduction et/ou leur nutrition (Franck, 2010). Les auxiliaires pourront par ce biais augmenter et/ou maintenir leurs populations dans l'espace de culture. Ce système permet de maintenir une diversité des auxiliaires et s'affranchir de leurs dépendances aux ravageurs présents sur la culture. Dans cette idée, la population d'auxiliaire resterait relativement stable malgré la baisse des organismes nuisibles. De plus, les plantes sélectionnées peuvent également servir elles-mêmes de source nutritive et hydrique pour certains prédateurs qui ont un comportement phytophage en l'absence de proies (Portillo *et al.* 2012). Ces dernières peuvent aussi servir de support aux pontes des auxiliaires. Il convient donc de se demander comment il est possible d'associer ce concept à une culture maraîchère afin d'en mesurer l'intérêt et l'efficacité.

L'étude sera menée sur une culture d'aubergine du fait de sa forte attraction vis à vis de nombreux bioagresseurs qui ne lui sont pas inféodés. Ceci permettra de se rendre compte par le biais d'un seul essai si cette technique présente un intérêt sur l'ensemble des ravageurs. La culture étant difficile à protéger en lutte biologique, l'essai vise aussi à approfondir une technique pour proposer aux exploitants une manière simple et efficace de protéger leurs productions. La problématique posée est donc la suivante :

« Comment peut-on intégrer l'utilisation de plante relais dans la protection de l'aubergine en lutte biologique ? Cette technique permet-elle d'augmenter l'efficacité des lachers d'auxiliaires en améliorant leurs installations dans les espaces de cultures ? »

L'aubergine, une culture attractive vis-à-vis de multiples ravageurs (fig.1)

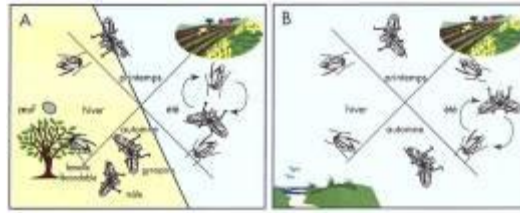
L'aubergine, *Solanum melongena* possède un faible niveau de défense directe. Quand cette dernière est soumise à une attaque, la synthèse de métabolites secondaires liés à cette défense est fortement activée au détriment de ceux liés à la défense indirecte (synthèse de synomones) (Van Den Boom *et al.* 2004, Dicke *et al.* 1998). Cependant, l'aubergine possède des feuilles coriaces qui peuvent tolérer des attaques importantes. En début de printemps, le climat extérieur est souvent trop froid pour le développement de la plante qui nécessite une température du sol supérieur à 15 °C et un optimum

Puceron :

Ordre : Hemiptera, Sous-ordre : Sternorrhyncha, Super-famille : Aphidoidea



source : wikipedia



A : cycle diacyclics , B : cycle aholocyclique

source : librairie.immateriel.fr

Thrips : (*Frankliniella occidentalis*, *Thrips tabaci*)

Ordre : Thysanoptera, Famille : Thripidae, Sous famille : Thripinae



1 : œuf, 2 : 1^{er} stade larvaire, 3 : 2^{ème} stade larvaire, 4 : pré-pupe, 5 : pupe, 6 : jeune adulte, 7 : adulte

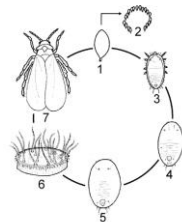
Source : <http://www.jasons-indoor-guide-to-organic-and-hydroponics-gardening.com>

	Température	15°C	20°C	30°C
Durée de développement (jours)	Œuf	11	6	3
	Larve 1	5	3	1,5
	Larve 2	9	3	1,5
	Pré-pupe, pupe	8,5	6	3
	Œuf - adulte	39.4	26.3	9.3

Source : Malais et Ravensburg , 2006

Aleurode : (*Trialeurodes vaporariorum*)

Ordre : héminoptère, Sous ordre : homoptère, Famille : Aleyrodidés, Sous famille : aleyrodinés.



Source : wikipedia

1 : œuf isolé, 2 : ponte, 3 : 1^{er} stade larvaire, 4 : 2^{ème} stade larvaire, 5 : Prénympe 6 : Nympe, 7 : Adulte
source : ephytia.inra.fr

	Température	20°C	30°C
Durée de développement (jours)	Œuf	8	3,9
	Stades larvaires	14,8	16,8
	Œuf-adulte	32	26,2
	Longévité	50	74
	Œuf pondus par femelle	364	666

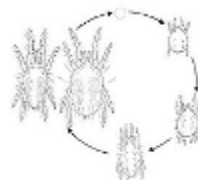
Source : Malais et Ravensburg , 2006

Acarien : (*Tetranychus urticae*)

Ordre : Acari, Sous ordre : Acariforme, Famille : Tetranychidae



Source : inra.fr



Œuf, larve, protonympe, deutonympe, adulte
source : citrusplants.com

	Température	15°C	25°C	35°C
Durée de développement (jours)	Œuf	14,3	4,3	2,4
	Larve	6,7	1,8	1
	Œuf-adulte	32,9	9,6	5,74

Source : Malais et Ravensburg , 2006

Figure 1 : Présentation des ravageurs



thermique de 22-26°C le jour et de 16-20°C la nuit (Chambre d'agriculture, 2012). Les abris de cultures restent alors fermés entraînant un confinement, aboutissant à une élévation de la température qui entraîne une augmentation de l'évaporation du sol et donc de l'hygrométrie sous la serre. Cela enclenche le développement des premiers pucerons présents en état de latence sur les plantes avoisinantes (Goff et al., 1932). Le desherbage, en maraîchage biologique est souvent difficile à gérer de par sa contrainte chronophage et prend parfois du retard. Les adventices qui se développent servent de plante hôte pour la croissance des premiers foyers de pucerons. Lorsque ces plantes deviennent trop affaiblies par une population de pucerons grandissante, les stades ailés iront coloniser les plants d'aubergine. Ces derniers, importants consommateurs de sève rejettent du miellat qui se dépose sur les fruits et les feuilles et entraîne le développement de fumagine. Les auxiliaires naturels n'étant pas encore présents en nombre suffisant (du fait d'une température extérieure encore trop faible), les jeunes plantes ont des difficultés à contrer cette attaque.

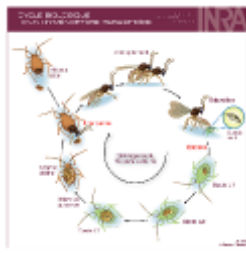
Un autre ravageur qui se développe sur l'aubergine est l'aleurode, *Trialeurodes vaporariorum*. La larve, consomme la sève et sécrète du miellat entraînant les mêmes dégâts qu'une attaque de puceron. Ce ravageur est difficile à maîtriser du fait d'un manque de prédateur pour le stade adulte qui a une capacité de dispersion importante. Ces derniers peuvent juste être piégés par des panneaux englués jaunes. La stratégie se base donc sur les stades larvaires.

Pendant l'été, on observe également sur l'aubergine de forte attaque d'acarien (majoritairement *Tetranychus urticae*) pouvant aboutir à un jaunissement de la plante entière (suite à la ponction de sève) altérant sa source énergétique. L'acarien se développe essentiellement sur la face abaxiale de la feuille dans des conditions sèches et chaudes, climat que l'on retrouve pendant cette saison (Malais et Ravensburg, 2006). Lors de fortes attaques, les acariens tissent une toile en vue d'assécher le couche limite, se protéger des auxiliaires et de faciliter leur dispersion (Roda et al. 2000).

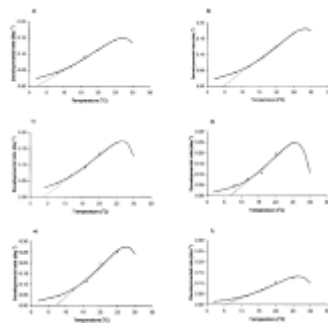
Enfin le dernier des bioagresseurs principaux de l'aubergine est le thrips. Ce petit insecte prélève le contenu cellulaire grâce à son rostre qui lui permet de froter les cellules épidermiques et peut entraîner une formation de zones liegeuses sur le fruit, voir une déformation. Il consomme également du pollen, altérant ainsi la pollinisation du fruit. Ce ravageur entraîne une baisse qualitative du produit (Guyot, 1988) et peu aboutir à un refus d'achat par des coopératives ou magasins spécialisés. Sur feuille, la plante peut supporter la présence de plus d'une dizaine de thrips. L'attaque devient importante si les nouvelles feuilles sont attaquées précocément et que leurs épidermes sont tellement abimés que la photosynthèse s'arrête. A ce moment, si les vieilles feuilles sont également atteintes, le plant peut être très affaibli.

Durant la période estivale, la plante commence à prélever les réserves minérales du sol. L'amendement organique s'épuise et la plante commence à s'affaiblir. Peu d'exploitations réalisent un apport fertilisant supplémentaire pendant la culture, ce qui augmente la sensibilité de la plante cultivée vis-à-vis des ravageurs. C'est pourquoi, les attaques d'acariens, d'aleurodes et de thrips peuvent

Les parasitoïdes



source : inra.fr



Temperature-dependent developmental rate for egg to mummy and mummy to adult development of *A. ervi* (a, d), *A. rhopalosiphii* (b, e), and *P. volucre* (c, f). Linear and physiological regression lines (Sigsgaard 2000)

Macrolophus pygmaeus

ordre : hemiptera, famille : miridae, tribu : dicyphini



source : bcpcertis.com

Prey	n^c	n^d	Mean ^a ± s.e. ^b
<i>Trialeurodes vaporariorum</i>	21	20	15.21 ± 0.14a
<i>Myzus persicae</i>	20	18	16.67 ± 0.24b
<i>Macrosiphum euphorbiae</i>	20	19	17.11 ± 0.19b
<i>Aphis gossypii</i>	20	17	17.18 ± 0.20b
<i>Tetranychus urticae</i>	22	19	17.42 ± 0.35b
No prey	20	17	21.05 ± 0.81c

Total Development Period (Days) of the Nymphal Stages of the Predator *Macrolophus pygmaeus* on Eggplant in the Presence of Various Prey Species at 25°C

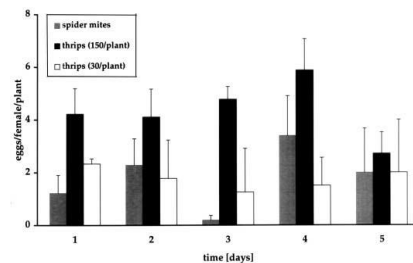
Note. Means followed by different small letters within the column are significantly different (P < 0.05). a Development time in days. b s.e., standard error of the mean. c Initial number of replicates. d Final number of nymphs completing development in the respective (Perdikis et Iykouressis, 2000)

Orius laevigatus

ordre : hemiptera, famille : anthocoridae



source : bcpcertis.com



Oviposition rate of predatory bug females per plant during five days.

Plants were infested either with c. 800 spider-mite females per plant (dashed bars), with c. 30 thrips larvae per plant (open bars) or with c. 150 thrips larvae per plant (closed bars). Shown are the average and standard error per treatment per day from three replicate experiments. (Venzon et al. 2002)

Phytoseiulus persimilis

classe : arachnida, ordre : Mesostigmata, famille : Laelapidae



source : bcpcertis.com

		Température	
		20°C	30°C
Durée de développement (jours)	Œuf	3,1	1,7
	Œuf-adulte	7,2	3,9
	Période de pré-ovoposition	1,9	1,1
	Œuf-Œuf	9,1	5
	Œufs pondus par femelle	53,5	62,8

source : Malais et Ravensberg, 2006

Figure 2 : Présentation des auxiliaires

parfois avoir des répercussions importantes vu la baisse de l'efficacité des mécanismes de défense de la plante.

Il existe d'autres insectes défoliants, comme les doriphores et les chenilles. Ces deux bioagresseurs peuvent être maîtrisés par des solutions de *Bacillus Turingensis* dont plusieurs souches sont utilisées suivant la famille de l'organisme visé. Au début de production, on retrouve également des sauterelles et forficules mais qui n'ont pas des impacts importants. Les forficules ont également une action de prédation sur les pucerons (Dib, 2010). Considérant leurs dégâts peu marqués, ces derniers peuvent participer au biocontrôle du genre Aphid.

Les auxiliaires et leurs plantes relais. (fig.2)

Les pucerons sont les premiers ravageurs à arriver sur la culture. Afin de limiter cette pression il sera introduit différents parasitoïdes. Ces micro guêpes ont un besoin strict de pondre leurs œufs dans les pucerons entraînant ainsi leur mort. Une fois la larve éclore, cette dernière sécrète des enzymes qui dégradent les tissus de l'hôte assurant ainsi un meilleur apport nutritif. Ces protéines ont une action sur le système endocrinien de l'hôte, affectant son développement (dégradation épidermique aboutissant à la formation d'une « momie ») et son métabolisme (augmentation du métabolisme azoté) (Falabella et al. 2000). Certains parasitoïdes comme le genre *aphelinus sp.* exercent également une action de prédation appelée « host feeding » en vidant le contenu corporel du puceron grâce à un trou fait avec son ovipositeur (Malais et Ravensburg, 2006). La plante relais associée à ce ravageur est un plant de blé peuplé de pucerons inféodés (*Sitobion avenae*). Ce type de plante relais a déjà montré des résultats intéressants dans la lutte contre le puceron noir du concombre (*Aphis gossypii*) avec comme puceron *Rhopalosiphum padi* (Boll et al., 2001). Les parasitoïdes détectent la plante relais via ses synthèses de synomones qui affectent son comportement (ralentissement du temps de recherche et de la vitesse de vol, prospection plus accrue etc., Rehman et Powell, 2010). Dans le cas de l'essai, il sera utilisé plusieurs parasitoïdes (tab. II page 8) en vue de pouvoir avoir un champ d'action plus large étant donné la diversité des espèces de pucerons qui pourront être rencontrés. Ces parasitoïdes, ayant des optimums thermiques différents, pourront protéger la serre malgré les variations hebdomadaires des températures.

La fitness des auxiliaires est majoritairement plus faible que celle des organismes nuisibles, avec une descendance numériquement inférieure et des cycles de développement plus longs. Dans ce cas où il est utilisé des parasitoïdes dans un programme de lutte contre le puceron, ces derniers doivent être amenés sur la culture avant ou au tout début d'une attaque du ravageur. Même si la femelle peut pondre jusqu'à 100 œufs par jour au début de son développement, les pucerons restent capables de se reproduire et ce pendant 2 jours (Malais et Ravensburg, 2006). En cas de forte chaleur, les cycles de développement sont fortement raccourcis et sont donc plus durs à maîtriser. C'est pourquoi, lorsque la

population de pucerons devient problématique, il est plus judicieux d'introduire des prédateurs qui éliminent directement les ravageurs.

Pour maîtriser la population d'acarien, il sera introduit des acariens prédateurs (*Phytoseiulus persimilis*). La forme adulte de cet acarien peut exercer une action de prédation sur tous les stades de développement de *T.urticae* et possède l'avantage d'avoir un développement plus rapide que sa proie (durée œuf- œuf à 25°C de 10.5 jours pour *T.urticae* contre 6.9 jours pour *P.persimilis*, Malais et Ravensberg, 2006). *P.persimilis* détecte ses proies via les émissions de composés volatils émis par la plante attaquée (Gols et al. 1999). Pour ce ravageur, la plante relais sera élaborée sur l'exploitation. Des plants de haricots seront disposés dans une serre de poivrons (du fait d'une quasi inexistence d'attaque d'acarien sur poivron) ou à proximité d'une attaque d'acarien. Une fois que la population d'acariens phytophages sera importante, il sera dispersé dessus des acariens prédateurs qui pourront dès lors commencer leur cycle de vie et effectuer des pontes sur le plant. Ces derniers seront ensuite disposés dans les serres d'aubergine à côté des foyers pour que les acariens prédateurs migrent sur les plantes cultivées (importation lorsque le pourcentage de *P. persimilis* est au environ de 75 %). Le choix du haricot repose sur son attractivité pour les tetranyques et son utilisation pour les élevages de *P. persimilis* (Skirvin et Fenlon, 2003). Cependant ,ce prédateur est peu actif au dessus de 30°C avec une baisse de sa fitness (Malais et Ravensburg , 2006). C'est pourquoi il est intéressant de compléter cette introduction par le lacher d'*Orius laevigatus* et *Macrolophus pygmaeus*.

Ces deux punaises prédatrices ont un comportement polyphage qui permet d'avoir une protection de la culture plus large. *O. laevigatus* (tous stades inclus) est un agent de contrôle très performant pour combattre le thrips. Il est capable de d'avoir une action sur les foyers d'acariens qui nécessitent une dépense énergétique plus faible (du fait d'une prospection plus aisée vu la mobilité réduite des acariens) mais acquiert une fitness inférieure (Venzon et al, 2002). L'introduction de cette punaise se fera sur de l'Alysse (*Lobularia maritima*). Cette plante annuelle à longue période de floraison (10 mois) possède des bouquets avec un important nombre de fleurs. Cette plante est un bon refuge pour le prédateur Orius pour plusieurs raisons. Dans un premier temps, cette plante fortement pollinifère et nectarifère présente donc une source nutritive intéressante pour le prédateur (le pollen améliorant la fitness d'Orius (Wong et Frank, 2013), le pollen permettant également l'attraction du thrips). De plus, la punaise peut également se nourrir du tissu végétal pour les apports hydriques et azotés (Pumariño et Alomar, 2012).

M. pygmaeus est également une punaise polyphage utilisée principalement pour lutter contre les aleurodes, elle exerce aussi une action sur les foyers d'acariens et les jeunes stades de pucerons, mais également sur les chenilles et oeufs de lépidoptères. (Perdikis et Lykouressis 2000, Hensel et al. 1999). *Macrolophus* détecte les ravageurs par le biais des composés volatils émis par la plante

lorsqu'elle est soumise à une attaque d'un herbivore. L'insecte est capable de collecter des informations olfactives via des récepteurs situés sur ses antennes et ainsi se rendre compte de la quantité et de la diversité des ravageurs présents (Moayeri *et al.* 2006) et ainsi exercer une prédation de type II (prédation qualitative) et de type III (prédation quantitative) (Enkegaard *et al.* 2003). Cette punaise se développe très bien sur les solanacées. Du fait que la réalisation d'un cycle complet est long pour cet auxiliaire et que les larves sont aptères, il est plus judicieux de réaliser les lâchers directement sur le feuillage pour une meilleure colonisation de l'espace. Sur 4 zones, il sera saupoudré directement sur les plants d'aubergines des œufs d'*Artemia sp.* qui constitueront une alimentation protéinée alternative pour *M. pygmaeus* et ainsi permettront d'améliorer son cycle de développement (Castañé *et al.* 2006, Vandekerkhove *et al.* 2009). Habituellement, il est utilisé des œufs d'*Ephestia kuehniella*. Les œufs de la pyrale de la farine doivent subir un processus onéreux de stérilisation afin d'améliorer la conservation des œufs et éviter tout risque d'installation de cette mite alimentaire. La nourriture devient alors chère (souvent plus chère que l'auxiliaire lui-même) et peu accessible aux exploitants maraîchers biologiques. L'installation de *M. pygmaeus* est longue à mettre en place du fait d'un cycle de développement long (30.3 jours pour un cycle complet à 25°C, Malais et Ravensberg, 2006). Il est donc impératif de l'introduire tôt dans la saison pour que la population soit suffisamment importante pour pouvoir maîtriser la montée des ravageurs. Mais cet insecte est aussi sensible au froid et arrête de se développer à des températures en dessous de 10°C. Son introduction reste donc délicate car les températures sous abris froid peuvent avoir avoisiné les 10°C souvent durant le printemps. Les jeunes stades de macrolophus étant aptères sont limités dans leur capacité de prospection. C'est pourquoi il est nécessaire d'attendre que les feuilles des plants d'aubergines se touchent pour assurer le déplacement des premiers stades.

Dans un premier temps, il sera décrit le protocole mis en place et la démarche analytique suivie pour répondre à la problématique. Les résultats issus des comptages réalisés seront décrits et expliqués autant que possible (étant dans une situation multi relationnelle, il est difficile de comprendre l'influence de tous les facteurs sur les auxiliaires et les bioagresseurs). Le rapport s'achèvera par une réflexion sur la technique et sur les perspectives qui en découleront.



3.1 T0 : semaine de plantation



3.2 T1 : semaine de plantation



3.3 T2 : semaine de plantation

Figure 3 : Présentation des tunnels d'aubergines (photographies personnelles)

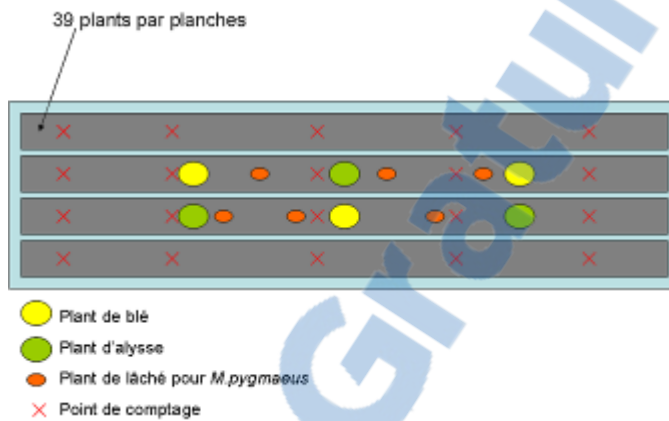


Figure 4 : Plan de la disposition des plantes relais



5.1 semis de blé



5.2 puceron *S.avenae*

Figure 5 : Préparation des plantes relais (blé) (photographies personnelles)

Tableau I : Semaine d'introduction et de remplacement des plantes relais dans T1 et T2

	introduction	remplacement
T1	15	19
T2	19	23

1. MATERIEL ET METHODE

1-1. Dispositif expérimental

Afin de mesurer l'intérêt de l'utilisation des plantes relais dans la protection de l'aubergine en lutte biologique, un essai sera mené dans une exploitation maraîchère biologique d'Orvault (44) (voir annexe 1). Au sein de cette exploitation, 3 serres d'aubergine menées par le même itinéraire technique serviront de support à l'expérimentation (fig.3). Parmi ces 3 serres, une servira de témoin (absence de plantes relais) (T0) et les deux autres serviront de répétition pour tester l'influence des plantes relais (introduction de plantes relais dans T1 et T2) (fig.4). Un planning de lâchers identique pour chaque tunnel est prévu avant l'entrée en production de la culture. L'essai se réalisant en condition producteur, des lâchers supplémentaires pourront être effectués s'ils s'avèrent indispensables pour assurer le potentiel productif des plants. Dans le cas des pucerons, si la population de ravageur devient trop importante (supérieure à 100 individus par feuille), un traitement mécanique sera effectué sur la culture pour assurer une baisse des organismes nuisibles. La préparation utilisée pour l'éventuel traitement est une solution de vinaigre blanc ménager dilué à 2% avec de l'eau (pourcentage nocif pour l'insecte sans pénaliser l'efficacité du feuillage de la plante). Il ne sera pas utilisé de produits naturels homologués en agriculture biologique du fait de l'impact de ces produits non sélectifs sur la faune auxiliaire et du choix technique des producteurs. Il sera aussi possible de compléter les introductions d'auxiliaires par l'introduction d'*Aphidoletes aphidimyza*, une larve de cécidomie très vorace qui par son action de prédation fait baisser de manière importante la population de puceron. Cet auxiliaire ne rentre initialement pas dans la stratégie de lutte car il pourrait avoir un effet compromettant si les œufs des larves prédatrices sont pondus sur les plantes relais.

1-2. Culture des plantes relais

1-2-1. Blé – parasitoïdes (fig.5)

Une barquette déjà semée et ensemencée de puceron *Sitobion avenae* provenant de Biological Crop Protection-Certis (BCP-Certis) servira de plante relais. La barquette est divisée en 3 et replantée au milieu dans des pots de 5L. Des grains de blé sont semés autour (environ 30) pour augmenter la densité de la plante relais. Si les pucerons ne migrent pas par leurs propres moyens sur les nouvelles pousses de blé, il suffira de secouer légèrement le plant de blé originel pour aider à la migration des pucerons. Plusieurs séries de plantes relais ont été réalisées dans la serre à semis de l'exploitation (semaine 11, 16 et 22) afin de pouvoir les placer si ces dernières rencontrent des problèmes (irrigation, mort des pucerons etc.) (tab. I). Il y aura également 3 plantes relais disposées de manière homogène dans T1 et T2.



6.1 Plante taillée sur la moitié pour favoriser la remontée en fleur



6.2 Alysse sous voile insecte proof (premier lâcher des auxiliaires)



6.3 Positionnement des plantes relais (en premier plan l'alysses et en arrière plan le blé)

Figure 6 : Création et mise en place des plants d'alysses



7.1 Plant de lâcher marqué d'un rubalise (vermiculite du conditionnement de l'auxiliaire sur feuilles)



7.2 Œufs d'artémia sur feuille d'aubergine

Figure 7 : Zone de lâchers *M.pygmaeus*

1-2-2. Alysse – *O. laevigatus* (fig.6)

1 sachet de 15 g pour 8 pots de 5L. Les pots sont recouverts de sable tamisé et disposés dans la serre à semis des serres municipales de la commune de Carquefou. (semis : semaine 16 et 17)

Une fois les pots fleuris, la moitié des plantes seront taillées pour favoriser leur remontée en fleurs et ainsi améliorer la disponibilité en pollen pour l'auxiliaire. Avant d'introduire les plantes relais dans l'espace de culture, les pots seront isolés pendant 10 jours sous un voile insecte proof du fait d'une présence importante de thrips dans les fleurs. Ceci permettra d'une part de réaliser un premier lâcher (semaine 26) isolé pour permettre aux différents stades d'*O.laevigatus* de se développer et aux adultes de déposer leurs premières pontes sur les parties végétatives de la plante (Malais et Raversberg, 2006). Cette introduction précoce permet également de diminuer la pression en thrips et d'éviter de créer un foyer de ravageurs au sein des plantes cultivées. Il y a 3 pots d'alyse, répartis de manière homogène, introduits dans T1 et T2 en semaine 27.

1-2-3. Aubergine – *M. pygmaeus* (fig.7)

Afin de permettre la dispersion des premiers stades non ailés de l'auxiliaire, il été nécessaire d'attendre que les plants d'aubergine soient suffisamment développés et que les feuilles se touchent. Une fois ce stade atteint, 6 points de lâchers sont mis en place dans le milieu de la serre. Sur ces plants sélectionnés dans T1 et T2 et marqués par un rubalise, des oeufs d'artémia ont été saupoudrés sur les feuilles. Les lâchers ont été réalisés en semaine 27 dans les trois tunnels (dans T0, les auxilliaires seront lâchés directement sur le feuillage).

1-2-4. Haricot – *P. persimilis*

10 graines de haricots nains sont semées dans des pots de 5L dans la serre de semis de l'exploitation en semaine 23. En semaine 28 les plants sont introduits dans le milieu d'une des serres de poivrons

L'ensemble des plantes relais sont disposées au milieu de la serre du fait de la presence d'un climat plus chaud, donc plus favorable au développement des auxiliaires, mais aussi des ravageurs. Ce positionnement ne concerne pas les plants de haricots qui seront mis à proximité des foyers d'acariens

1-3. Description des auxiliaires et des lâchers

Les tableaux II et III regroupent l'ensemble des informations concernant les auxiliaires, leur provenance, leur conditionnement, ainsi qu'un descriptif des lâchers effectués en T0, T1 et T2.

Tableau II - Description des auxiliaires et de leurs conditionnements

	Nom commercial	Fournisseur	Nombre individus par conditionnement	Type de conditionnement	Mise en place
Parasitoïdes (<i>Aphelinus abdominalis colemani ervi</i> et <i>matricariae</i> , <i>Aphedrus cerasicole</i> , <i>praon volucre</i>)	Aphidsure mix	BCPCertis	240 momies	momies libres	Dans tube suspendu
<i>Phytoseiulus</i>	Phytosure	BCPCertis	2000	vermiculite	Sur le feuillage
<i>O. laevigatus</i>	Oriusure	BCPCertis	500	cosse de sarrasin	Sur le feuillage
<i>M. caliginosus</i>	Macsure	BCPCertis	250	vermiculite	Sur le feuillage
<i>A. aphidimiza</i>	Aphidosure	BCPCertis	1000 pupes	vermiculite	Sur sol humide

Tableau III - Caractéristiques de lâchers effectués

Parasitoïdes puceron	semaine	T0				T1				T2			
		16	18	20	22	15	17	19	21	19	21	23	25
<i>M. caliginosus</i>	quantité (unité commercialisée)	2	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1
	semaine	27											
<i>O. laevigatus</i>	quantité (unité commercialisée)	0,33/0,33/0,33				0 (lâcher sur plantes relais) /0,33/0,33							
	semaine	26/27/28											
<i>A. aphidimiza</i>	quantité (unité commercialisée)	1	0,33	0,33									
	semaine	26	28	30									

Parasitoïdes puceron	semaine	T0				T1				T2			
		16	18	20	22	15	17	19	21	19	21	23	25
<i>M. caliginosus</i>	individus /m ²	2.6	1.3	1.3	1.3	2.7	1.4	1.4	1.4	2.7	1.4	1.4	1.4
	semaine	27											
<i>O. laevigatus</i>	individus/m ²	0.7/0.7/0.7				0 (lâcher sur plantes relais) /0.7/0.7							
	semaine	26/27/28											
<i>A. aphidimiza</i>	individus/m ²	4.3	1.4	1.4									
	semaine	26	28	30									

Les lâchers effectués ont été réalisés en fonction de la date de plantation (relative au climat) et à la pression des ravageurs (pour le cas *A.aphidimyza*)

1-4. Suivi de l'essai

Afin de suivre l'évolution des ravageurs et de leurs auxiliaires, des comptages seront réalisés toutes les semaines sur 20 plantes par serre. Sur les feuilles de ces dernières seront référencé le nombre d'organismes ravageurs, ainsi que le nombre d'auxiliaires présents. Pour les parasitoïdes, les comptages seront basés sur le nombre de momies non écloses trouvées sur les feuilles. On ne prend pas en compte les momies écloses car ces dernières certifient la présence d'auxiliaires mais ne rendent pas compte de l'efficacité de parasitisme (date de l'éclosion inconnue, potentiel de parasitisme incertain etc.). Il ne sera pas différencié les espèces de pucerons parasités et des parasitoïdes. Ces identifications sont compliquées étant donné la grande diversité des momies suivant l'hôte et le parasitoïde. Pour les punaises prédatrices lâchées (*M. pygmaeus* et *O. laevigatus*) il sera compté le nombre d'individus (imago et stade larvaire) étant donné la difficulté de visualiser les pontes. Concernant les auxiliaires indigènes, tout élément permettant de justifier leurs présences (œufs non éclos, jeunes stades et imagos) sera pris en compte dans l'analyse. L'essai débute en semaine 13 et s'achève en semaine 21.

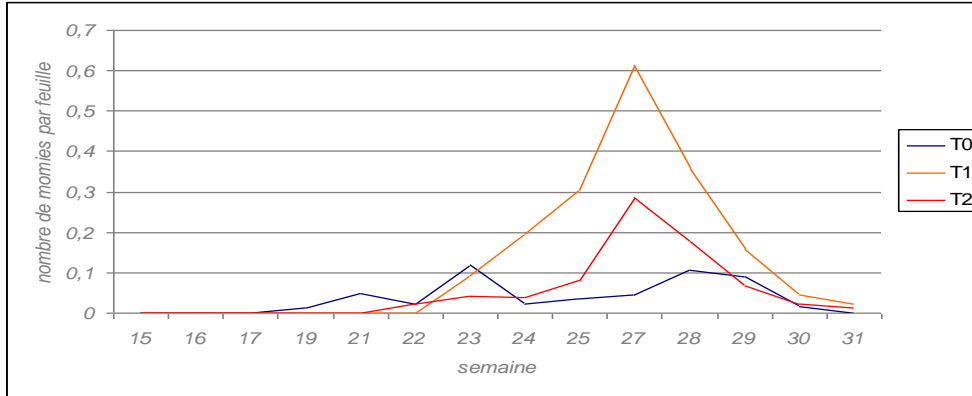
1-5. Analyse statistique

Etant en présence de données non paramétriques, il sera réalisé un test de Kruskal-Wallis pour rendre compte de la différence entre les modalités. Afin d'approfondir les résultats, les données seront soumises à un test post hoc, celui de Dunnlett afin de comparer les moyennes de T1 et T2 à T0 et mettre en évidence les différences ou similitudes entre les 3 serres. Toutes les analyses suivront cette démarche statistique en posant la même hypothèse de base (H_0 : il n'y a pas de différence significative entre le contrôle et la serre étudiée)

Remarques :

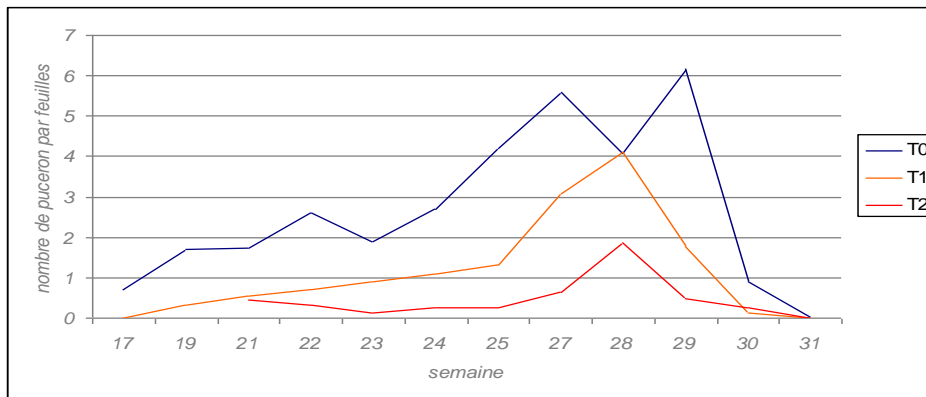
Le climat difficile durant les mois de mars, d'avril et mai, a entraîné un problème d'organisation pour les travaux de plein champ et sous serre. Ceci a eu pour conséquence une plantation différée des tunnels d'aubergine. De ce fait, certains aspects de l'analyse des résultats ne pourront pas être interprétés de manière certaine.

De plus, avec des températures qui sont restées relativement basses, les plants ont eu du mal à bien démarrer leurs développements par manque de chaleur et à cause d'une faible minéralisation de la matière organique. Les lâchers d'*O. laevigatus* et de *M. pygmaeus* étaient initialement prévus plus tôt,



Kruskal-Wallis rank sum test
 data: Para.par.F by serre
 Kruskal-Wallis chi-squared = 2.5526, df = 2, p-value = 0.2791
 Dunnet test
 Comparison Estimator Lower Upper Statistic p.Value
 1 p(T0 , T1) 0.618 0.309 0.927 0.8538902 0.6316873
 2 p(T0 , T2) 0.694 0.400 0.989 1.4772225 0.2596939

Figure 8 : Evolution de la population de parasitoïdes en fonction des semaines



Kruskal-Wallis rank sum test
 data: RAV.F by serre
 Kruskal-Wallis chi-squared = 12.5456, df = 2, p-value = 0.001887
 Dunnet test
 Comparison Estimator Lower Upper Statistic p.Value
 1 p(T0 , T1) 0.243 0.014 0.472 -2.472166 2.469174e-02
 2 p(T0 , T2) 0.101 -0.069 0.270 -5.179817 4.426808e-07

Figure 9 : Evolution de la population de pucerons en fonction des semaines

mais les feuilles des plants n'étaient pas assez développées et proches pour réaliser les lâchers dans des conditions optimales. La durée d'analyse pour ces deux punaises prédatrices est trop courte vu que les problématiques aleurode et acarien se posent durant le mois d'août. Pour la problématique puceron, la période de comptage était suffisamment étalée pour couvrir toute la période critique.

2. RESULTATS / DISCUSSION

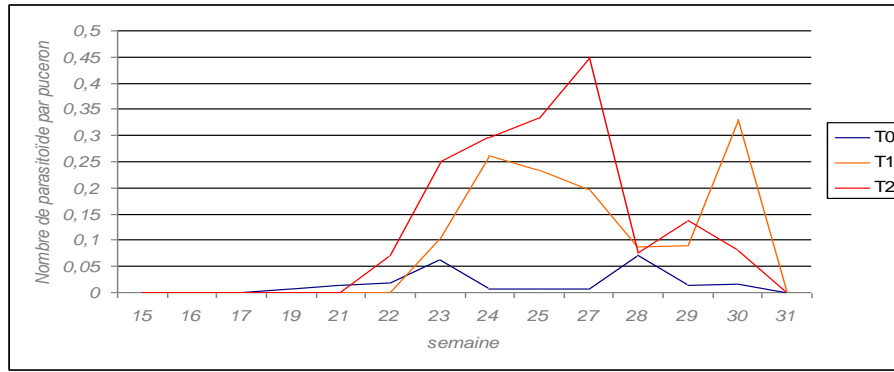
2-1. Problématique du puceron

2-1-1. Installation des parasitoïdes

A propos de la problématique puceron, on remarque dans la figure 8 que l'observation des premières momies a été plus rapide dans T0 que dans T1 (respectivement 2 semaines et 5 semaines après les premiers lâchers). Concernant la serre T2, cette observation est peu interprétable vu la variation des températures sous l'abri du fait d'un décalage de plantation. Le climat était plus favorable aux parasitoïdes, ce qui a permis une initiation du développement de la population plus rapide.

Alors que l'on observait déjà une population de pucerons dans les aubergines (fig. 9), les premières momies sont apparues 5 semaines après le premier lâcher dans T1. Ces dernières ont d'abord été observées sur les plantes relais, avant d'avoir été visualisées sur les plants d'aubergines. Cela traduit que les parasitoïdes se sont en priorité orientés vers les plantes relais probablement suite à la détection des composés volatils émis en plus grande quantité par les plants de blé. Cette hypothèse est appuyée par des observations faite sur *A. ervi* avec le puceron *Acyrtosiphon pisum*. Il a été démontré que les parasitoïdes s'orientent de préférence vers les foyers de pucerons les plus importants. De plus, il est également mis en avant que ces auxiliaires ont la capacité à s'adapter à une population croissance de ravageurs en augmentant la part d'individus femelles. Assurant ainsi un meilleur potentiel de parasitisme, la survie de la population n'en ai que meilleure (He *et al.*, 2006). Ceci permet également d'émettre comme hypothèse que c'est cette adaptation de l'oviposition qui a permis une augmentation rapide de la population des parasitoïdes dans la serre T1 et dans la serre T2 (avec respectivement des maximums de 0.612 et 0.286 momies par feuille). Ces observations sont très contrastées avec celles faites en T0, où l'accroissement de l'effectif des parasitoïdes est faible (avec un maximum de 0.118 momies par feuille) malgré une population plus importante de pucerons par rapport aux tunnels avec des plantes relais (fig. 9). Mais c'est probablement du fait de l'absence de plante relais que les premières momies ont été observées plus précocément. Il est fortement envisageable que les premiers parasitoïdes lâchers aient prospecté l'ensemble du tunnel pour trouver leurs hôtes et assurer la survie de la population

La baisse des effectifs observée dans les 3 tunnels à partir de la semaine 29 suit la tendance de la population du ravageur (fig. 9).



Kruskal-Wallis rank sum test
 data: APHI.RAV by serre
 Kruskal-Wallis chi-squared = 2.5526, df = 2, p-value = 0.2791
 Dunnet test
 Comparison Estimator Lower Upper Statistic p.Value
 1 p(T0 , T1) 0.618 0.309 0.927 0.8538902 0.6316873
 2 p(T0 , T2) 0.694 0.400 0.989 1.4772225 0.2596939

Figure 10 : Evolution de la population de parasitoïdes en fonction du nombre de ravageur

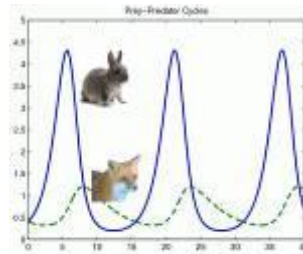


Figure 11 : Modèle proie-prédateur. Hoppensteadt (2006)

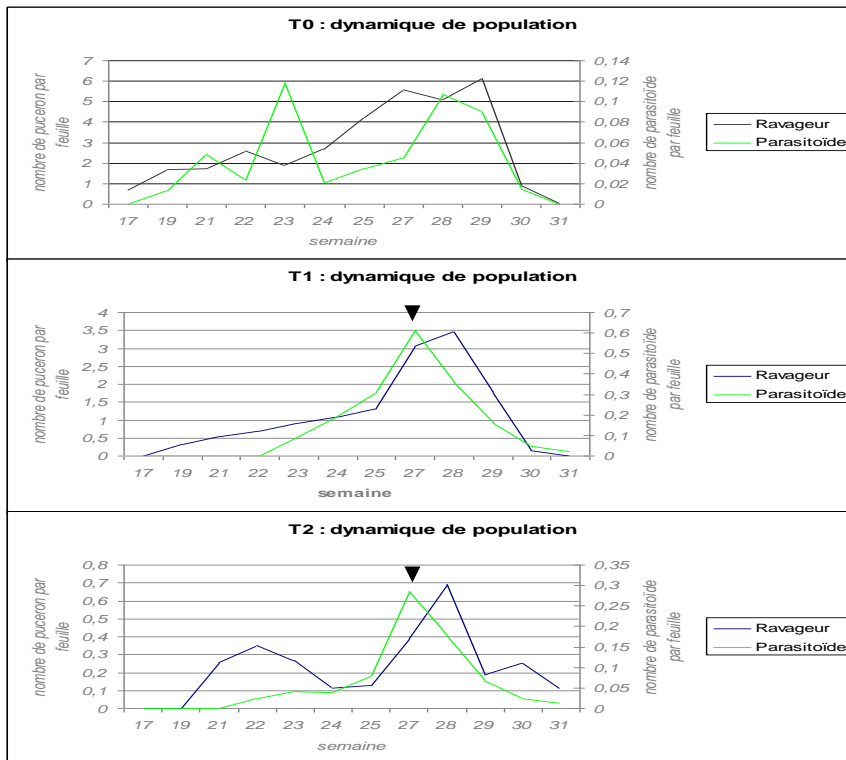


Figure 12 : Dynamiques des populations dans les tunnels essais

2-1-2. Efficacité dans la maîtrise de la population de puceron

Les espèces de pucerons rencontrées durant la période des comptages sont : *Aulacorthum solani* et *Macrosiphum euphorbiae*. Vers la fin est apparu *Macrosiphum roseum*.

La population du ravageur a été relativement stable pour T1 et T2 jusqu'en semaine 25 (fig. 9). En parallèle on remarque une augmentation importante du nombre de micro-guêpes par puceron (fig. 10) ce qui permet de soupçonner l'influence de la population des parasitoïdes sur la population de puceron. Comme vu dans le paragraphe précédent, on peut supposer que l'émission des composés volatils suite à l'attaque des pucerons sur les plants de blé, qui entraîne un meilleur développement des micro-guêpes parasitoïdes et donc une meilleure maîtrise des bioagresseurs.

En toute logique et comme le démontre le modèle proies-prédateurs (fig. 11) l'effectif des auxiliaires doit suivre de manière proportionnelle celui des ravageurs avec un léger décalage temporel, suivant les organismes considérés. C'est d'ailleurs ce qui est observé en T0 (fig. 12). La montée en effectif de la population de ravageurs est suivie par une augmentation du nombre d'auxiliaires. Cela entraîne une baisse du nombre de bioagresseurs et donc une baisse de l'effectif de parasitoïdes qui sont dépendants de leurs hôtes. Néanmoins cette variation des peuplements est totalement différente dans les tunnels où il y a eu introduction des plantes relais. Sur ce même graphique on remarque que dans T1 et T2, le pic (désigné par une flèche) où la population de parasitoïdes est la plus élevée devance le pic de l'effectif de pucerons. C'est ce développement précoce qui semble-t-il permettrait une meilleure maîtrise de la population de pucerons.

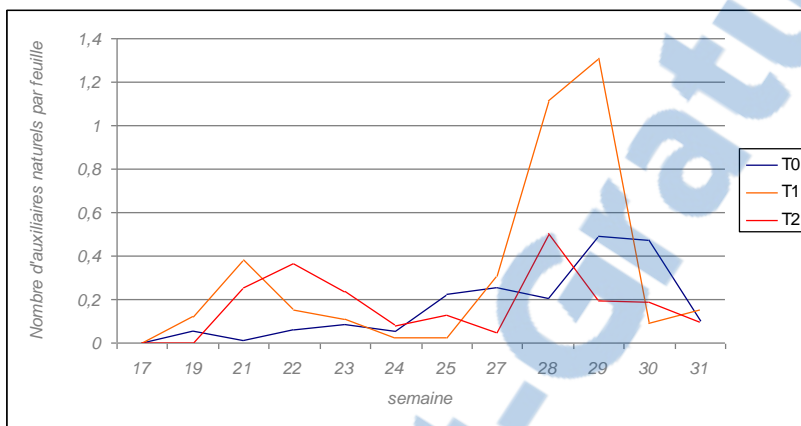
A noté qu'il a été nécessaire de réaliser trois lâchers d'*A. aphidimiza* à partir de la semaine 26 en T0 pour pouvoir baisser la population de pucerons qui devenait trop importante et menaçante pour la culture. Ceci est donc à prendre en compte dans les résultats car les lâchers de parasitoïdes n'ont pas suffi à protéger les plants d'aubergines. (fig. 13)

2-1-3. Attraction des auxiliaires naturels

Un autre aspect est à prendre en compte dans l'analyse de cette stratégie de lutte biologique. Les synomones produites par les plantes relais présentent un autre avantage fortement intéressant, l'attraction des auxiliaires naturels. L'essai se déroulant au sein d'une exploitation biologique, la faune d'auxiliaires spontanés est conséquente du fait de la proximité de haies d'arbres et d'arbustes, mais également grâce à l'absence d'insecticide de synthèse et même naturel. On remarque sur la figure 14 que dans les tunnels T1 et T2 entre la semaine 19 et 23 la population d'auxiliaires naturels est plus importante comparé à T0 (avec un maximum de l'effectif d'individus par feuille de 0.38 pour T1, 0.36 pour T2 et de 0.08 pour T0) alors que la population de pucerons est plus importante dans la serre



Figure 13 : Feuille d'aubergine peuplée de larves d'*A.aphidimyza* et de momies (photographie personnelle)



Kruskal-Wallis rank sum test
 data: AUXNAT by serre
 Kruskal-Wallis chi-squared = 0.3394, df = 2, p-value = 0.8439

Dunnet test
 Comparison Estimator Lower Upper Statistic p.Value
 1 p(T0 , T1) 0.573 0.299 0.847 0.5891899 0.7841139
 2 p(T0 , T2) 0.535 0.257 0.812 0.2776220 0.9466137

Figure 14 : Population d'auxiliaires naturels en fonction des semaines

Tableau IV : Première observation des auxiliaires naturels

	Auxiliaires observés	Semaine d'apparition
T0	Cocinelle sp.	19
	Syrphe sp.	19
	Aphidoletes sp.	27
	Chrysope sp.	28
	Nabis sp.	28
T1	Cocinelle sp.	19
	Syrphe sp.	19
	Aphidoletes sp.	29
	Chrysope sp.	28
T2	Nabis sp.	28
	Cocinelle sp.	21
	Syrphe sp.	21
	Aphidoletes sp.	28
	Chrysope sp.	25
	Nabis sp.	28

Figure 15 : Auxiliaires naturels (source : wikipedia)



15.1 Syrphe adulte (gauche) et larve(droite)



15.2 Chrysope larve (à gauche) et adulte (à droite)



15.3 *Stethorus sp.*



15.4 *Nabis sp.*

témoin. Dans T0 on peut dire que globalement l'effectif des auxiliaires naturels suit la tendance de l'effectif du ravageur avec une augmentation progressive. Concernant T1 et T2 on remarque l'effet des plantes relais jusqu'en semaine 22 avec une augmentation de la population d'auxiliaires naturels.

Les auxiliaires naturels qui sont tous des prédateurs se sont en premier nourris des pucerons *S. avenae* présents sur les plants de blé. Ceci a eu pour conséquence un changement de plante relais dans les tunnels T1 et T2 respectivement en semaine 19 et 23 afin de réamener dans la serre une source d'hôtes pour les parasitoïdes. Les auxiliaires spontanés sont venus initier leur cycle sur les plantes relais en y déposant leurs premiers œufs. Les jeunes stades ont alors consommé la majorité de pucerons *S.avenae*. Ces mêmes individus une fois adultes sont certainement ensuite allés déposer leurs œufs près des foyers de pucerons sur les plants d'aubergine où il y avait alors plus de proies présentes pour leur progéniture. En effet les prédateurs semblent pouvoir différencier les pucerons parasités par des stades immatures et s'orienter vers des pucerons non parasités (Colfer et Rosenheim, 2001). Dans cette idée, les prédateurs doivent pouvoir se rendre compte de la disponibilité en pucerons non parasités (source nutritive potentielle pour leur descendance) et alors pondre leurs œufs à l'écart des pucerons parasités qui seront devenus des momies à leurs éclosions. Les premières momies, étant apparues en premier sur les plantes relais ont probablement entraîné une migration des auxiliaires naturels. En effet, les secondes plantes relais apportées dans T1 et T2 n'ont pas été visitées par des prédateurs indigènes et les pucerons ont servi d'hôtes aux parasitoïdes.

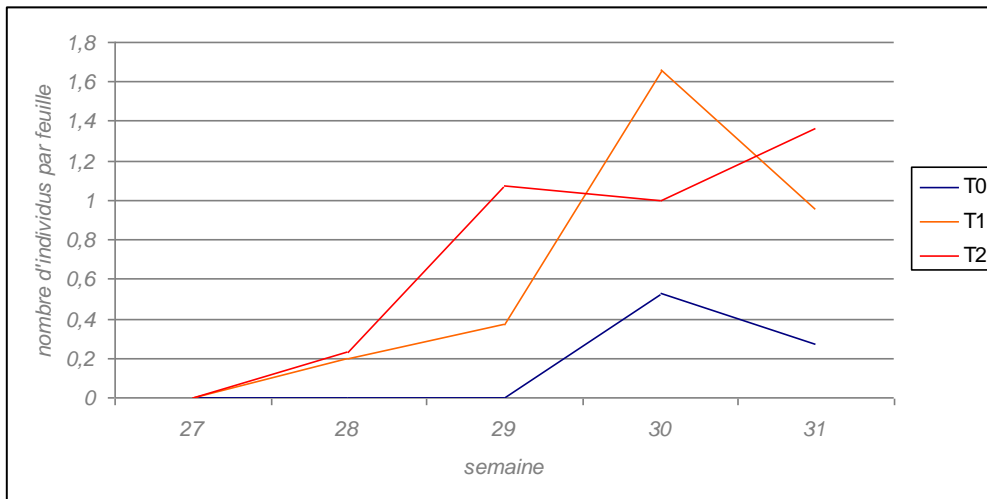
A partir de la semaine 25 pour T1 et 27 pour T2, la population d'auxiliaires naturels recommence à augmenter après une baisse des effectifs. La baisse observée peut être due à une augmentation des stades imago plus mobiles et donc plus difficiles à observer lors des comptages. De plus, Wyss en 1995, met en évidence une augmentation des insectes aphidiphages lors des périodes de floraison. Cela traduit un besoin en pollen comme source protéinée des prédateurs. On peut émettre également comme hypothèse que les individus adultes aient quitté la serre à la recherche de plantes en fleurs. De plus, la population de pucerons était également à cette période peut être trop faible pour satisfaire les besoins nutritifs des prédateurs.

L'inflation des populations à partir de la semaine 25 pour T1 et T2 correspond également à l'augmentation de l'effectif de pucerons dans les tunnels (fig. 9). Cependant en comparaison avec T0, les populations d'auxiliaires spontanés augmentent beaucoup plus rapidement alors que la population de pucerons y est moins importante. On peut penser qu'il reste au sein de la serre une dynamique et que des imagos d'auxiliaires naturels restent dans la serre à la recherche de proies, prêts à déposer des œufs à proximité des foyers de pucerons. Ce serait ces œufs, puis des larves émergentes qui auraient été observés.

Au regard de la courbe de T0 de la figure 14, on remarque que la population d'auxiliaires spontanés suit la variation de la population de pucerons. Les auxiliaires naturels sont attirés dans les espaces de cultures lorsque que le développement des foyers de pucerons est bien avancé. Mais lorsque le développement du ravageur est trop rapide, les auxiliaires n'arrivent pas à maîtriser la pression parasitaire. Ces prédateurs peuvent avoir été également attirés par la détection olfactive du miellat. Vanhaelen *et al.* (2003) mettent en avant l'effet stimulant du miellat sur le taux d'oviposition de plusieurs espèces de syrphes. C'est peut être pourquoi, les auxiliaires naturels arrivent progressivement dans la culture (T0 fig. 14). Il est nécessaire d'avoir soit une sécrétion importante de miellat, soit une libération importante de synomones pour avoir un effet assez puissant pour passer les barrières physiques de la serre.

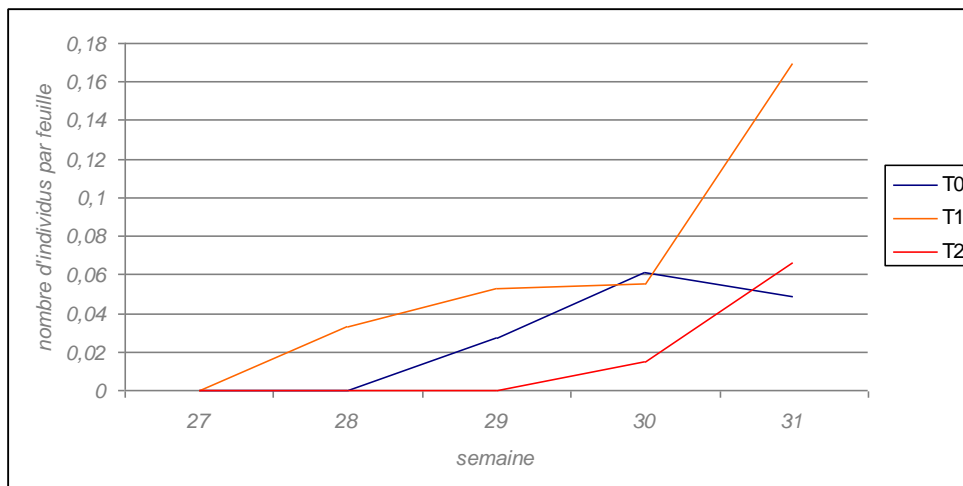
La période critique vis-à-vis du puceron est alors passée, et il n'y a plus de pression qui justifie l'introduction d'une nouvelle plante relais. Les plants d'aubergine sont maintenant suffisamment bien développés pour résister à l'arrivée éventuelle de nouveaux pucerons. De plus, les températures deviennent alors trop importantes pour un bon développement du ravageur. Broadbent et Hollings, 2008 établissent une température létale pour les pucerons entre 38°C et 41 °C pendant une heure. Hors durant le mois de juin – juillet, les maximales des températures sous serre variaient entre 30°C et 48°C. Les tunnels sont maintenant continuellement ouverts latéralement pour améliorer la ventilation en vue de limiter la montée en température et en hygrométrie. Cela peut également favoriser l'arrivée des auxiliaires autochtones. De plus, après cette période chaude, la saisonnalité fait passer les cycles vivipares du puceron à des cycle ovipares, diminuant considérablement le potentiel de colonisation du ravageur (Willings *et al.*, 1980). Ensuite, dans la stratégie mise en place, les punaises prédatrices dont *M.pygmaeus* devraient être à cette époque suffisamment bien installées pour pouvoir maîtriser les nouveaux foyers de pucerons.

Lors des derniers comptages effectués, il a été observé de nombreux parasitoïdes adultes sur les feuilles d'aubergines surtout dans T1 et T2 et très peu dans T0. On suppose que ces auxiliaires réussissent à réaliser leurs cycles via des pucerons présents sur les plantes adventives et probablement sur les plants non observés.



Kruskal-Wallis rank sum test
 data: MAPR by serres
 Kruskal-Wallis chi-squared = 2.7585, df = 2, p-value = 0.2518
 Dunnet test
 Comparison Estimator Lower Upper Statistic p.Value
 1 p(T0 , T1) 0.74 0.365 1.115 1.429179 0.2764697
 2 p(T0 , T2) 0.78 0.422 1.138 1.743204 0.1526839

Figure 16 : Evolution des lâchers de *M.caliginosus* sur les plantes relais associées



Kruskal-Wallis rank sum test
 data: MAPR by serres
 Kruskal-Wallis chi-squared = 1.9893, df = 2, p-value = 0.3698
 Dunnet test
 Comparison Estimator Lower Upper Statistic p.Value
 1 p(T0 , T1) 0.68 0.258 1.102 0.9513296 0.5558654
 2 p(T0 , T2) 0.40 -0.040 0.840 -0.5063697 0.8441289

Figure 17 : Evolution de la population de *M.caliginosus* sur les plants d'aubergines observés

2-2. Problématique des aleurodes

2-2-1 Installation de *M.pygmaeus*

En vue des résultats obtenus, on peut mettre en évidence l'intérêt de l'ajout de nourriture sur les plants d'aubergine. Cet apport nutritif a permis d'observer des individus sur les plants de lâchers 2 semaines plus tôt dans les tunnels T1 et T2 (semaine 27 pour T1 et T2 et 29 pour T0). De plus, le nombre d'individus retrouvés sur les feuilles des plantes où ont été effectués les lâchers, augmente considérablement en fonction du temps dans T1 et T2 comparé à T0 (fig. 16).

Concernant T1, l'augmentation de l'effectif des mirides sur les plants de lâchers augmente de manière régulière de la semaine 27 à 29. L'accroissement rapide (de 0.37 à 1.6 individus par feuille) qui s'observe la semaine suivante pourrait correspondre à l'éclosion des premières pontes. Les lâchers étant réalisés en semaine 27, il s'est passé assez de temps pour permettre aux œufs de l'auxiliaire de se développer (11,4 jours à 25 °C et 10.6 jours à 30 °C, Malais et Ravensberg, 2006). Cette hypothèse est appuyée par l'observation des premières larves de *M.pygmaeus* (fig. 18). La diminution observée sur cette même figure en semaine 31 correspond à l'augmentation importante du nombre de punaises retrouvées dans l'ensemble de la serre (fig.17). En effet, il s'est écoulé 4 semaines, ce qui concorde avec la fin du développement de la première génération (30,3 jours à 25 °C et 29.3 jours à 30 °C, Malais et Ravensberg, 2006) . Les nouveaux adultes ont vraisemblablement entamé une migration de la zone de lâcher vers les plantes avoisinantes. Il est également possible que la proximité physique des feuilles ait permis le déplacement de plant en plant des individus non ailés.

Relatif à T2, la date de plantation ayant été décalée pour des raisons climatiques et d'organisation des travaux de l'entreprise, les plants étaient alors trop petits pour se toucher entre eux et permettre le passage des stades larvaires de *M.pygmaeus*. Ceci expliquerait peut-être pourquoi les auxiliaires se sont surtout développés sur les plantes de lâchers, avec peut-être une première éclosion qui aurait permis de faire augmenter rapidement l'effectif des mirides (de 0.23 individus à feuille à 1.07, semaine 28) et surtout l'effectif des larves (de 0.168 individus par feuille des plantes de lâchers à 0.723, fig. 18). Comme T1, la progression importante de la quantité d'individus par feuille dans l'ensemble de la serre en semaine 31 doit correspondre au vol des premiers adultes (fig. 17) initialement éclos sur les plantes de lâchers.

Pour T0, après une absence d'individu visualisée en semaine 27 et 28, on observe une augmentation de la population sur les plantes de lâchers en semaine 30 (de 0 à 0.53 individus par feuille) qui se poursuit par une diminution des effectifs en semaine 31 (fig.16). Ce pose alors deux hypothèses pour expliquer cette variation. Etant donné l'absence de nourriture sur les plantes de lâchers, les punaises adultes ont donc en toute logique quitté ces plantes pour prospecter dans

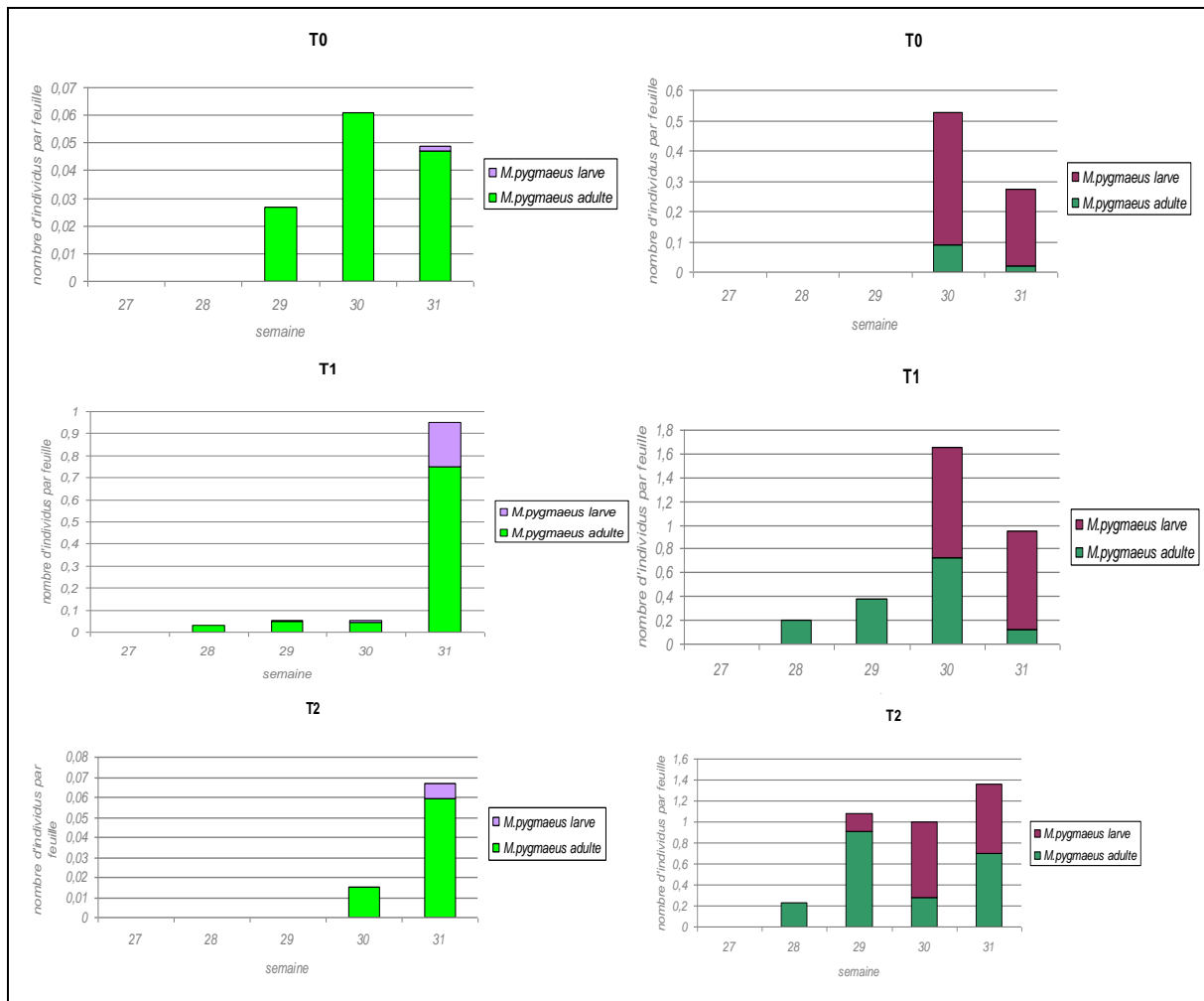


Figure 18 : Evolution des populations de larves et d'adultes de *M.pygmaeus* sur les feuilles des plantes de la serre (à gauche) et sur les plantes de lâchers (à droite)

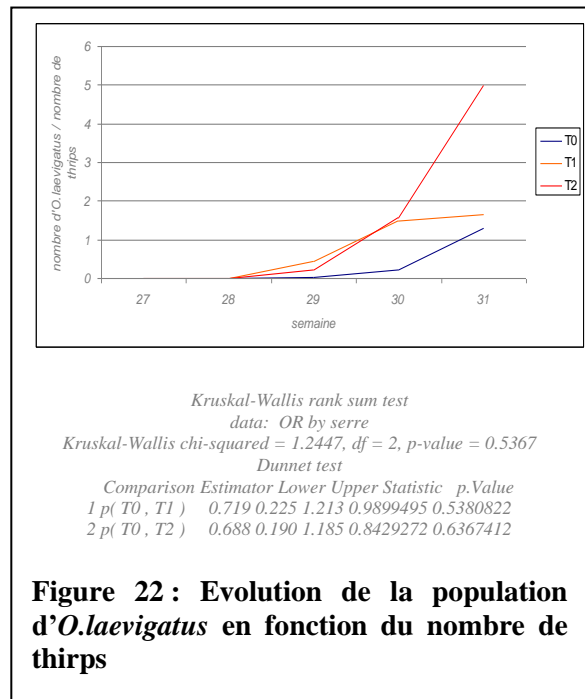
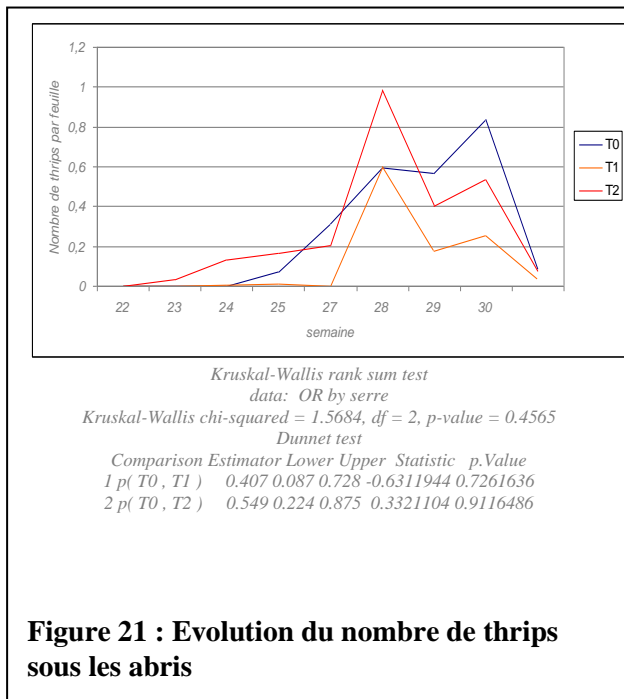
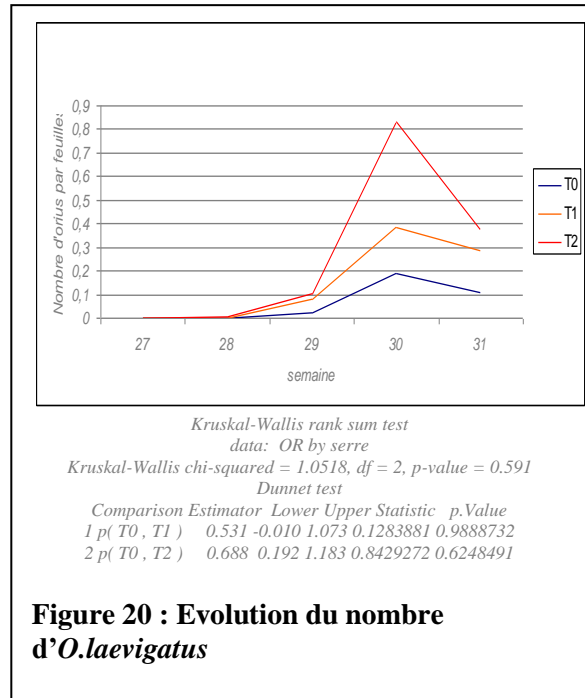
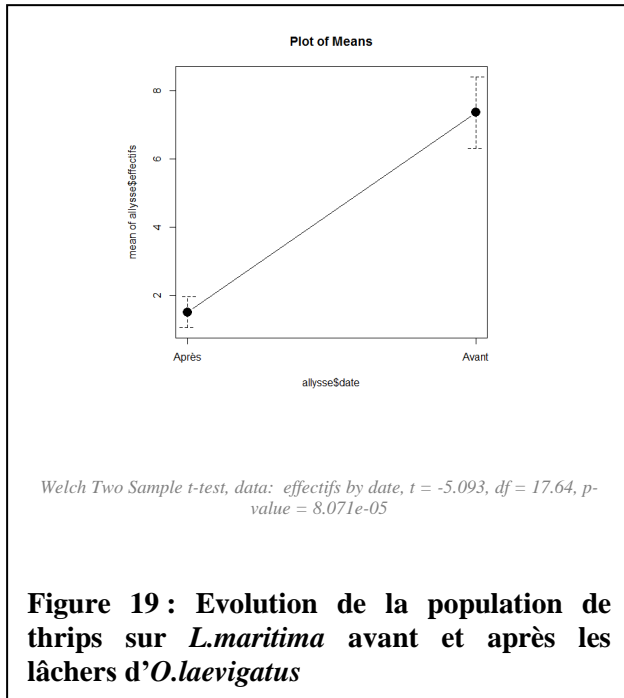
l'ensemble de la serre des sources de nourriture. On remarque sur la figure 17 une augmentation de la population des auxiliaires dès la semaine 28, ce qui permet alors de supposer une migration des individus dans la serre la semaine suivant les lâchers. La hausse de l'effectif des stades larvaires de *M. pygmaeus* en semaine 30 sur les plantes de lâchers pourrait correspondre à une éclosion des œufs déposés au moment du lâcher avant une migration des adultes (les adultes ayant la capacité de s'accoupler dans les flacons de conditionnement). Le nombre d'œufs déposés est inférieur (moins de larves visualisées qu'en T1 et T2) du fait d'une source protéique moindre. Mais cela se poursuit par une diminution des effectifs en semaine 31. On émet alors comme hypothèse que cette baisse soit liée à une mortalité des *M. pygmaeus* due à une absence de sources nutritives (pas d'observation d'aleurode, ni de puceron, ni d'acarien) ou à une migration à l'extérieur de la serre des individus. Mais pour valider l'une de ces hypothèses, il aurait été nécessaire d'étendre la période de comptage pour suivre sur une plus longue durée l'évolution de ces auxiliaires au cycle de développement long.

Vandekerkhove *et al.* (2011) ont mis en évidence par le biais de travaux réalisés en laboratoire plusieurs effets positifs de l'ajout de nourriture (*Ephestia kuehniella*) sur les feuilles de leurs plantes hôtes. Cet apport améliore le développement de la population en raccourcissant la durée du développement larvaire et la période de préoviposition. Le taux de ponte est quant à lui augmenté, favorisant une expansion plus rapide de la population de la punaise. La tendance concernant l'effet de l'ajout de nourriture en condition de production légumière semble être identique. On peut donc avancer comme hypothèse que cette technique permet une meilleure installation des auxiliaires. Les individus introduits initieraient probablement leurs cycles sur les plantes relais en déposant leurs œufs près d'une source nutritive pour la survie de leur progéniture.

Il semblerait que comme les plants de blé, l'apport de nourriture ait permis l'attraction d'auxiliaires naturels. Des punaises prédatrices du genre *Nabis sp.* ont été observées à l'endroit où ont été dispersés les œufs d'artemia. De plus quelques *Orius sp.* ont également été vus. Ces deux genres de punaises prédatrices ont été attirés et/ou sont restés sur ces zones et participent donc au contrôle biologique.

2-2-2. Efficacité dans la maîtrise de la population d'aleurode

Cependant, étant donné l'absence d'aleurode, il n'est pas possible d'émettre des hypothèses sur la capacité de contrôle du ravageur. Cette expérience met en avant la capacité d'adaptation nutritive de la punaise en absence de proies.



2-3. Problématique du thrips

2-3-1. Installation d'*O. laevigatus*

D'après la figure 20, on peut remarquer une augmentation de la population d'*O. laevigatus* plus rapide dans T1 et T2 que dans T0. Les prédateurs ayant été lâchés dans un espace réduit (premier lâcher sous le filet insecte proof) en présence d'une forte population de ravageurs ont pu facilement trouver des sources nutritives et effectuer les premières pontes. De plus une détection d'un nombre important de proies via des composés olfactifs amène les individus femelles à pondre plus d'œufs dans les endroits concernés. La présence de nourriture permet également un meilleur taux de survie des premiers stades larvaires (Nakashima et Hirose, 2003). Avec ces informations, on peut alors penser que la hausse de l'effectif rapide des semaines 29 et 30 dans T1 et T2 peut correspondre à la visualisation des punaises initialement pondues sur les plants d'alyse dont le tissu végétal est un bon support pour le développement des œufs (Pumariño et Alomar, 2012).

Le lâcher précoce sur les plants d'alyse a permis également de diminuer la pression en thrips dans les fleurs en passant de 7.3 thrips par fleur à 1.3 (t-test : $t=-5.093$, $df = 17.64$, $p\text{-value} = 8.071e-05$, fig. 19). Les baisses des effectifs de l'auxiliaire (fig. 20) observées en semaine 31 sont difficiles à interpréter. Le peu de comptage ne permet pas d'avoir suffisamment de recul pour émettre une conclusion. Il est possible que des individus adultes aient quitté l'espace de culture. Durant les dernières semaines de comptage, les plastiques des tunnels sur les côtés latéraux étaient relevés pour baisser la température sous serre et améliorer la ventilation. Il est également envisageable que les individus adultes aient quitté l'espace de culture vu la baisse de l'effectif des thrips (fig. 21).

2-3-2. Efficacité dans la maîtrise de la population de thrips

D'après les graphiques, on remarque que la population de thrips n'a été à aucun moment problématique et que dans les trois tunnels d'essais la population a été très bien maîtrisée par la punaise prédatrice. La population du bioagresseur n'a pas dépassée plus de 1 thrips par feuille (fig. 20). Dans les trois cas, le nombre d'*O. laevigatus* par thrips étaient en continue progression (fig. 22). A noté que la pression n'a pas été trop forte du fait d'une arrivée tardive de températures élevées.

Lors des observations des plants d'alyse, peu d'*O. laevigatus* ont été aperçues. Cependant, de nombreux *aphidius sp.* et *aphilinus sp.* ont été vus dans les fleurs. L'alyse étant une plante fortement nectarifère et pollinifère, elle peut servir de soucre nutritive à ces parasitoïdes imagos. On peut supposer que cela permet d'améliorer la survie des adultes dans la serre et qu'ils pourront donc assurer leur rôle de biocontrôle plus longtemps. D'autres insectes ont été observés comme des *Nabis sp.* mais aussi des altises (*Altica sp.*). Ces insectes phytophages sont très attirés par la famille des crucifères



22.1 T1



22.2 T2



22.3 T0

Figure 22 : Photographie des tunnels d'aubergine en semaine 31 (photographies personnelles)

dont l'alyse fait partie. La population n'a pas été problématique et n'a pas fait trop de dégâts sur les feuilles.

2-4. Problématique de l'acarien

Aucun foyer d'acarien n'a été décelé dans les trois tunnels d'essais. Plusieurs explications peuvent être avancées. Dans un premier temps, aucun foyer sur l'exploitation n'a été observé sur les cultures, même celles sensibles (concombre). Il est donc envisageable que le climat n'était pas favorable à l'expansion de ce ravageur. De plus, ces 2 cultures sensibles, ont été quotidiennement aspergées par des asperseurs en hauteur. Cette action de « bassinage » freine le développement des acariens qui préfèrent des climats secs. Ensuite, il peut également être mis en relation le développement des punaises prédatrices *O.larvigatus* et *M.pygmaeus* qui sont également deux agents de biocontrôle pour l'acarien dans l'hypothèse où leurs proies de prédilection ne sont pas présentes. Il est donc possible que les foyers naissants aient été détectés par les punaises et que ces dernières les aient éliminés. Pour finir, de nombreux *Stethorus punctillum* sont arrivés dès le début de la saison. Ces coccinelles à comportement acariphage (Rott et Ponsonby, 2000) peuvent également participer au biocontrôle des tétranyques.

2-5. Observation générale de la culture

Globalement, et de manière empirique, il a été observé que les plants du tunnel T0 ont mis plus de temps à se développer comparé au tunnel T1 et même T2 pourtant plantés plus tardivement (fig. 23). Il est logique que de fortes attaques de pucerons altèrent le potentiel énergétique de la plante. La majorité des attaques ont été vues sur les nouvelles feuilles qui captent le plus les rayonnements lumineux réduisant ainsi l'énergie utilisée pour la photosynthèse. Ces insectes se retrouvent sur les premières feuilles du fait de la tendresse du tissu et de la présence des auxiliaires sur les feuilles du bas. Mais cette observation reste un témoignage car aucune mesure concernant le développement des plantes n'a été prise. Cet aspect ne rentrait pas dans la problématique de départ et la plantation des tunnels ayant été décalée, les mesures ne seraient pas comparables. D'autre part, les tunnels T0, T1 et T2 comportaient plusieurs variétés différentes. Cette observation ne prend cependant pas en compte la planche de plants greffés qui ont eu une croissance nettement plus rapide.

Des visites ont été réalisées durant le mois d'août pour voir l'évolution de la culture. Aucun foyer de puceron n'est réapparu et aucun foyer d'acarien ne s'est développé. Des *O.laevigatus* et *M.pygmaeus* ont été vus sur la culture. Des nombreux parasitoïdes ont été vus sur les fleurs d'alyse.

3. CONCLUSION

3-1. Sur l'essai

Tout d'abord, il est important de noter qu'il a été difficile de trouver plusieurs fermes qui puissent servir de support à l'expérimentation. Le système du maraîchage biologique est majoritairement très diversifié et souvent un même abri peut protéger plusieurs espèces végétales différentes. Afin de pouvoir avoir suffisamment de tunnels d'aubergine pour les répétitions, il était nécessaire de s'orienter vers des exploitations d'assez grande taille, ou spécialisées dans cette culture. Au début, l'essai se déroulait sur deux exploitations avec des abris froids et une conduite de culture relativement identique. Cependant, à cause de problèmes de gestion de la culture et de géographie, l'essai s'est recentré sur une seule ferme.

Les producteurs de l'exploitation support se sont bien investis dans l'expérimentation pour assurer son bon déroulement et suffisamment confiants pour ne pas imposer des restrictions quant au programme de lâchers prévus. Ils ont également assuré une bonne conduite de la culture, identique entre les trois tunnels, et ce malgré les impératifs des travaux de plein champ. Les travaux de désherbage ont été menés avec rigueur afin d'arrêter la progression de la flore adventive qui est propice au développement des pucerons. Ces adventices autochtones composent majoritairement la gamme des hôtes primaires des pucerons, contrairement aux plantes cultivées allochtones.

Les conditions climatiques de début de saison n'ont pas été propices à une bonne installation de la culture et ont donc entraîné des retards dans le calendrier de lâchers initialement prévu. Les apports de *M. pygmaeus* aurait du être réalisés quelques semaines plus tôt mais il fallait idéalement que les feuilles des plants d'aubergine voisines soient en contact. De plus, les faibles températures associées à une minéralisation lente ont entraîné un retard dans la culture (les exploitants l'estimant à environ 1 mois). La plante plus faible était donc logiquement plus sensible aux ravageurs. Cependant, le climat a également freiné le développement des pucerons et autres organismes nuisibles.

Pour avoir des résultats plus précis quant au potentiel attractif des plantes relais, il aurait été plus judicieux de distinguer les œufs des individus larvaires et adultes pour mieux expliquer les variations des effectifs.

Des mesures d'hygrométries des tunnels auraient été intéressantes à prendre pour voir l'influence du taux d'humidité sur l'installation des auxiliaires. Il a été noté quotidiennement les températures sous l'abris T1 du début jusqu'au mois de juin. Ensuite, la prise de note a été moins régulière, et la courbe qui en résulte moins précise (annexe 2).

3-2. Sur les résultats

En vue des interprétations et hypothèses émises suite à l'analyse des données récoltées, on remarque que de manière générale, et dans les trois tunnels, le programme de lâchers d'auxiliaires réalisé a assuré la protection de la culture. Même s'il a du être ajouté des lâchers d'*A.aphidimyza* dans T0, la population de pucerons est restée tolérable. A aucun moment il n' a été nécessaire de mettre en place des lutttes mécaniques (vinaigre) pour maîtriser l'avancée des populations du bioagresseur. Les fruits récoltés n'ont pas été salis par le miellat, très peu de fumagine est apparue, la culture est restée propre. Cette faible pression du ravageur peut s'expliquer par la durée du temps frais qui n'a pas été favorable à un développement rapide des colonies en tout début de production, au moment où les auxiliaires étaient encore peu présents. La montée progressive en température a été à la fois favorable aux ravageurs mais aussi aux auxiliaires, permettant de préserver un certain équilibre. Les fortes chaleurs du mois de juillet ont permis un ralentissement, voir un arrêt des colonies de pucerons. Les lâchers réguliers d'auxiliaires associés ont permis une bonne maîtrise des nouveaux foyers naissant du ravageur. La population du thrips a rapidement été endiguée par sa punaise prédatrice *O.laevigatus*. Aucune aleurode n'est apparue et aucun foyer d'acarien détecté. Les deux punaises *O.laevigatus* et *M.pygmaeus* n'ayant plus de proies favorites se sont probablement orientées vers les éventuels foyers d'acariens naissant et ont contenu leur développement.

La problématique étudiée était relative à l'intérêt que pourrait porter l'introduction de plantes relais sous les abris froids pour favoriser une bonne installation des auxiliaires lâchés et ainsi améliorer leur potentiel de biocontrôle.

L'intégration de plantes relais dans les tunnels a permis d'observer globalement un effectif supérieur d'auxiliaires lâchés. Les parasitoïdes apportés, attirés par les synomones des plants de blé ont commencé leur cycle sur les pucerons *S. avenae*. La détection de ces substances favoriserait la dynamique de la population en améliorant certaines composantes de la fitness (pourcentage de femelles, stimulation de l'oviposition, réduction des cycles de développement etc.).

Dans le cas de l'alyse et du blé, les réponses des plantes relais à un nombre important de ravageurs mime une attaque dans toute la serre. Cela enclenche les réponses naturelles de la faune auxiliaire spontanée et introduite visant à profiter de cette source abondante de proies pour augmenter leurs populations. Une multiplication rapide des auxiliaires lâchés et une entrée massive des prédateurs naturels a permis de créer une dynamique dans l'abri froid suffisamment diversifiée pour contrôler les bioagresseurs problématiques. Ceci expliquerait pourquoi les parasitoïdes et les *O.laevigatus* ont réussi à bien s'installer et de manière plus rapide dans T1 et T2 comparé à T0.

La chaleur de l'abri (comparé à l'extérieur) et la présence de nourriture incitent les insectes auxiliaires naturels à rester dans l'espace et a y initier un nouveau cycle.

Concernant l'apport des œufs d'artémia pour nourrir les *M.pygmaeus* lâchés, il a été étudié que cet ajout améliore son cycle de développement. De plus, étant donné le peu de proies dans la serre, il est possible que cet apport amène les punaises à rester sur cette zone (dépendance énergétique faible pour trouver de la nourriture) et que ce phénomène faciliterait la rencontre entre deux punaises de sexes opposés, améliorant ainsi la colonisation de l'espèce. Vu les résultats observés en T0, l'ajout de nourriture semble être important, car même avec un comportement polyphage, la punaise n'a pas réussi à faire croître sa population malgré la présence de pucerons. Si les jeunes stades sont dans l'impossibilité de quitter une plante sans nourriture, leurs chances de survie sont largement compromises.

L'aubergine étant une plante qui ne possède pas un haut niveau de défense indirecte reste difficilement naturellement attractive pour les auxiliaires spontanés et ne stimule probablement que légèrement les capacités reproductives des insectes utiles. Apporter des plantes relais dans les abris froids améliorerait probablement la dynamique de l'écosystème des auxiliaires et de leur capacité de biocontrôle.

Le système de plante relais n'est pas contraignant. Hormis le temps à passer pour le semis des plants de blé et de l'alyse, les plantes peuvent être ensuite intégrées dans le système d'irrigation. De la surveillance (voir l'évolution des plantes relais) et un peu d'entretien (tailler l'alyse pour favoriser sa remontée en fleur) sont suffisants. De plus, il est également possible de créer ses propres plantes relais en partant de semis. Il suffit juste dans le cas du plant de blé d'avoir une source de puceron pour créer son propre élevage sur une plante relais mère. Des *S.avenae* pourront être déposés par secousse de la plante mère sur des semis de blé.

Cependant, l'utilisation d'insectes auxiliaires en lutte biologique vise à tendre vers une création d'un écosystème simple, et donc fragile. La fragilité des interactions amène à bien suivre leur évolution pour essayer de les rectifier rapidement si l'équilibre se perd. La réussite de cette technique passe par un ensemble de mesures à mettre en place quant à la procédure des lâchers d'insectes (endroit, technique, heure etc.), et le suivi des auxiliaires (observation des prédateurs et des bioagresseurs, suivi du parasitisme etc.). Mais avant tout, il est indispensable que la conduite de culture soit sérieuse pour ne pas créer un environnement propice au ravageur qui favoriserait son expansion. Cela passe par un désherbage appliqué, une bonne gestion de l'ouverture et fermeture des ouvrants de la serre, une humidité satisfaisante pour les auxiliaires (environ 75% d'humidité relative). Pour faciliter une gestion des plantes relais, il suffirait d'établir un calendrier prévoyant les dates clés dans leurs productions en se calant sur la date de plantation.

Cet essai sera répété sur plusieurs années étant donné la complexité des interactions et la variabilité saisonnière d'une année sur l'autre. De plus, suivant les conditions climatiques de la saison,

Tableau V : Analyse économique de la protection biologique

	V.I : Coût pat tunnel		
	T0	T1	T2
Plantes relais (17,8 €)	0	35,6	35,6
Aphid mix (24,8 €)	124	124	124
<i>A. aphidimyza</i> (26 €)	43,16	0	0
<i>M.pygmaeus</i> (41,4€)	13,6	13,6	13,6
<i>O.laevigatus</i> (45,9 €)	45,9	45,9	45,9
Prix total	226,689	219,129	219,129
Prix au m ²	1,02	0,98	0,98

V.II : Coût de revient du programme de lutte	
Nombre de plants	310
Tonnage sur les 3 tunnels	4557
Revient de la culture	13671
Coût de la lutte par rapport au revient de la lutte	4,50%

les pressions des ravageurs varient. Il est donc nécessaire de répéter cette technique sur plusieurs saisons afin de voir son efficacité sur des pressions parasitaire différentes.

Le tableau V ci- contre récapitule l'analyse économique de la lutte sachant que 1 plant produit environ 14 fruits d'une moyenne de 350 grammes (valeurs de la saison précédente). Le cours de l'aubergine biologique étant au alentour de 3€ le kilogramme, le coût de se programme de lutte s'élève à 4.5% du prix de vente de la production.

4. PERSPECTIVES

Même si l'apport de plantes relais semble favoriser l'installation des auxiliaires et leur capacité à maîtriser la pression d'un bioagresseur, ce système mérite tout de même des améliorations. Dans un premier temps, afin de faciliter la gestion des plantes relais pour les aphidiphages, il serait intéressant de concevoir une plante relais uniquement pour les parasitoïdes, une autre pour l'attraction des auxiliaires naturels et une dernière pour leur développement, ceci dans l'optique de conserver une quantité suffisante de synomones. Pour les parasitoïdes, il est envisageable d'isoler une des plantes relais sous un voile insecte proof et de réaliser les lâchers dessous. Les momies pourraient alors commencer à se développer sans risque d'être consommées par un prédateur, et la protection serait ôtée lorsque le pourcentage de parasitisme serait élevé. Cependant, le filet entraîne un changement de climat avec une hygrométrie peu favorable au développement du puceron. Cela à déjà été observé au moment du semis de la deuxième série de plants de blé pour éviter que les *S. avenae* se fassent consommer par les hémérobes observés dans la serre de semis. Il serait donc nécessaire de réaliser un cadre en bois et en filet anti-insecte suffisamment grand pour ne pas altérer le climat. Un même cadre serait posé sur une autre plante relais afin de l'isoler pour permettre un bon développement de *S.avenae* et ainsi assurer une diffusion continue de molécules attractives dans la serre.

Sinon, il est concevable de créer des plantes relais de densité supérieure donc avec une population de *S. avenae* plus importante qui pourrait assurer les trois rôles (pour les microguèpes et les auxiliaires naturels). Ce puceron des céréales peut être élevé sur différentes graminées dont l'éleusine (*Eleusine sp.*). Cette plante origine des pays Africains est plus adaptée aux climats sous serre et de ce fait résisterait mieux aux températures élevées et aux conditions sèches. Sa croissance rapide permet d'obtenir des petits buissons de plus d'un mètre de haut qui peuvent être fortement colonisés par le puceron (Husson *et al.* 2012, Waterhouse 1994). Seulement, ces plantes relais sont intéressantes au début de la culture. Il faudrait donc que dès la première introduction, la plante soit déjà de taille importante. Dans ce cas le semis de l'éleusine doit être réalisé quelques semaines plus tôt.

Afin de pouvoir assurer le bon développement des auxiliaires présents sous la serre en cas de manque de proies, il est nécessaire d'importer une gamme plus large de plantes qui puissent être favorables à la nutrition et au développement des insectes. Les plants d'alysses servent également de

Rapport-Gratuit.com

réservoir à pollen et nectar pour les auxiliaires adultes qui ont souvent besoin d'une importante source de protéine pour la reproduction, ou pour les auxiliaires adultes dont le pollen et le nectar sont leurs principales nourritures (syrphe, micro-guêpe etc.). Pineda et Marcos-García, 2008 confirme l'effet attractif des alysses sur les syrphes. De plus Bernt et Wratten, 2005, mettent en avant l'amélioration de la durée de vie et de fécondité des femelles de *Dolichogenidea tasmanica*, parasitoïdes des chenilles lepidoptères. Il est donc important en vue de l'amélioration de la fitness des insectes parasitoïdes d'importer des plantes pollinifères et nectarifères. Même si les fleurs d'alyse peuvent améliorer certains aspects des cycles de développement, la disponibilité du pollen et du nectar reste limitée pour les parasitoïdes du fait de la structure de la fleur (Patt *et al.* 1997). En plus de l'accessibilité, la composition du nectar est un critère important dans la sélection des plantes. Les nectars qui sont les plus nutritifs pour les parasitoïdes sont ceux avec un ratio sucrose / (glucose + fructose) élevé. Vattala *et al.*, 2006, compare les aspects physiques des fleurs et la qualité du nectar de plusieurs plantes pour voir ceux qui répondraient le mieux aux exigences des micro-guêpes. Le sarrasin (*Fagopyrum esculentum*) est une polygonacée qui présente de nombreux avantages nutritifs. De plus, cette plante étant relativement haute, elle serait intéressante pour les auxiliaires aux hauteurs de vols différentes. Dans cette optique, il serait utile de choisir des plantes qui ont des périodes de floraisons différentes.

Il serait judicieux de sélectionner une gamme de plantes qui puisse être valorisée, comme les plantes aromatiques. La coriande semble avoir un impact positif sur les parasitoïdes et les syrphes (Vattala *et al.*, 2006, Pineda et Marcos-García, 2008). De plus, cette plante peut être valorisée pour ses parties végétatives, mais également ses graines, ce qui permettrait de conduire la plante jusqu'à la floraison voire jusqu'au stade grain mature. En régime phytophage *M. pygmaeus* se développe bien sur la sauge (*Salvia nigrum*) et sur le soucis (*Calendula officinalis*) (Igegnio *et al.* 2011).

D'autres plantes peuvent également avoir un rôle répulsif vis-à-vis des ravageurs et peuvent être importées au même titre dans les espaces des cultures. Comme le dit Regnault-Roger et Hamraoui (1997), les plantes aromatiques contiennent un véritable arsenal de substances insecticides et insectifuges. L'introduction de ces plantes dans l'espace de culture permettrait un camouflage olfactif des ravageurs à la recherche de leurs plantes hôtes. Le thym, la lavande, la sarriette, et les composés soufrés des alliées ont une action répulsive sur les pucerons, l'ail le même effet sur les thrips (Fabre-Nys et Thiéry, 2012).

Dans l'optique de les introduire dans la serre, les plantes aromatiques pérennes pourraient être mises en pot, apportées à la plantation et branchées au réseau d'irrigation. Il est également possible de concevoir une bordure fleurie alliant plantes aromatiques et plantes relais (vérifier alors un effet répulsif éventuel sur les auxiliaires). Cependant, avant d'introduire ces plantes, il convient de réfléchir sur leur disposition (fonction des tailles des abris et la conduite de la culture) et de tester leur

comportement sous serre. Il est nécessaire de connaître les ravageurs potentiels des plantes sélectionnées pour ne pas risquer de créer un foyer.

Il est possible alors d'imaginer la création d'une bordure fleurie extérieure pour la répulsion des ravageurs et l'attraction des auxiliaires naturels. La même interrogation se pose quant à son attractivité vis-à-vis des ravageurs. Si ces derniers sont attirés près des serres, il est fortement envisageable qu'ils finissent par se retrouver à l'intérieur des tunnels où les conditions climatiques sont plus accueillantes. Pour une action globale sur l'ensemble des ravageurs, la tanaïsie peut également rentrer dans cet arsenal de biodiversité par son action répulsive sur les doryphores (Panasiuk, 1984). Il est aussi possible de créer un système push-pull (Hassanali *et al.* 2008) alliant plante attractive et répulsive pour créer une barrière physique à l'extérieur de la serre.

Une autre idée pour compléter cet écosystème artificiel serait la création d'abris à auxiliaires, surtout pour les pucerons du fait de la précocité de l'attaque (syrphe, coccinelle, chrysope). Ces abris seraient installés dans les tunnels problématiques la première année. Les auxiliaires s'y réfugieront durant l'automne lorsque les conditions sont favorables au déclenchement des diapauses. Ces abris seront disposés dans un endroit hors gel mais tout de même froid (il ne faut pas réenclencher le cycle des insectes trop tôt) et à distance des araignées et autres prédateurs. Il ne reste plus qu'à les installer à la plantation dans les tunnels abritant les cultures sensibles la saison suivante. Allier les plantes relais à cette technique assurerait une initiation du développement des auxiliaires naturels tôt dans la saison.

REFERENCES

- Bernt L.A. et Wratten S.D. (2005). Effects of alyssum flowers on longevity, fecundity, and sex ratio of the leafroller parasitoid *Dolichogenidea tasmanica*. *Biological control* **32** : 65-69
- Boll R., Geria A., Marconi A., Migliore O., Salles M., Fauvergue X. (2001). Les plantes relais: une solution de lutte biologique? *Phytoma* **536** : 40-44
- Broadbent L. et Hollings M. 2008. The influence of heat on some aphids. *Annals of Applied Biology* **38** (3): 577-581
- Castañé C., Quero R., Riudavets J. (2006). The brine shrimp *Artemia* sp. as alternative prey for rearing the predatory bug *Macrolophus caliginosus*. *Biological Control* **38**(3) : 405-412
- Chambre d'agriculture 47 et 31 (2012). L'aubergine, agriculture biologique, www.mp.chambagri.fr/IMG/pdf/fiche_aubergine1.pdf
- Colfer R.G. et Rosenheim J.A. (2001). Predation on immature parasitoids and its impact on aphid suppression. *Oecologia* **126** : 292-304
- Dicke M., Takabayashi J., Posthumus M. A., Schütte C., Krips O. E. (1998). Plant-phytoseiid interactions mediated by herbivore-induced plant volatiles: Variation in production of cues and in responses of predatory mites. *Experimental and Applied Acarology* **22**: 311-333.
- Dib H. (2010). Rôle des ennemis naturels dans la lutte biologique contre le puceron cendré, *Dysaphis plantaginea* Passerini (Hemiptera: Aphididae) en vergers de pommiers. *Thèse de l'université d'Avignon*.
- Fabre-Nys C. et Thiéry D. (2012) Chapitre 33 : Des odeurs pour les troupeaux ou contre les parasites de culture. *Odorat et goût*, Ed. Quae ISBN : 978-2-7592-1770-0
- Falabella P., Tremblay E., Pennacchio F. (2000). Host regulation by the aphid parasitoid *Aphidius ervi*: the role of teratocytes. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **97**: 1-9
- Enkegaard A., Brødsgaard H.F., Hansen D.L. (2001). *Macrolophus caliginosus*: Functional response to whiteflies and preference and switching capacity between whiteflies and spider mites. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **101**: 81-88
- Franck S. (2010). Biological control of arthropod pests using banker plant systems: Past progress and future directions. *Biological Control* **52** : 8-16
- Goff C.C., Tissot A.N. (1932). The Melon Aphid, *Aphis gossypii* Glover. *Florida Agricultural Experiment Station* **252** : 23
- Gols R., Posthumus M.A., Dicke M. (1999). Jasmonic acid induces the production of gerbera volatiles that attract the biological control agent *Phytoseiulus persimilis*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **93**: 77-86
- Guyot J. (1988). Revue bibliographique et premières observations en Guadeloupe sur *Thrips palmi* Karny. *Agronomie* **8**(7) : 565-575
- Hansen D.L., Brødsgaard H.F., Enkegaard A. (1999). Life table characteristics of *Macrolophus caliginosus* preying upon *Tetranychus urticae*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **93**: 269-275
- Hassanali A., Herren H., Khan Z.R., Pickett J.A., Woodcock C.M. (2008). Integrated pest management: the push-pull approach for controlling insect pests and weeds of cereals, and its potential for other agricultural systems including animal husbandry. *Philosophical Transaction of the Royal Society Biological science* **363** : 611-621
- He X.Z., Teulon D.A.J., Wang Q. (2006). Oviposition strategy of *Aphidius ervi* (Hymenoptera : Aphididae) in response to host density. *New Zealand Plant Protection* **59**:190-194
- Hoppensteadt F. (2006). Predator-prey model. *Scholarpedia* **1**(10):1563.
- Husson O., Charpentier H., Michellon R., Razafintsalama H., Moussa N., Enjalric F., Naudin K, Rakotondramanana M., Seguy L. (2012). *Eleusine coracana*. *Manuel pratique du semis direct à Madagascar*. Volume III. Chapitre 3. § 2.2.
- Ingegno B.L., Pansa M.G., Tavella L. (2011). Plant preference in the zoophytophagous generalist predator *Macrolophus pygmaeus* (Heteroptera: Miridae). *Biological control* **58** : 174-181
- Malais M.H., Ravensberg W.J. (2006). Connaître et reconnaître, la biologie des ravageurs des serres et de leurs ennemis naturels. *Ed. Reed business, Doetinchem, Pays-Bas*.
- Moayeri H., Ashouri A., Brødsgaard H.F., Enkegaard A. (2006). Odour-mediated preference and prey preference of *Macrolophus caliginosus* between spider mites and green peach aphids. *Journal Applied of Entomologia* **130**(9-10) : 504-508
- Nakashima Y. et Hirose Y. (2003). Sex differences in foraging behaviour and oviposition site preference in an insect predator, *Orius sauteri*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **106**: 79-86
- Panasiuk O. (1984). Response of Colorado potato beetles, *Leptinotarsa decemlineata* (Say), to volatile components of tansy *Tanacetum vulgare*. *Journal of Chemical Ecology* **10**(9):1325-1333

- Patt, J.M., Hamilton, G.C., Lashomb, J.H., 1997. Foraging success of parasitoid wasps on Xowers: interplay of insect morphology, Xoral architecture and searching behavior. *Entomologia Experimentalis Et Applicata* **83**, 21–30.
- Perdikis D et Lykouressis D. (2000) Effects of Various Items, Host Plants, and Temperatures on the development and Survival of *Macrolophus pygmaeus Rambur* (Hemiptera: Miridae). *Biological Control* **17**, 55–60
- Perdikis D., Lykouressis D. (2002). Life table and biological characteristics of *Macrolophus pygmaeus* when feeding on *Myzus persicae* and *Trialeurodes vaporariorum*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **102**: 261–272
- Pineda A. et Marcos-García M.A. (2008). Use of selected flowering plants in greenhouses to enhance aphidophagous hoverfly populations (Diptera: Syrphidae). *International Journal of Entomology* **44**(2) : 487-192
- Portillo N., Alomar O., Wäckers F. (2012). Nectarivory by the plant-tissue feeding predator *Macrolophus pygmaeus Rambur* (Heteroptera: Miridae): Nutritional redundancy or nutritional benefit? *Journal of Insect Physiology* **58** : 397–401
- Pumariño L. et Alomar O. (2012). The role of omnivory in the conservation of predators: *Orius majusculus* (Heteroptera: Anthocoridae) on sweet alyssum. *Biological Control* **62** : 24–28
- Regnault-Roger C. et Hamraoui A. (1997). Lutte contre les insectes phytophages par les plantes aromatiques et leurs molécules allélochimiques. *Acta botanica Gallica* **144**(4) : 401-412
- Rehman A. et Powell W. (2010). Host selection behaviour of aphid parasitoids (Aphidiidae : Hymenoptera). *Journal of Plant Breeding and Crop Science* **2** : 299-311
- Roda A., Nyrop J., Dicke M., English-Loeb G. (2000). Trichomes and spider mite webbing protect predatory mites eggs from intraguild predation. *Oecologia* **125** : 428-435
- Rott, A.S., Ponsonby D.J. (2000). The effects of temperature, relative humidity and host plant on the behaviour of *Stethorus punctillum* as a predator of the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae*. *BioControl* **45**: 155–164
- Sarah K. Wong S.K. et Frank S.D. (2013). Pollen increases fitness and abundance of *Orius insidiosus* Say (Heteroptera: Anthocoridae) on banker plants. *Biological Control* **64**(1):45-50
- Sigsgaard L. (2000). The temperature-dependent duration of development and parasitism of three cereal aphid parasitoids, *Aphidius ervi*, *A. rhopalosiphii*, and *Praon volucre*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **95**: 173–184
- Skirvin D.J. et Fenlon J.S. (2003). The effect of temperature on the functional response of *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae). *Experimental & Applied Acarology* **31**(1-2) : 37-49
- Vandekerkhove B., Van Baal E., Bolckmans K., De Clercq P. (2006). Effect of diet and mating status on ovarian development and oviposition in the polyphagous predator *Macrolophus caliginosus* (Heteroptera: Miridae). *Biological Control* **39** : 532–538
- Vandekerkhove B., De Puyseleer V., Bonte M., De Clercq P. (2011). Fitness and predation potential of *Macrolophus pygmaeus* reared under artificial conditions. *Insect Science* **00** : 1–7
- Van Den Boom C.E.M., Van Beek T.A., Posthumus M.A., De Groot A., Dicke L. (2004). Qualitative and quantitative variation among volatile profiles induced by *Tetranychus urticae* feeding on plants from various families. *Journal of Chemical Ecology* **30**(1) : 69-89
- Vanhaelen N., Haubrugge E., Gaspas C., Francis F. (2001). Ovoposition preferences of *Episyrphus balteatus*. *Mededelingen van de Faculteit Landbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenschappen* **66** : 269-275
- Vattala H.D., Wratten S.D., Phillips C.B., Wäckers F.L. (2006). The influence of flower morphology and nectar quality on the longevity of a parasitoid biological control agent. *Biological control* **39** : 179-185
- Venzon M., Janssen A., Sabelis M.W. (1999). Attraction of a generalist predator towards herbivore-infested plants. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **93**: 305–314
- Venzon M., Janssen A., Sabelis M.W. (2002). Prey preference and reproductive success of the generalist predator *Orius laevigatus*. *Oikos* **97**: 116–124
- Waterhous D.F. (1994). Biological Control of Weeds:Southeast Asian Prospects. Ed. Aciar monograph, Camberra 84-96
- Wellings P.W., Leather S.R., Dixon F.G. (1980). Seasonal variation in reproductive potential : a programmed feature of aphid life cycles. *Journal of Animal Ecology* **49** : 975 - 985
- Wyss E., 1995. The effects of weed strips on aphids and aphidophagous predators in an apple orchard. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **75** (1) : 43–49

Annexe 1 : Présentation de l'exploitation



Figure 1 : Plan de l'exploitation et localisation des serres (source : googlemap, localisation satellite : 47.300566, -1.623237)

Tableau I : Présentation des tunnels essais

<i>La ferme du soleil (Orvault)</i>			
	Tunnel témoin	Tunnel 1	Tunnel 2
Taille	230 m ²	216 m ²	216 m ²
Préparation de la culture	Sous solage + rotalabour Compost HUON (bovin/équin/ovin) 8T/ha Patenkali (30% potasse, 10% magnésium, 42% soufre) 15kg/tunnel Kieserit (25% magnésium, 50 % soufre) 15 kg/tunnel Litothamne (amendement calcique) 25kg/tunnel		
Date	semaine 15	semaine 14	semaine 18
Préparation de la plantation	Bâchage		
Date	semaine 16	semaine 15	semaine 19
Plantation	semaine 16	semaine 15	semaine 19
Provenance plants	GAEC clair de lune		
Variétés	Little finger (60 plants), Rosa bianca (130 plants), Rania (120 plants)	Falcon (72 plants greffés), longue blanche (119 plants), Rosa bianca (119 plants)	Monarco (310 plants)

Rapport-Gratuit.com

Annexe 2 : Relevés thermiques

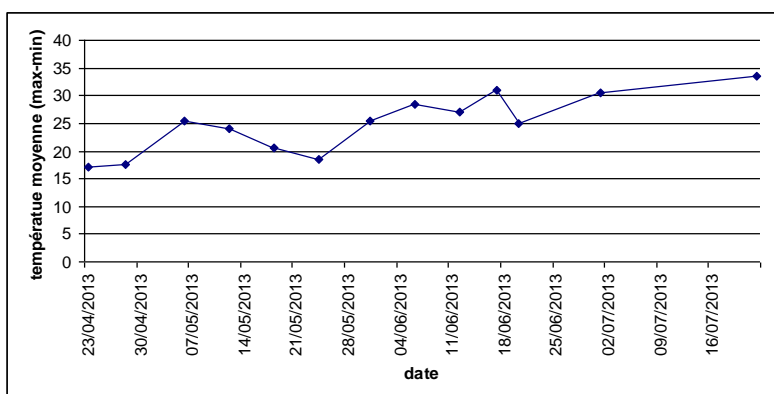



Figure 1 : Courbe de température

Tableau I : Relevé des températures

Mois	Jour	min	max	moyenne	Mois	Jour	min	max	moyenne
avril	23	6	28	17	mai	1	9	16	12,5
	24	9	43	26		2	7	38	22,5
	25	10	44	27		3	3	40	21,5
	26	3	31	17		4	8	40	24
	27	3	42	22,5		6	7	44	25,5
	28	3	32	17,5		7	14	41	27,5
	29	3	30	16,5		8	7	30	18,5
	30	10	24	17		9	8	30	19
	jour	min	max	moyenne		10	10	32	21
juin	1	13	41	27		11	7	32	19,5
	2	8	41	24,5		12	12	36	24
	3	7	42	24,5		13	10	25	17,5
	4	6	40	23		14	5	29	17
	5	10	44	27		15	6	39	22,5
	6	16	41	28,5		16	2	41	21,5
	7	15	50	32,5		17	7	44	25,5
	11	14	40	27		18	9	32	20,5
	12	13	33	23		19	9	19	14
	13	19	44	31,5		20	11	25	18
	20	10	40	25		21	11	38	24,5
	21	11	38	24,5		22	7	48	27,5
	22	8	30	19		23	5	37	21
	23	7	34	20,5		24	5	32	18,5
24	10	30	20	25		5	40	22,5	
25	7	45	26	26		4	48	26	
26	10	48	29	27		8	36	22	
	jour	min	max	moyenne		28	6	31	18,5
juillet	1	15	46	30,5		29	10	34	22
	17	14	48	31		30	10	31	20,5
	22	17	50	33,5		31	11	40	25,5

	Diplôme : Master Science et Technologie du Végétal Mention : Biologie et Technologie du Végétal Parcours : Production et Technologie du Végétal (ProTeV) Option: Fruits et légumes, alimentation et marché
Auteur : LELONG Azélie Date de naissance : 17/07/1989	Organisme d'accueil : Symbiose Protection Biologique Adresse : 21 avenue de noëlle
Nb pages : 25 Annexe(s) : 2	44350 GUERANDE
Année de soutenance : 2013	Maître de stage : ROBICHON Loïc
Protection biologique de l'aubergine : Intérêt des plantes relais en maraîchage biologique Eggplant Integrative Pest Management : Banker Plants interest in organic market gardening	
Résumé: <p>L'aubergine est un légume fortement attractif vis-à-vis de nombreux ravageurs, et reste difficile à protéger en lutte biologique. Cette essai vise à évaluer l'intérêt des plantes relais pour l'introduction d'insectes auxiliaires afin de maîtriser les populations de puceron, thrips, aleurode et acarien. Il a été introduit des parasitoïdes sur les plants de blé pré-infestés par <i>Sitobion avenae</i>, des <i>Orius laevigatus</i> sur des plants d'alyse (<i>Lobularia maritima</i>), et des œufs d'artémia ont été soupoudrés sur les feuilles d'aubergine pour <i>Macrolophus pygmaeus</i>. La nourriture / les hôtes présents sur les plantes relais permettent d'augmenter les effectifs des auxiliaires en influant sur le nombre de descendants. Le synomones dégagés par les plantes relais permettent d'améliorer leurs fitness et permet d'attirer les auxiliaires naturels présents dans l'environnement.</p>	
Abstract: <p>Eggplant is a high attractive vegetable to pest, and it is difficult to protect it by Integrative Pest Management. This trial aim to test the banker plants advantages to control aphids, thrips, whiteflies and mites populations. Parasitoids have been introduced in greenhouses on wheat plant infested by <i>Sitobion avenae</i>, so as <i>Orius laevigatus</i> on alysse (<i>Lobularia maritima</i>), <i>Phytoseiulus persimilis</i> on beans (<i>Phaseolus sp.</i>) and artemia eggs were scatter on eggplant on leaves for <i>Macrolophus pygmaeus</i>. Feed/hosts on banker plants allow useful insects to raise their effectiveness thanks to their life cycle improvement and a higher descendant number. Synomones spread by attacked banker plants enable to introduced insects to improve their fitness and to attract natural useful insects into the greenhouses.</p>	
Mots-clés : Lutte biologique, aubergine, plante relais, <i>Macrolophus pygmaeus</i> , Parasitoïdes, <i>Orius laevigatus</i> , <i>Phytoseiulus persimilis</i> , fitness, auxiliaire naturels Key Words: Integrative Pest Management, eggplant, banker plants, <i>Macrolophus pygmaeus</i> , parasitoids, <i>Orius laevigatus</i> , <i>Phytoseiulus persimilis</i> , fitness, natural useful insects	