Liste des abréviations

Arexhor pdl : Arexhor Pays de la Loire

BPE : Bonne Pratique d'Expérimentation

DNA : Deoxyribose Nucleic Acid (ADN)

PBI : Protection Biologique Intégrée

NPK : Azote, Phosphore, Potassium

OAD : Outils d'Aide à la Décision

Tunnel T : tunnel témoin

Tunnel PR : tunnel plantes réservoirs

Liste des illustrations

Figure 1 : seuil de nuisibilité et d'intervention permettant de lutter contre les ravageurs de culture (Jaloux B.)
Figure 2 : dessin de puceron aptère et ailé (INRA, 2013)
Figure 3 : cycle du puceron (Leray E.)
Figure 4 : schéma du mode d'action et des objectifs des plantes réservoirs (Leray E.)
Figure 5 : photographie de *Photinia* 'red robin' (Leray E.)
Figure 6 : Groseillier à grappe ou *Ribes rubrum* (Leray E.)
Figure 7 : *Asclepia incarnata* en fleur et plante entière (Leray E.)
Figure 8 : Sauge officinale (Leray E.)
Figure 9 : Menthe verte (Leray E.)
Figure 10 : Rose trémière (Leray E.)
Figure 11 : plan du dispositif expérimental
Figure 12 : photographie du dispositif expérimental dans le tunnel témoin le 12 juillet 2013 (Leray E.)
Figure 13 : photographie du dispositif expérimental dans le tunnel plantes réservoirs le 12 juillet 2013 (Leray E.)
Figure 14 : photographie d'observation à la loupe binoculaire (x30 à gauche, x50 à droite) de Braconidae (Leray E.)
Figure 15 : évolutions au cours du temps des températures de 2013 et des trente dernières années sur Beaucouzé (météofrance)
Figure 16 : transformation des notations réalisées au champ en classe d'importance des colonies de pucerons
Figure 17 : évolution au cours du temps de l'importance des colonies de pucerons suivant leur espèce dans le tunnel plantes réservoirs
Figure 18 : évolution au cours du temps de l'importance des colonies de pucerons suivant leur espèce dans le tunnel témoin
Figure 19 : évolution au cours du temps de l'importance de *M.euphorbiae* mise en évidence par les notations au champ et par l'impact économique des colonies sur la plante dans le tunnel PR
Figure 20 : évolution au cours du temps des stades maximaux des colonies observées en relation avec la somme des auxiliaires par plante dans chaque tunnel
Figure 21 : évolution au cours du temps de l'importance des pucerons et de la présence des auxiliaires sur les *Ribes rubrum*
Figure 22 : évolution au cours du temps de l'importance des pucerons et de la présence des auxiliaires sur *Asclepia incarnata*
Figure 23 : évolution au cours du temps des auxiliaires de culture présents sur les *Photinia* dans le tunnel plantes réservoirs
Figure 24 : évolution au cours du temps des auxiliaires de culture présents sur les *Photinia* dans le tunnel témoin
Figure 25 : évolution au cours du temps de la somme des auxiliaires par plante
Figure 26 : évolution au cours du temps du nombre d'*Aphidoletes aphidimyza* par plantes
Figure 27 : évolution au cours du temps du nombre de syrphe total par plante
Figure 28 : moyenne des syrphes totaux par plante et par tunnel
Figure 29 : évolution au cours du temps du nombre de *Scymnus* par plante
Figure 30 : évolution au cours du temps du nombre d'*Heterotoma planicormis* par plante
Figure 31 : évolution au cours du temps du nombre de momie par plante
Figure 32 : évolution au cours du temps de l'importance des pucerons mycozés et de l'importance des colonies de pucerons
Figure 33 : évolution au cours du temps des auxiliaires présent sur les *Asclepia incarnata*
Figure 34 : évolution au cours du temps des auxiliaires présents sur les *Ribes rubrum*

Figure 35 : rapport entre les auxiliaires par plante et l'importance maximum des colonies de pucerons
Figure 36 : évolution au cours du temps du stade des colonies d'*A. spiraecola* et du nombre de feuilles touchées par les pucerons
Figure 37 : relation entre la somme des auxiliaires par plante et le nombre de feuilles touchées du 25 juillet au 14 août
Figure 38 : rapport entre les auxiliaires et l'importance des colonies
Figure 39 : rapport entre les auxiliaires et l'importance maximale des colonies
Figure 40 : rapport entre les auxiliaires et l'importance des colonies de pucerons
Figure 41: résultats 2012 sur l'essai plantes réservoirs (Arexhor pdl, 2012)
Figure 42 : hypothèse d'arrivée des auxiliaires par rapport à l'importance des colonies de pucerons (Leray E.)
Figure 43 : photographie larve (haut) et nymphe de coccinelle (haut) (Leray E.)
Figure 44 : photographie *Heterotoma planicormis* adulte (Leray E.)
Figure 45 : photographie de larve(a), pupe (b) et syrphe adulte (c) (Leray E.)
Figure 46 : photographie de feuille de *Photinia* (gauche) avec puceron parasité (loupe binoculaire x50) par un champignon (droite) (Leray E.)
Figure 47 : image issue du programme de concordance des espèces d'*Aphidius* sp
Figure 48 : photographie d'aile antérieure d'un Braconidae observée au microscope (x100) (Leray E.)
Figure 49 : photographie du pétiole ondulé (costulate) d'un Braconidae observé au microscope (x100) (Leray E.)
Figure 50 : photographie d'une patte de Braconidae observée au microscope (x100) (Leray E.)

Tableau I : pucerons présents sur la culture de *Photinia* (Monnet Y. et *al*., 1999)
Tableau II : historique des interventions et notations
Tableau III : grille de notation des auxiliaires de culture (Ctifl, 2006)
Tableau IV : grille de notation des ravageurs
Tableau V : classe de notation de l'aspect sanitaire et commercial
Tableau VI : transformation des classes de notation des pucerons
Tableau VII : historique du nombre de plantes compagnes
Tableau VIII : impact des deux auxiliaires majeurs observés dans les tunnels sur les populations de pucerons
Tableau IX : critère de reconnaissance du genre *Aphidius sp*
Tableau X: critères et moyens d'observation des *Aphidius sp*

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Sommaire

I. Introduction 1
II. Contrôle des ravageurs en culture sous abri froid par utilisation de plantes-réservoirs, mise en place d'essais à l'Arexhor Pays de la Loire 7
1) Matériels végétal 7
1. La culture 7
2. Les plantes réservoirs 8
2) Mise en place de l'essai : protocole d'expérimentation 8
1. Modalités et dispositif expérimental 8
Localisation 8
Matériel végétal 8
Matériel 9
Modalités 9
Dispositif 9
Calendrier des interventions 10
2. Notations et statistiques 11
III. Résultats : effet des plantes réservoirs sur le contrôle des ravageurs 13
1) Bilan météorologique 13
2) Développement des ravageurs 13
1. Représentation des colonies de pucerons 13
2. Sur *Photinia* 14
3. Les plantes réservoirs 15
Les Ribes rubrum 15
Les Asclepia incarnata 16
3) Les auxiliaires 16
1. Sur la culture : les *Photinia* 16
Les insectes auxiliaires 16
Le parasitisme 19
Les champignons entomopathogènes 19
2. Les plantes réservoirs 20
Les Ribes rubrum 20
Les Asclepia incarnata 20
3. Interaction auxiliaires/ravageurs 21
IV. Discussions 23
V. Conclusion 27

Rapport-Gratuit.com

I. Introduction

Les nouveaux enjeux économiques, environnementaux et sociaux sont à l'origine de changements dans les pratiques agricoles. En parallèle, les exigences réglementaires évoluent et tendent à diminuer le nombre de produits phytopharmaceutiques disponibles causant des impasses pour les producteurs dans la protection des cultures.

Le contrôle des ravageurs sous tunnel est réalisé par des itinéraires classiques ou innovants. En recherche appliquée, les nouvelles techniques s'appuient sur les relations existantes entre la faune et la flore. La recherche de plantes réservoirs pour maintenir et favoriser les auxiliaires dans les cultures fait l'objet d'un projet d'expérimentation mené à l'Arexhor Pays de la Loire depuis deux ans. C'est dans ce cadre que j'ai réalisé un stage au cours du Master 2.

L'Arexhor Pays de la Loire est l'Agence régionale pour l'expérimentation horticole. Elle fait partie de l'Institut technique Astredhor. Créée en 2009, au cœur du bassin de production horticole Angevin aux Ponts de Cé, l'Arexhor met en place des essais afin de répondre aux problématiques soulevées par les producteurs et par les nouveaux enjeux économiques, sociaux et environnementaux. Elle soutient la filière horticole par l'apport de nouvelles données et techniques de cultures innovantes. Ainsi, la recherche s'oriente principalement vers des techniques alternatives, spécialisées en entomologie et plantes compagnes. Composée de quatre personnes pour la réalisation de ses essais, la station est accréditée BPE (Bonne Pratique d'Expérimentation).

Depuis 2007, l'institut travaille sur la protection intégrée en culture extérieure ou sous abri froid. Différents essais ont été réalisés sur la station et chez les producteurs. Cette thématique vise à mettre au point des moyens de lutte alternative contre les ravageurs. Les observations ont montré que la meilleure méthode de lutte était la PBI conservatrice c'est-à-dire l'utilisation de la faune spontanée. En effet, dès l'arrêt des traitements phytopharmaceutiques, de nombreux auxiliaires réinvestissent les cultures. Le but de ces essais est d'attirer, de maintenir et de favoriser cette faune (Ferre A., 2013). Les plantes compagnes sont au cœur des recherches. Elles sont installées dans la culture principale et ont pour objectifs d'améliorer la qualité de production et de la culture. Les programmes d'expérimentation se sont tout d'abord orientés vers les plantes-fleuries qui ont été choisies en fonction de leurs robustesses, de la longueur de floraison et du ratio entre le nombre d'auxiliaires attirés et les ravageurs polyphages présents. La suite des travaux s'est élargie vers la recherche de plantes réservoirs qui permettent d'attirer les auxiliaires grâce à leurs ravageurs spécifiques. Ces plantes ont pour but de maintenir la pression de ravageurs à un seuil de nuisibilité acceptable dans la culture. En 2013, pour la deuxième année consécutive, les travaux sont menés sur la lutte contre le puceron sur *Photinia x fraseri* grâce à l'utilisation de plantes réservoirs, telles que le groseillier ou l'*Asclepia*.

Les études en cours visent à acquérir des connaissances et de l'expérience pour une application rapide, économiquement viable et respectueuse de l'environnement des méthodes de culture. L'utilisation de plantes réservoirs s'inscrit dans la Protection Biologique Intégrée (PBI). Utilisant principalement la lutte biologique pour la régulation des ennemis, elle intègre d'autres moyens (Piasentin J., 2010) comme la sélection variétale (variété résistante ou tolérante), la protection mécanique comme l'utilisation de filet, la prophylaxie (désinfection du matériel), la

lutte éthiologique (répulsifs, pièges à hormones sexuelles ou d'agrégation, pièges attractifs, pièges lumineux, pièges spécifiques, appâts alimentaires), la lutte biotechnique (confusion sexuelle), les méthodes culturales (désherbage, travail du sol, irrigation, fertilisation) et la lutte chimique (Jullien E. & J., 2006). Cette protection a pour but de maintenir la population des bioagresseurs à un niveau tolérable pour les cultures et le commerce. La PBI, c'est entre-autre, développer les régulateurs naturels en évitant les zones de « vide », lieux par exemple d'insertion des adventices : plantes hôtes de ravageurs ou de maladies en y remédiant par des enherbements volontaires et utiles aux auxiliaires de culture. La diversité est un point important, plus les agents régulateurs sont nombreux et plus les populations de ravageurs sont faibles et stables. Ainsi, à la disparition d'un régulateur, un milieu complexe permet d'avoir peu d'effet sur l'augmentation des populations des ravageurs. Enfin, la gestion d'une culture doit être raisonnée à l'échelle de la parcelle et son environnement et des différentes populations en évolution afin de trouver un équilibre (Ferre A., 2010). La PBI est une démarche par étape. C'est tout d'abord l'utilisation de méthodes de lutte biologique, ensuite l'aménagement de l'espace, puis l'évolution des méthodes de cultures, l'utilisation de plantes auxiliaires et enfin l'application de produits phytosanitaires (Piasentin J., 2010).

L'utilisation d'auxiliaires comme les micro-organismes, les invertébrés ou les vertébrés est courante. Leur application dans les cultures est possible grâce à plusieurs techniques. Il existe la lutte par acclimatation, des auxiliaires exotiques sont introduits pour réguler sur le long terme, voire de manière permanente la population de nuisibles, souvent elle aussi exotique. La lutte par augmentation consiste à lâcher dans un milieu des auxiliaires en grande quantité ou de manière répétée. Deux techniques se distinguent. La première est l'inondation, elle est réalisée dans le but d'une maîtrise ponctuelle du ravageur. L'inoculation, deuxième méthode, se concrétise par des lâchers d'organismes en tant qu'agents de contrôle immédiat et de longue durée grâce à leur multiplication afin de maîtriser les agresseurs. La dernière technique est la lutte par conservation des habitats, elle est utilisée en préservant et valorisant les insectes entomophages indigènes qui sont les ennemis des ravageurs naturellement présents dans le milieu.

Les méthodes de luttes alternatives sont parfois utilisables avec la lutte chimique. Des solutions commerciales sont dites compatibles avec certains auxiliaires et peuvent être utilisées en cas d'insuffisance de leurs actions. Le contrôle chimique est réalisé à partir de pesticides synthétiques ou de pesticides biologiques qui dérivent de plantes ou de purin. Du thé de compost ou des moyens non conventionnels sont aussi commercialisés pour la lutte contre les ravageurs sous forme de film protecteur traité ou de microcapsules de traitement (Dufoour R., 2001).

La protection intégrée est utilisée de façon différente entre des cultures extérieures ou sous abris. A l'extérieur, la diversité d'organismes et de plantes est plus importante. Elle maintient à des niveaux acceptables les populations de bioagresseurs dans les parcelles de pleine terre grâce à l'augmentation des espèces d'auxiliaires et leur maintien (Ninkovic V. *et al*., 2011). Les zones de cultures extérieures sont des endroits ouverts où les auxiliaires et en particulier les insectes se déplacent. Leur contrôle est difficile, les favoriser et les attirer deviennent des objectifs (Dufoour R., 2001). Enfin, les méthodes de cultures sont nombreuses et peuvent être adaptées.

En milieu sous abris, l'environnement est contrôlé ou semi-contrôlé, l'interaction avec les organismes de l'extérieur est parfois plus difficile. Cependant, les leviers d'action sont multiples :

le climat, l'irrigation, la fertilisation, la prophylaxie, le piégeage, les auxiliaires naturels, l'application d'agents de contrôle et les produits phytopharmaceutiques compatibles. La gestion du climat est l'un des premiers moyens de lutte. Par exemple le puceron est sensible aux facteurs abiotiques comme le vent, la pluie, la chaleur ou le froid. L'apport d'auxiliaires peut être réalisé et défini selon plusieurs stratégies : augmentation, conservation, acclimatation (Piasentin J., 2010). Les formes commerciales sont aussi diverses. Les insectes sont proposés en vrac, en sachet, en bugline (ruban de miniélevage), à différents stades selon les besoins, les facilités d'usage et les coûts (biobest.be). La perception et l'observation des bioagresseurs sont facilitées en milieu contrôlé, ce qui permet une action rapide.

L'efficacité de la lutte biologique est caractérisée par une bonne connaissance des agents vivants (Piasentin J., 2010). Les insectes appartiennent à l'embranchement des Arthropodes et au groupe des invertébrés. Auxiliaires, ravageurs, ou les deux, sont les animaux les plus nombreux en France, ils se répartissent dans 29 ordres. Longtemps considérés négativement, ils sont aujourd'hui reconnus dans le monde entier pour les bénéfices apportés tout autant que pour les dégâts provoqués sur les cultures. Pouvant causer de grandes pertes économiques et de graves crises sanitaires, ils sont surveillés et fond l'objet de lutte. Cependant, les changements climatiques ainsi que le nombre croissant du flux de marchandises et d'hommes ont créé l'émergence de nouveaux ravageurs dans des territoires auparavant indemnes. Ce phénomène a obligé une réglementation de ces parasites, en plaçant les plus préjudiciables en quarantaine. C'est l'un des premiers moyens de lutte (Jullien J. & E., 2006).

La recherche a permis de mieux comprendre et de mieux connaître ces organismes, leurs cycles de vie, leurs niches écologiques et leurs régimes alimentaires afin de trouver des moyens de lutte ou au contraire, des solutions pour les favoriser.

Tout au long de leur vie, les régimes alimentaires de l'insecte, caractérisent leurs dangers, leurs faiblesses ou leurs bénéfices. Chez les phytophages, il existe des insectes monophages qui s'attaquent à une espèce, des insectes oligophages qui se nourrissent de plusieurs genres de la même famille ou d'un petit nombre d'espèces de différentes familles et des insectes polyphages provoquant des dégâts sur plusieurs familles. La majeure partie des insectes est localisée sur un organe particulier de la plante, dépendant de leur taille et de leur mobilité. L'insecte se nourrissant de la plante, choisit son hôte en fonction de la concentration de nutriments mais aussi par la présence ou l'absence de métabolites secondaires (Bernays E.A., *et al*., 1994). Les dégâts peuvent être directement aux détournements de sève et aux sécrétions salivaires, ou indirectement aux phytovirus transmis, par exemple par les pucerons (Dedryver C. A., 2010).

Dans la protection intégrée, il est donc important de reconnaître précisément le ravageur, d'observer son stade et son développement afin de définir un seuil de nuisibilité (Figure 1) pour mettre en place une stratégie de lutte efficace lorsque le seuil d'intervention est atteint.

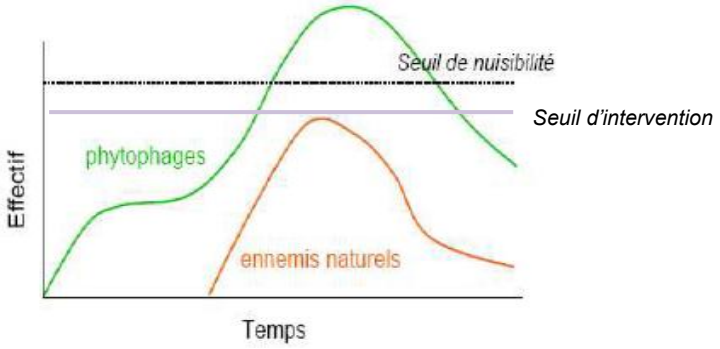


Figure 1 : seuil de nuisibilité et d'intervention permettant de lutter contre les ravageurs de culture (Jaloux B.)

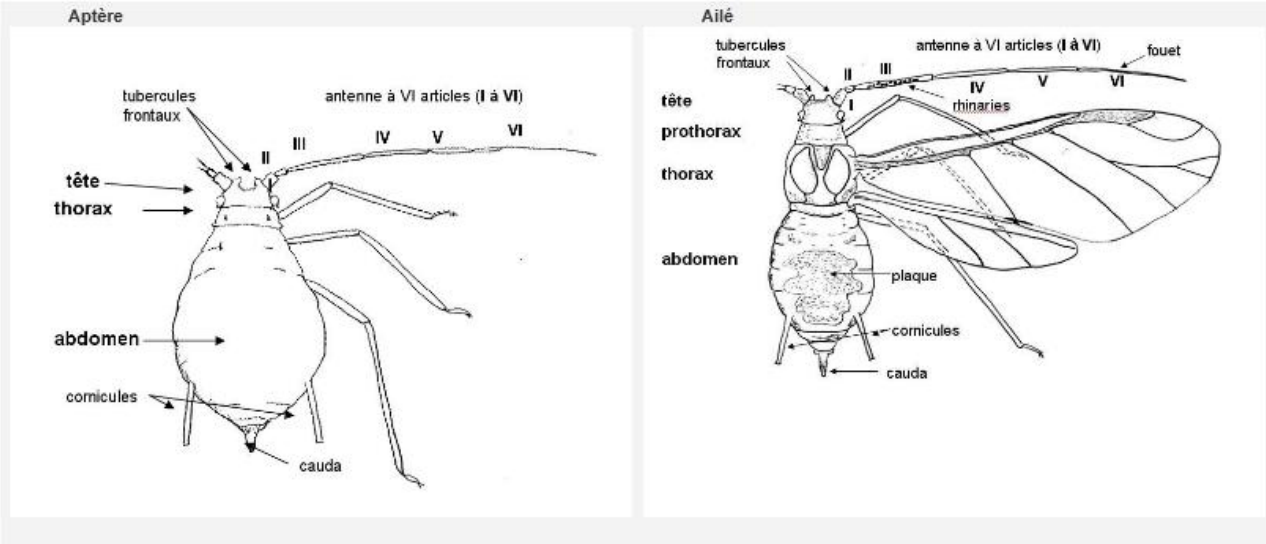


Figure 2 : dessin de puceron aptère et ailé (INRA, 2013)

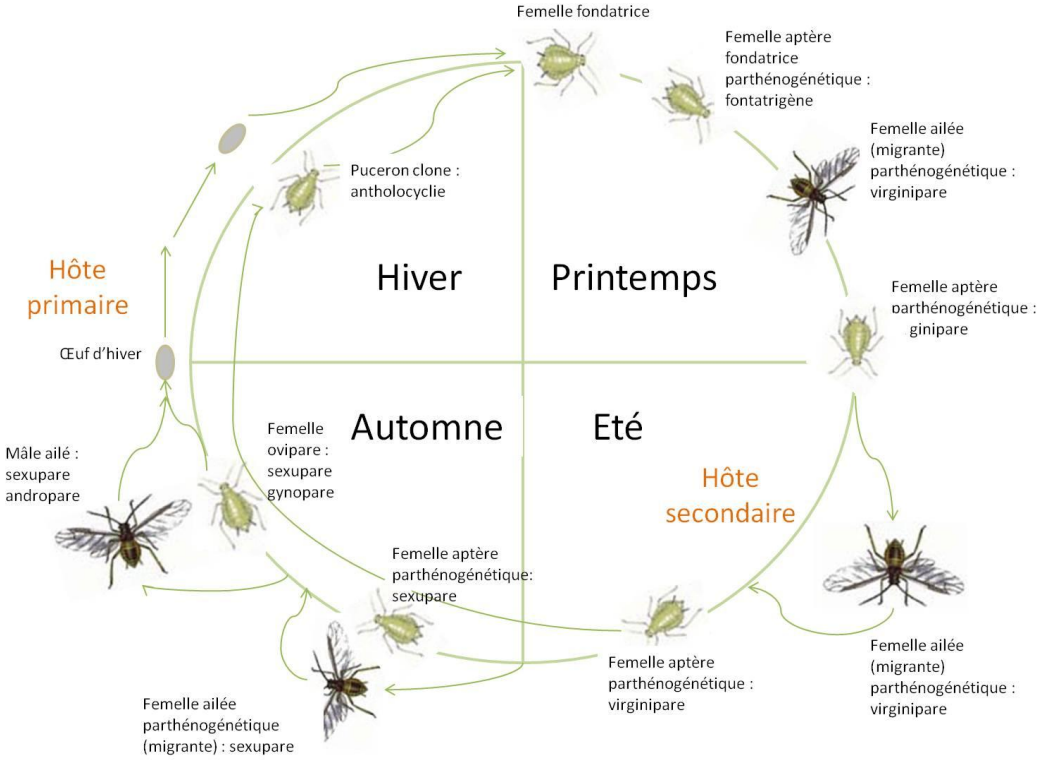


Figure 3 : cycle du puceron (Leray E.)

L’essai traite de la lutte contre le puceron. Ces derniers font partie de la super famille des Aphidoidea, ce sont des Hémiptères caractérisés par la présence de cornicules et de tarses bi-articulés terminés par des griffes doubles (Figure 2) Insectes au corps mou, ils mesurent 2 à 5 millimètres et vivent en colonie (INRA, 2013). Ils peuvent se présenter sous différentes formes : adulte aptère ou ailé, sexué ou parthénogénétique, œuf ou larve. Celle-ci ressemble à l’adulte, leur différenciation se fait grâce à l’individualisation de la cauda chez l’adulte et à leurs couleurs. Il faut en moyenne 8 à 10 jours pour que la larve passe à l’état adulte, ce dernier a une durée de vie comprise entre 10 et 120 jours pendant lesquels il pourra produire jusqu'à 60 larves. Le puceron est dit hémimétabole c'est-à-dire qu’il n’y a pas de stade nymphal (INRA, 2013).

Lorsque les conditions sont moins favorables ou que la colonie est trop fournie, un plus grand nombre d’ailés apparait. Les adultes et les larves ont le même mode de vie, et provoquent les mêmes dégâts. Ces phytophages se nourrissent de sève grâce à un système buccal de type piqueur-suceur : rostre et stylet (INRA, 2013).

Les pucerons présentent une grande variabilité de cycles biologiques. Le mode de reproduction est possible par voie sexuée et par voie asexuée. Ces deux méthodes peuvent être possibles au sein d’une même espèce en fonction de la rigueur de l’hiver et de la disponibilité des hôtes primaires. Dans le cas d’une reproduction sexuée, l’œuf fécondé est pondu en automne et représente une forme de survie pendant l’hiver. Au printemps, l’éclosion de l’œuf engendre des fondatrices qui créent les premières générations de femelles parthénogénétiques essentiellement composées d’aptères. Ces femelles sont vivipares et produisent des larves parfaitement identiques. A l’automne certaines femelles donneront naissance à des mâles afin de féconder les œufs des femelles ovipares (Figure 3). Cependant, la perte de la phase sexuée est apparue dans presque toutes les sous-familles de pucerons et c’est toute l’année que les espèces se reproduisent par parthénogenèse (Fraval A., 2006).

Les Aphidoidea ont plusieurs antagonistes. Les facteurs biotiques comprenant les prédateurs comme les coccinelles, les parasitoïdes (*Aphidius* sp) et les pathogènes (champignons, bactéries, virus) jouent des rôles importants dans la régulation des populations aphidiennes (INRA, 2013)

Les études ont permis d’identifier et de favoriser les insectes dits auxiliaires de culture qui peuvent être utilisés dans le cadre d’une lutte biologique. Ils peuvent être entre autre des prédateurs comme les coccinelles ou des parasitoïdes comme *Aphidius* sp pour les pucerons. Chez les auxiliaires prédateurs, la proie est éliminée sans délai. Il existe des prédateurs polyphages qui s’attaquent à de nombreuses espèces d’ordres différents, ils ont une capacité d’adaptation en fonction de la densité en proies. Les prédateurs peuvent être oligophages, ils se nourrissent d’un petit nombre d’espèces souvent du même ordre ou de la même famille. Enfin, des prédateurs spécialistes s’attaquent à une seule espèce, genre ou famille. L’efficacité de prédation et le spectre de proies dépendent de l’âge du prédateur (Bernays E.A., 1994). Les prédateurs les plus fréquemment observés sont les larves et adultes de coccinelles, les larves de syrphes, de chrysopes et de certaines punaises (Ferre A., 2008)

Les auxiliaires parasitoïdes quant à eux, se développent au dépend d’un seul hôte, aboutissant à la mort de ce dernier. Seuls les stades immatures sont parasites et leur dynamique de population est plus proche de celle d’un prédateur que celle d’un véritable parasite. L’ordre des Hyménoptères est le plus diversifié et le plus adapté à ce mode de vie, il est aussi le plus utilisé dans la commercialisation (Jaloux B., 2012). Le parasitisme peut prendre deux formes :

le parasitisme primaire ou le parasitisme secondaire aussi appelé hyperparasitisme. Les parasitoïdes secondaires se développent au dépend d'un parasitoïde primaire (inra.fr, 2013).

Chaque insecte supporte une communauté de parasitoïdes primaires ou secondaires. Les parasitoïdes s'attaquant au même stade de la même espèce sont regroupés en guildes. Au cours de la saison les populations d'hôtes sont attaquées par une succession de guildes. La relation hôtes/parasitoïdes est complexe. Le parasite va tout d'abord localiser l'habitat de l'hôte grâce à des composés secondaires par exemple, puis va localiser l'hôte par différents stimuli et enfin le parasiter. L'insecte parasité possède des défenses comme l'encapsulation afin d'isoler le corps étranger. Le parasitoïde, quant à lui, utilise parfois des systèmes d'évitement comme le venin, le mimétisme moléculaire ou l'injection de poly DNA virus (Jaloux B., 2012).

Les insectes bénéfiques ou ravageurs vivent au sein d'un environnement déterminé. L'observation de leurs préférences pour certaines plantes peut servir afin de mettre en place des méthodes destinées à favoriser ou à lutter contre ces derniers. C'est à la suite de ce constat, que l'utilisation de plantes compagnes pour contrôler les ravageurs en cultures, s'est de plus en plus développée. Il en est différents types en fonction de leurs rôles et de leurs caractéristiques.

Les plantes fleuries sont utilisables sur les cultures non-fleuries. Leurs fleurs permettent de nourrir les auxiliaires dont la forme adulte est polliniphage, ce qui les maintient au sein de la culture. Les adultes se nourrissant de pollen ou de nectar, se déplacent et pondent, parasitent ou se nourrissent dans les foyers de ravageurs situés dans la culture (Ferre A. & Gourlay A., 2011).

Tous les insectes ont une préférence pour certaines espèces de plantes, cultivars ou stades physiologiques. Les plantes indicatrices ou pièges sont plus sensibles pour les ravageurs que la culture principale, cela permet de regrouper la population. Lorsque le foyer de ravageurs est repéré sur la plante sensible, une taille, un remplacement de la plante piège ou un lâcher d'auxiliaires sont effectués afin de perturber le cycle de l'insecte dans la culture. Il est cité par exemple l'utilisation de l'aubergine dans la lutte contre l'aleurode (Ferre A., 2011). Les plantes indicatrices permettent de mettre en évidence le début de l'infestation et ainsi de mettre en place une stratégie de lutte adaptée et hâtive comme la féverole pour repérer l'acarien tétranyque (Buitenhuis R., 2011).

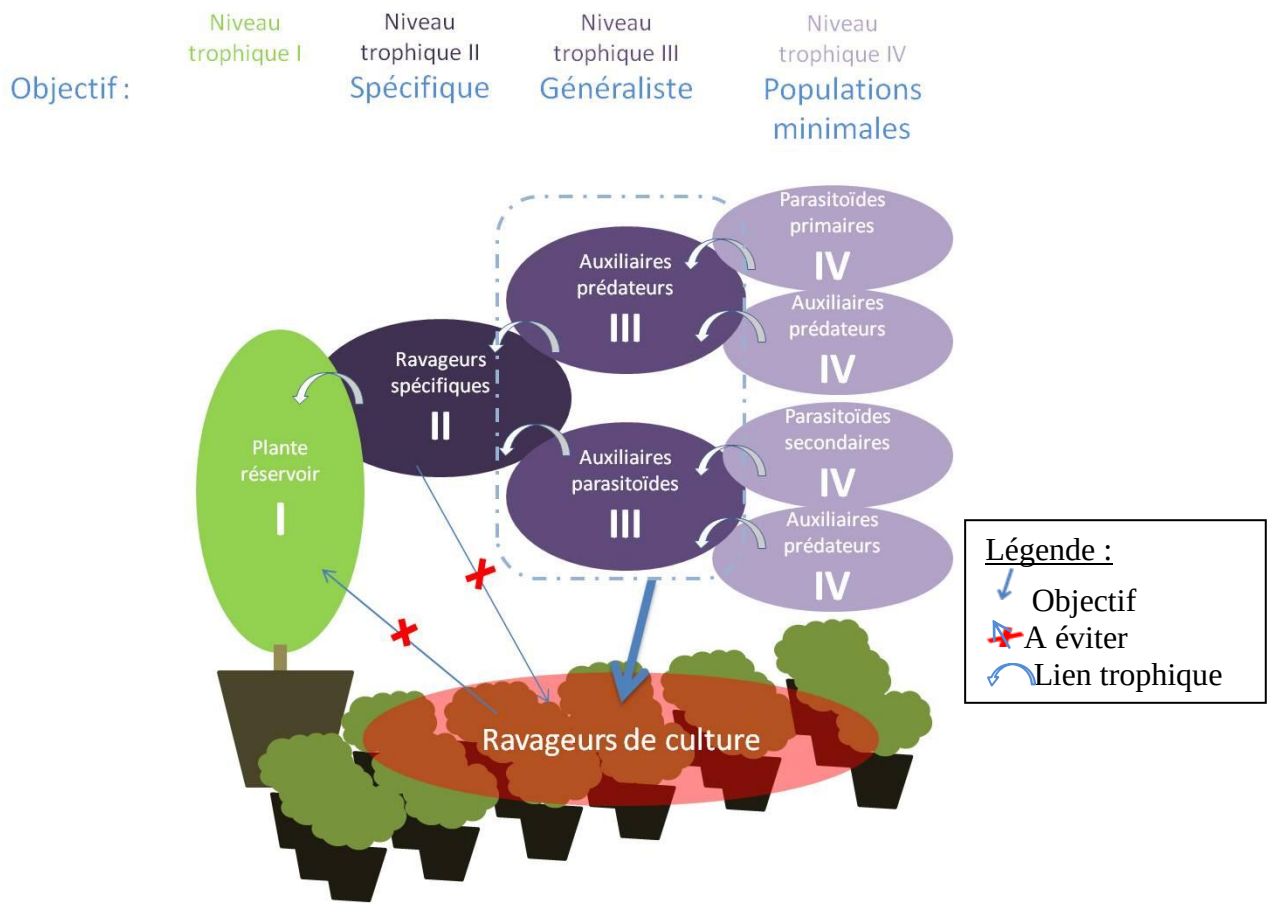


Figure 4 : schéma du mode d'action et des objectifs des plantes réservoirs (Leray E.)

La plante réservoir est le troisième type. Elle fournit une source de nourriture et/ou un site de reproduction alternatif pour les ennemis naturels des ravageurs. Ainsi elle assure la présence constante d'auxiliaires dans la culture (Buitenhuis R., 2011). Les hypothèses d'action restent à confirmer. Les plantes réservoirs auraient pour rôle d'attirer et de maintenir les auxiliaires de culture par la présence de proies (Figure 4) Ces plantes compagnes doivent permettre une augmentation significative d'auxiliaires généralistes d'origine spontanée ou apportée par des lâchers. Les auxiliaires sont attirés dès le début de la culture grâce aux plantes réservoirs infestées par des insectes spécifiques proches des ravageurs de culture. Ainsi, prédateurs et parasitoïdes se déplacent sur la culture dès que les premiers foyers de bioagresseurs apparaissent (Arexhor Pays de la Loire, 2007). Comme l'a démontré l'essai mené en 2012, il est nécessaire de rechercher des plantes réservoirs ayant des ravageurs spécifiques afin qu'ils ne migrent pas dans la culture. En effet, l'essai comportait trois plantes réservoirs : le groseillier, l'*Asclépia* et la tanaisie, cette dernière a révélé le transfert d'un puceron polyphage sur les *Photinia*. Ainsi en 2013, l'espèce n'a pas été renouvelée comme plante compagne pour lutter contre les pucerons. L'apport de plantes compagnes au sein de la culture a pour buts d'améliorer la qualité sanitaire de la production, de diminuer les impacts environnementaux et sanitaires chez le producteur et le consommateur et de diminuer les coûts de production.

Afin de vérifier les hypothèses, ce rapport évoque le matériel et les méthodes utilisés dans le cadre du sujet d'expérimentation afin de lutter contre les pucerons sur le *Photinia x fraseri* par l'utilisation de plantes réservoirs (groseillier et *Asclépia*). Puis le compte rendu donne suite à une exposition des résultats. Une discussion est émise pour apporter de nouvelles pistes de recherche et finaliser par une conclusion.

Figure 5 : photographie de *Photinia* 'red robin' (Leray E.)

Figure 6 : Groseillier à grappe ou *Ribes rubrum* (Leray E.)

Figure 7 : *Asclepia incarnata* en fleur et plante entière (Leray E.)

Figure 8 : Sauge officinale (Leray E.)

Figure 9 : Menthe verte (Leray E.)

Figure 10 : Rose trémière (Leray E.)

II. Contrôle des ravageurs en culture sous abri froid par utilisation de plantes-réservoirs, mise en place d'essais à l'Arexhor Pays de la Loire

Afin de maintenir et de favoriser les populations d'auxiliaires dans les cultures pour lutter contre leurs ravageurs, l'utilisation de plantes réservoirs est évaluée au travers d'essais. Le *Photinia*, plante sensible aux pucerons est cultivé avec différentes plantes compagnes : le groseillier et l'*Asclépia*.

1) Matériels végétal

1. La culture

Le *Photinia* x *fraseri* (Rosaceae) (Figure 5) est un arbuste ramifié et persistant, au feuillage vert foncé teinté de bronze et aux nouvelles pousses rouge vif, d'origine horticole qui se cultive dans un sol fertile, bien drainé au soleil ou à mi-ombre. D'avril à mai, de petites fleurs blanches apparaissent (Encyclopédie universelle, 1999). La variété 'Red Robin' choisie dans l'essai est l'une des plus produite, son feuillage rouge et décoratif a été sélectionné pour les haies ornementales. Le *Photinia* est une plante sensible aux pucerons (Figure 5), notamment à *Aphis gossypii, Aphis spiroecola, Aphis pomi, Aulacorthum circumflexum, Aulacorthum solani, Macrosiphum euphorbiae,* et *Myzus persicae* (BSV pl., 2012). C'est pourquoi, cette espèce et variété a été sélectionnée pour l'essai afin de mettre en évidence l'effet de la modalité plantes réservoirs sur l'interaction auxiliaires/ravageurs Les jeunes pousses colorées sont majoritairement atteintes par les pucerons, des notations spécifiques pourront alors être réalisées dans le but de construire des seuils de vigilance ou d'intervention facilement remarquable par l'horticulteur.

Dans les tunnels, la culture de *Photinia* est couplée à celle de plantes aromatiques de la famille des Lamiacées telles que la sauge officinale (*Salvia officinalis*) et la menthe verte (*Mentha veridis*). Ces plantes font l'objet d'un essai concernant la cicadelle. Elles sont aussi accompagnées d'une plante réservoir : la rose trémière (*Alcea rosea*) qui est une Malvacée. Cependant, par manque de ravageurs, les résultats n'ont pu être exploités. Il est à noter que les Lamiacées ont été touchées par trois espèces de pucerons au cours de leur culture : *Ovatomyzus chamaedrys, Macrosiphum euphorbiae* et *Aulacorthum solani.* Les roses trémières ont été sensibles à *Macrosiphum euphorbiae* et *Aulacorthum solani* ainsi qu'à une attaque d'acariens tétranyques (*Tetranychus urticae*) qui s'est étendue légèrement sur les plantes aromatiques sans causer de dégât. Un lâcher d'acariens prédateurs : *Amblyseius andersoni* a permis de contenir l'explosion des populations de ravageurs.

Tableau I : pucerons présents sur la culture de *Photinia* (Monnet Y. et *al*., 1999)

Puceron	Cycle de reproduction	Hôte primaire	Hôte secondaire	Dégâts directs	Dégâts indirects	Infestation
Aphis gossypii	Anholocyclique	Cucurbitacées, Malvacées, Rutacées…		Destruction de la culture	Transmission de virus	Début printemps à fin d'été
Aphis spiraecola	Anholocyclique	Spirées	20aine de familles botaniques	Destruction de la culture	Transmission de virus	Présent toute l'année
Aphis pomi	Holocyclique	Rosacées		Diminution de la croissance, lésions et déformations, Miellat et fumagine		Printemps à l'automne
Aulacorthum circumflexum	Anholocyclique	Pomme de terre, plantes ornementales sous serre		Miellat en grande quantité, déformations	Transmission de virus	Printemps
Aulacorthum solani	Principalement holocyclique Parfois anholocyclique	Digitale, épervière	Ravageurs fréquents des cultures sous serres	Déformations des jeunes pousses et affaiblissement des plantes	Transmission de virus	Présent toute l'année
Macrosiphum euphorbiae	Principalement anholocyclique	Rosiers (holocyclie)	20aine de familles botaniques	Déformations, miellat	Transmission de virus	Début de printemps à juin
Myzus persicae	Holocyclique/ anholocyclique	Prunus	50aine de familles botaniques	Peu d'importance	Transmission de virus	Présent toute l'année

2. Les plantes réservoirs

Dans cet essai, le groseillier à grappes *ou Ribes rubrum* (Saxifragaceae) et l'*Asclepia incarnata* (Asclepiadaceae) ont été choisis comme plantes réservoirs. En 2012, ces deux espèces ont été employées et testées sur culture de *Photinia* et d'*Hibiscus syriacus*. Elles ont permis d'obtenir des résultats encourageants en diminuant significativement les populations de ravageurs (Arexhor pdl, 2012). Les résultats ont montré qu'un couplage de plantes-réservoirs permet d'attirer une diversité d'auxiliaires plus importante et plus longue dans la saison.

Le groseillier à grappes ou *Ribes rubrum* (Grossulariaceae) (Figure 6) est un arbuste caduc cultivé pour ses baies comestibles. Des fleurs s'épanouissent au printemps puis les fruits apparaissent en juin. Sa culture se fait dans un sol riche et drainé, au soleil (Encyclopédie universelle, 1999). Cet arbuste a besoin d'une période d'hivernation pour débourrer au printemps (Jones H. G., 2012), c'est pourquoi, ils ont été placés au préalable en chambre froide pendant 4 semaines à 3°C, puis forcés sous tunnel début mars. Sensible à deux pucerons spécifiques : *Cryptomyzus ribis* et *Aphis schneideri* (ephytia, 2013) qui se succèdent dès le début de la saison, cette plante réservoir attire un grand nombre d'auxiliaires. Les punaises mirides (*Heterotoma planicornis* et *Deraocoris sp*) et les Hyménoptères sont le plus souvent présents sur ce groseillier (Arexhor pdl, 2012).

L'*Asclepia incarnata* (Asclepiadaceae) (Figure 7) est une plante vivace d'origine nord-américaine, vivant au bord des cours d'eau. Elle fleurit de juillet à septembre et peut atteindre 1,20 m. La culture de cette plante est recommandée dans un sol riche et plutôt humide, au soleil (Encyclopédie universelle, 1999). Elle est attaquée par un puceron spécifique : *Aphis nerii* et peut aussi être sensible à *Myzus persicae*. Son intérêt est de maintenir les auxiliaires plus tard dans la saison lorsque l'attraction par les *Ribes* devient moins importante et que les populations de pucerons de ce dernier ont disparu (Arexhor pdl, 2012).

2) Mise en place de l'essai : protocole d'expérimentation

1. Modalités et dispositif expérimental

Localisation

L'essai a été mené au sein de la station d'expérimentation de l'Arexhor Pays de la Loire située aux Ponts de Cé. La mise en place dans la station permet une maîtrise des interventions et un suivi précis.

Matériel végétal

Les *Photinia* ont été rempotés dans un substrat pour plantes de pépinières et vivaces, composé de tourbe blonde et d'écorce de pin maritime composté (Falienor), dans des pots de 3l. Ils étaient fertilisés grâce à un engrais à diffusion lente d'une durée de 8 à 9 mois et d'équilibre NPK 15-9-11. Les plantes sont irriguées au goutte à goutte. Elles ont été taillées

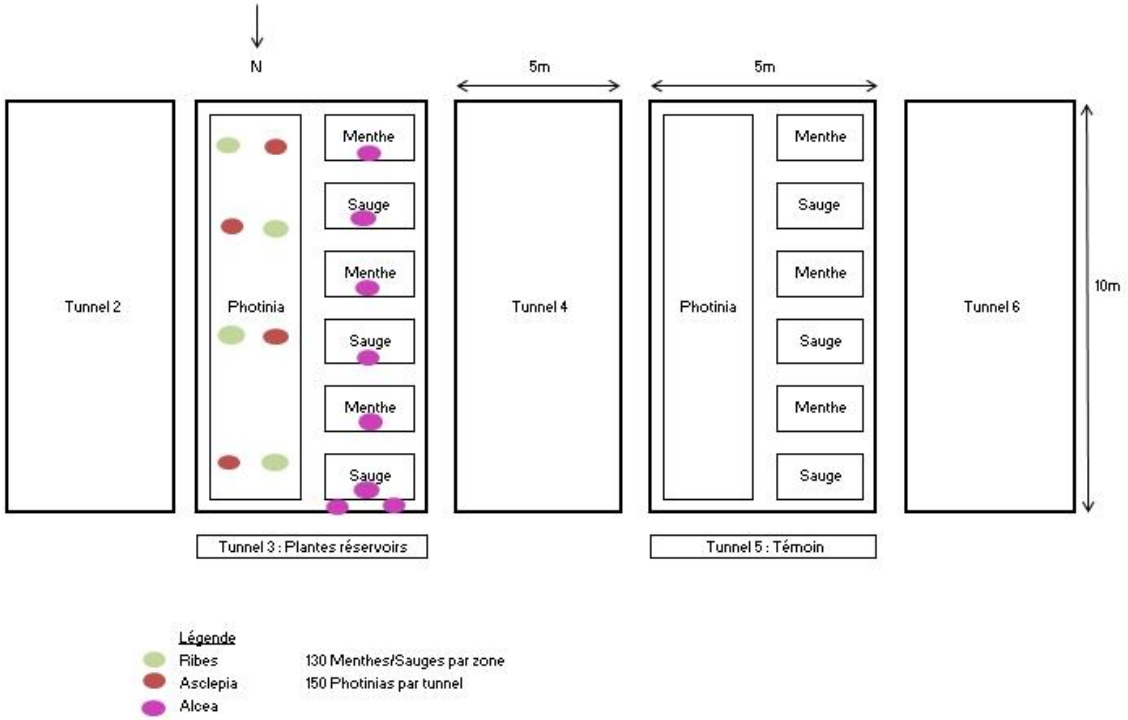


Figure 11 : plan du dispositif expérimental

une fois (le 23 mai) afin d'augmenter la ramification et de réduire les colonies de pucerons situées sur les apex.
Les sauges, les menthes et les roses trémières présentes dans les tunnels sont irriguées par aspersion sur l'autre bord du tunnel.
Les groseilliers et les asclépias sont rempotés dans un substrat vivace avec une fertilisation à diffusion lente identique aux *Photinia* et irrigués par goutte à goutte. La levée de dormance des groseilliers a été réalisée à partir du 9 janvier jusqu'au 5 mars pour un forçage en tunnel à la sortie de la chambre froide. Les *Asclepia* ont quant à eux été mis sous tunnel hors gel à la mi-février.

Matériel

Les tunnels utilisés ont une superficie de 50 m² (10x5m), les parois ont été chaulées au cours du mois d'avril afin de préserver les plantes de la chaleur et du soleil direct. Les pots de *Photinia* ont été distancés grâce à des grilles posées sur une bâche géotextile noire.

Modalités

L'essai se déroule dans deux tunnels froids, le premier comporte la culture témoin : aucune plante-réservoir n'est présente et aucun traitement n'est réalisé. Dans le deuxième tunnel froid semblable, la culture est accompagnée de plantes-réservoirs présentes dès le début de la production. Des lâchers de cécidomyies prédatrices (*Aphidoletes aphidimyza*) et d'Hyménoptères parasitoïdes (*Aphidius colemani* et *A. ervi*) peuvent être faits dans les tunnels en cas de non contrôle des pucerons. La Figure 11 présente le plan du dispositif expérimental

Dispositif

L'essai est réalisé sans répétition dans deux tunnels. Les deux modalités de cultures sous abris sont séparées par un tunnel contenant un essai sur *Choisya ternata* dont le sujet d'étude est la lutte contre l'acarien tétranyque. Cet isolement permet de réduire les contaminations d'un tunnel à l'autre.

Figure 12 : photographie du dispositif expérimental dans le tunnel témoin le 12 juillet 2013 (Leray E.)

Figure 13 : photographie du dispositif expérimental dans le tunnel plantes réservoirs le 12 juillet 2013 (Leray E.)

Calendrier des interventions

Tableau II : historique des interventions et notations

Date	Interventions	Notations
09/01/2013	Passage au froid des *Ribes rubrum* (4 semaines)	
Mi-février	*Asclepia* et *Alcea* mis sous tunnel hors gel	
04/04/2013	Rempotage et mise en place des *Photinia*	
11/04/2013		Notation *Photinia*
18/04/2013		Notation *Photinia*
23/04/2013	Rempotage menthe et sauge Distançage et irrigation des tunnels	
25/04/2013		Notation *Photinia*
02/05/2013		Notation *Photinia*
09/05/2013		Notation *Photinia*
14 et 15/05/2013		Notation menthe et sauge
16/05/2013	Pincement des menthes	Notation *Photinia*
22/05/2013		Notation menthe et sauge
23/05/2013	Taille *Photinia*	Notation *Photinia*
29/05/2013		Notation menthe et sauge
30/05/2013		Notation *Photinia* normale et approfondie
03/06/2013	Taille des menthes	
05/06/2013		Notation menthe et sauge
06/06/2013	Distançage des menthes et des sauges	Notation *Photinia*
07/06/2013	Taille menthes et sauges	
13/06/2013		Notation *Photinia*
19/06/2013		Notation menthe et sauge
20/06/2013		Notation *Photinia* normale et approfondie
27/06/2013		Notation *Photinia* normale et approfondie
03/07/2013	Ouverture des cotés du tunnel	
04/07/2013		Notation *Photinia* normale et approfondie
11/07/2013		Notation *Photinia* normale et approfondie
18/07/2013		Notation *Photinia* normale et approfondie
22/07/2013	Remplacement de 2 *Ribes rubrum* par 4 *Acslepia incarnata*	
25/07/2013		Notation classique et des apex
01/08/2013		Notation classique et des apex
07/08/2013		Notation classique et des apex
14/08/2013		Notation classique et des apex

Tableau III : grille de notation des auxiliaires de culture (Ctifl, 2006)

Auxiliaires	Forme	Critère	Préférence face aux ravageurs	Préférence face au végétal	Récolte pour émergence
Araignée	Adulte	Nombre/plante	Opportuniste	Généraliste sp	
Acarien prédateur	Adulte	Présence/ absence	Opportuniste	Généraliste sp	
Anthocoris	Larve	Nombre/plante	Opportuniste	Généraliste sp	
	Adulte	Nombre/plante			
Coccinelle	Œuf	Présence	Spécifique puceron	Généraliste sp	
	Larve	Nombre/plante			
	Nymphe	Nombre/plante			
	Adulte	Nombre/plante			
	Scymnus sp larve	Nombre/plante			
	Scymnus sp adulte	Nombre/plante			
Chrysope	Œuf	Nombre/plante	Préférence puceron	Généraliste sp	
	Larve	Nombre/plante			
	Adulte	Nombre/plante			
Cécidomiye	Larve	Nombre/plante	Spécifique	Généraliste sp	
	Adulte	Nombre/plante			
Hémérobe	Œuf	Nombre/plante	Préférence puceron	Généraliste sp	
	Larve	Nombre/plante			
	Adulte	Nombre/plante			
Heterotoma planicormis	Larve	Nombre/plante	Pas spécifique	Très spécifique	
	Adulte	Nombre/plante			
Hyménoptère	Adulte	Nombre/plante	Spécifique puceron	Généraliste sp	
	Momie	si <50 : Nombre/plante si >50 : classe 1 : 1-50 classe 2 : 50-100 classe 3 : 100-300			Espèce primaire/ Taux d'hyper-parasitisme
Thrips prédateur	Larve	Nombre/ plante	Spécifique thrips et petites proies	Généraliste sp	
	Adulte	Nombre/plante			
Puceron mycozé		Si < 50 : Nombre/ plante Si> 50 : classe 1 : 1- 10 pucerons parasités classe 2 : 11- 50 pucerons parasités classe 3 : plus de 50 pucerons parasités	Spécifique par le climat	Généraliste sp	
Punaise prédatrice	Larve	Nombre/plante	Opportuniste	Généraliste sp	
	Adulte	Nombre/plante			
Syrphe	Œufs	Nombre/plante	Spécifique puceron	Généraliste sp	
	Larve	Nombre/plante			
	Pupe	Nombre/plante			
	Adulte	Nombre/plante			

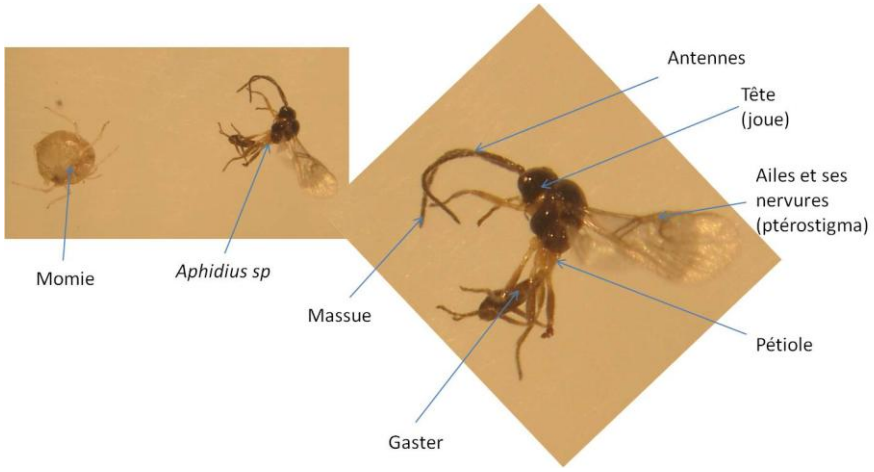


Figure 14 : photographie d'observation à la loupe binoculaire (x30 à gauche, x50 à droite) de Braconidae (Leray E.)

2. Notations et statistiques

Les notations prises en compte dans ce mémoire ont été réalisées du 11 avril au 14 août 2013.

Les auxiliaires

Les auxiliaires ont été observés toutes les semaines sur 45 *Photinia* dans chaque tunnel et sur toutes les plantes réservoirs. Les notations sont réalisées à partir d'une observation globale de la plante dans le but de repérer les insectes ailés (syrphes). Les feuilles sont observées sur l'endroit et l'envers et les tiges sont frappées sur un bac blanc afin de repérer les insectes invisibles à l'observation des branches comme les punaises. Les *Photinia* ont été choisis sur l'ensemble du tunnel de manière homogène à partir du tunnel plantes réservoirs. En effet, ils sont aussi annotés en fonction de leur emplacement par rapport aux plantes réservoirs, des zones ont été définies pour connaître l'impacte de la distance entre les *Ribes*/*Asclepias* et la culture. Cependant, ces zones n'ont pas été utilisées en raison des différents changements d'emplacement des plantes réservoirs au cours de la culture. Le nombre de 45 plantes a été défini à partir des moyennes et des écart-types de l'année 2012. Dans le tableau III, il est présenté les espèces notées, leurs formes observées, le critère de notation, leurs préférences face aux ravageurs et plantes hôtes, si une récolte pour émergence est réalisée et des informations complémentaires.
Sur les données de la culture des tests statistiques sont réalisés, le test T est utilisé au risque de 5 % après avoir vérifié les conditions d'applications : normalité des résidus, homogénéité des variances et indépendance des résultats. Les statistiques sont réalisées sur la somme des auxiliaires présents à chaque date, sur le total des syrphes, sur les coccinelles *Scymnus* et sur les momies.

Le parasitisme

Les momies de pucerons sont mises à émerger pour identification du genre de l'Hyménoptère et de l'espèce d'*Aphidius*. Ces émergences ont pour but de définir le taux de parasitisme primaire et secondaire et la spécialisation de l'insecte par rapport aux plantes réservoirs, à la culture et aux pucerons. Les momies sont récoltées sur chaque espèce végétale, dans chaque tunnel, lorsqu'elles sont assez nombreuses. Puis, elles sont placées dans de petits tubes et laissées à température ambiante. Lorsque les Hyménoptères sont sortis, ils sont observés à la loupe binoculaire (x50) puis au microscope pour le genre *Aphidius*. Une clé des parasitoïdes et hyperparasitoïdes de pucerons d'importance agronomique (Delvare G., 1989) est utilisée pour l'identification du genre. Les critères d'indentification sont principalement les antennes, les ailes, le gaster et la tête (joue) (Figure 14). Un programme d'identification du genre *Aphidius* adapté à la région a été réalisé à partir de la synthèse de clés d'indentification de plusieurs auteurs (Akhtar, 2011, Mescheloff E. & Rosen D., 1990, Stary P., 1973, 1976). Des critères morphologiques sont observés à la loupe binoculaire (x50) et d'autres au microscope (x100). L'identification dépend aussi de la plante de prélèvement et du lieu de vie de l'insecte (faunaeur.org) (Annexe III) Ce programme a été vérifié par des identifications d'*Aphidius* d'élevage.

Tableau IV : grille de notation des ravageurs

Ravageurs	Forme	Critère	Préférence face au végétal (Jullien J. & E., 2006)	Information
Aphrophore	Larve	Nombre/plantes	Généraliste	
	Adulte	Nombre/plante		
Chenille			Généraliste	
Otiorhynque	Larve		Spécifique	
	Adulte			
Puceron	Espèce	Echelle de notation par classe 11 : une à quelques fondatrices 12 : beaucoup de fondatrices 21 : quelques fondatrices et/ou larves 22 : beaucoup de fondatrices et/ou larves 31 : un à quelques aptères 32 : beaucoup de petites colonies sans dégât 33 : beaucoup de petites colonies avec dégâts 34 : beaucoup de grosses colonies sans dégât 35 : beaucoup de grosses colonies avec dégâts 41 : 31 + des ailés 42 : 32 + des ailés 43 : 33 + des ailés 44 : 34 + des ailés 45 : 35 + des ailés	Généraliste et spécifique	
Thrips	Larve	Nombre/plante	Généraliste	
	Adulte	Nombre/plante		

Tableau V : classe de notation de l'aspect sanitaire et commercial

Classe	Définition	Dégâts	Aspect	Ravageur
Classe 0	Haute qualité	Absent	Bien formé	Absent
Classe 1	Qualité bonne	Absent	Homogène	Absent
Classe 2	Qualité moyenne	Présent sur les vieilles feuilles	Hétérogène	Absent
Classe 3	Invendable	Présent sur la plante entière	Hétérogène	Présent ou absent

Les ravageurs

Les ravageurs ont été observés de manière hebdomadaire sur les 45 *Photinia* annotés dans chaque tunnel et sur les plantes réservoirs. Ils sont observés sur l'ensemble de la plante, sur l'endroit, l'envers des feuilles et les tiges. Le tableau IV présente les ravageurs notés, leurs formes d'observation, les critères de notation, leur préférence face au végétal et des informations complémentaires. Chez le puceron, des classes ont été déterminées en fonction du stade de développement du puceron et de la colonie. Ces classes sont utilisées sur le terrain et sont transformées par la suite en classes d'importance des colonies quantitatives et en classes d'importance économique. Les statistiques sont réalisées sur les classes d'importance des colonies grâce au test non paramétrique de Wilcoxon au risque de 5% sur l'ensemble des colonies de pucerons et sur deux espèces majeures, présentes dans les tunnels : *Aphis spiraecola* et *Macrosiphum euphorbiae*. Sur la dernière espèce importante : *Aphis gossypii*, il est utilisé le test T indépendant au risque de 5%.

Le contrôle des ravageurs par les auxiliaires

Au cours de la culture, il a été recherché une notation capable de mettre en évidence le contrôle des ravageurs par les auxiliaires. A partir des travaux de Naranjo S. E. (2013), une notation dite « approfondie » a été mise en place. Les notations sont réalisées sur les pucerons en prenant en compte le stade de la colonie maximum et les critères de notations des auxiliaires présentés dans le tableau III. Les résultats présentés déterminent le rapport auxiliaires/ravageurs en fonction des ravageurs. Ces notations ont été réalisées du 30 mai au 18 juillet sur 15 *Photinia* par tunnel, choisis au hasard parmi les 45 notés précédemment. Puis, entre le 25 juillet et le 14 août, 45 plantes ont été notées car un besoin accru de données a été nécessaire. Ces notations ont été réalisées sur un apex afin d'optimiser le temps de notation. Elles ont pour but de déterminer des seuils de vigilance et d'intervention d'après l'aspect biologique des colonies de pucerons.

La recherche de notation facilement applicable par les producteurs

Cette notation a été réalisée en parallèle des notations faites d'après les travaux de Naranjo S.E (2013). Les 15 *Photinia* sur la période du 30 mai au 18 juillet ont été notés sur le maximum de l'importance des colonies de pucerons, sur les auxiliaires présents, sur le nombre de feuilles rouges atteintes et sur le nombre total de feuilles touchées par les pucerons sur la plante entière. A partir du 25 juillet, 45 plantes sont notées sur un apex. Cette notation a pour but de trouver des seuils de vigilance et d'intervention à partir de critères facilement repérables pour les producteurs

Aspect de la plante :

La hauteur des *Photinia* est mesurée en fin de culture afin d'évaluer l'impact de cette méthode sur la vigueur de la culture. Un test T au risque de 5% pourra être réalisé si les conditions d'applications sont respectées, dans le cas contraire un test de Wilcoxon sera fait pour comparer les deux modalités.

Puis, l'aspect commercial et sanitaire sera réalisé grâce à des classes de notation (Tableau V). Elles ont pour but d'accepter ou de réfuter l'hypothèse de départ : l'apport de plantes réservoirs augmente la qualité de culture des plantes.

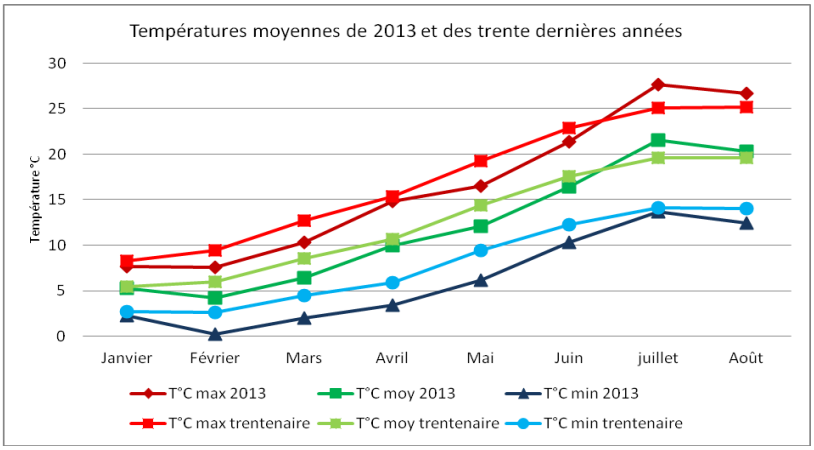


Figure 15 : évolution au cours du temps des températures de 2013 et des trente dernières années sur Beaucouzé (météofrance)

Tableau VI : transformation des classes de notation des pucerons

Classe de notation initiale au champ	Classe ordonnée suivant les observations d'importance au champ	Classe d'importance des colonies	Classe économique	Coefficient
11	11	1	1	1
12	12	2		
21	21	4		
22	22	5		
31	31	7		
32	41	8		
33	32	12		
34	42	13		
35	33	16	2	40
41	43	17		
42	34	23	3	80
43	35	26		
44	44	29		
45	45	35		

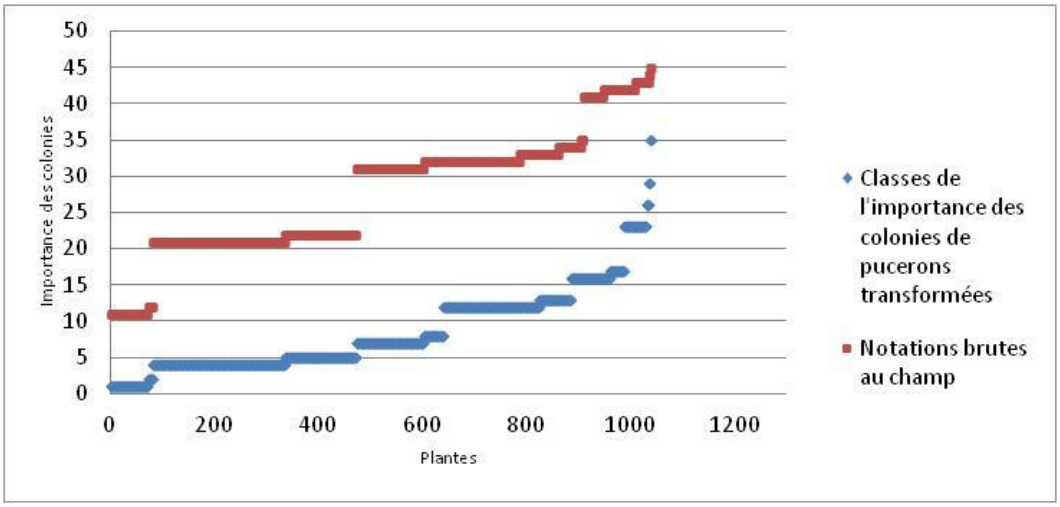


Figure 16 : transformation des notations réalisées au champ en classe d'importance des colonies de pucerons

III. Résultats : effet des plantes réservoirs sur le contrôle des ravageurs.

1) Bilan météorologique

Le climat est un facteur important pour chaque culture et bien que l'essai se soit déroulé sous abri, il a été déterminant dans les résultats.

En effet, le printemps 2013 a été le plus froid depuis 1957 sur les moyennes nationales. Dans la Figure 15, les températures moyennes et minimales de 2013 sur Beaucouzé pendant le printemps sont très largement en dessous des températures des trente dernières années. L'ensoleillement a lui aussi été déficitaire sur toute la France. Quant aux précipitations, 16% d'excédents ont été relevés sur Beaucouzé de mars à mai. Un printemps humide et froid a caractérisé l'année 2013 ce qui a été un facteur limitant pour l'arrivée des auxiliaires et la vigueur des plantes et un facteur important pour le développement des champignons entomopathogènes.

L'été a débuté avec de fortes périodes d'humidité et de fraîcheur en juin. Cependant le mois de juillet s'est révélé chaud avec des températures moyennes maximales dépassant les normales de plus de 2 degrés. Un déficit de précipitation de 25% par rapport aux trente dernières années a été observé. Par ailleurs, en août, les températures sont restées chaudes. L'été 2013 a donc été ensoleillé et très chaud ce qui a pu avoir un impact sur le développement des colonies de pucerons.

2) Développement des ravageurs

1. Représentation des colonies de pucerons

Au champ, les colonies de pucerons ont été notées suivant des classes. Après analyse des résultats, ces classes ont été ordonnées afin de mieux décrire l'incidence des colonies sur le végétal d'après l'expérience sur le terrain. Puis elles ont été transformées pour indiquer l'importance des colonies en prenant en compte le développement des pucerons, la grosseur de la colonie et les dégâts qu'elles induisent. Par exemple, il a été estimé qu'entre la classe 11 et la classe 12, l'impact est de plus un alors qu'entre les classes 12 et 21, l'impact est de plus deux (Tableau VI). Sur la Figure 16, les notations brutes décrivent des paliers et de fortes augmentations. Les paliers contiennent un grand nombre de plantes et les hausses brutales ne permettent pas de décrire certaines colonies, les données ne sont donc pas exploitables. Après transformation, les résultats décrivent une courbe plus linéaire de 0 à 20, les données sont continues et deviennent exploitables. Par la suite, il sera utilisé les classes d'importance des colonies. L'impact sur la qualité de la plante peut aussi être différent d'une classe à l'autre. Arbitrairement, trois classes économiques ont pu être définies d'après les classes d'importance des colonies. La classe 1 est comprise entre les classes 1 et 13, la classe 2 définit les classes 16 et 17 et la classe 3 comprend les classes 23 à 35. Il est considéré ici que la classe 2 possède un impact quarante fois supérieures à la classe 1 et que la classe 3 est deux fois plus grave que la classe 2. Ce classement permettra de définir des seuils de traitement par rapport à l'impact économique des pucerons sur les *Photinia*.

Ainsi, les notations hebdomadaires réalisées du 11 avril au 14 août 2013 sur la culture et sur les plantes compagnes ont donné lieu aux résultats présentés ci-dessous.

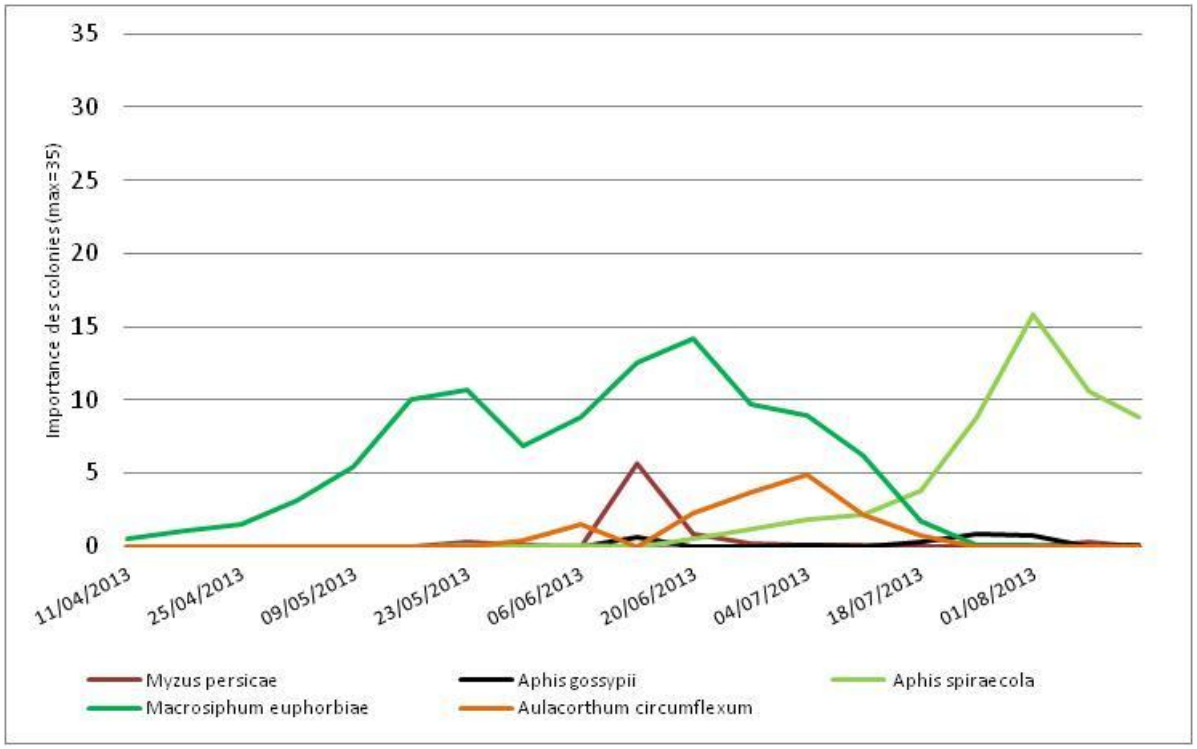


Figure 17 : évolution au cours du temps de l'importance des colonies de pucerons suivant leur espèce dans le tunnel plantes réservoirs

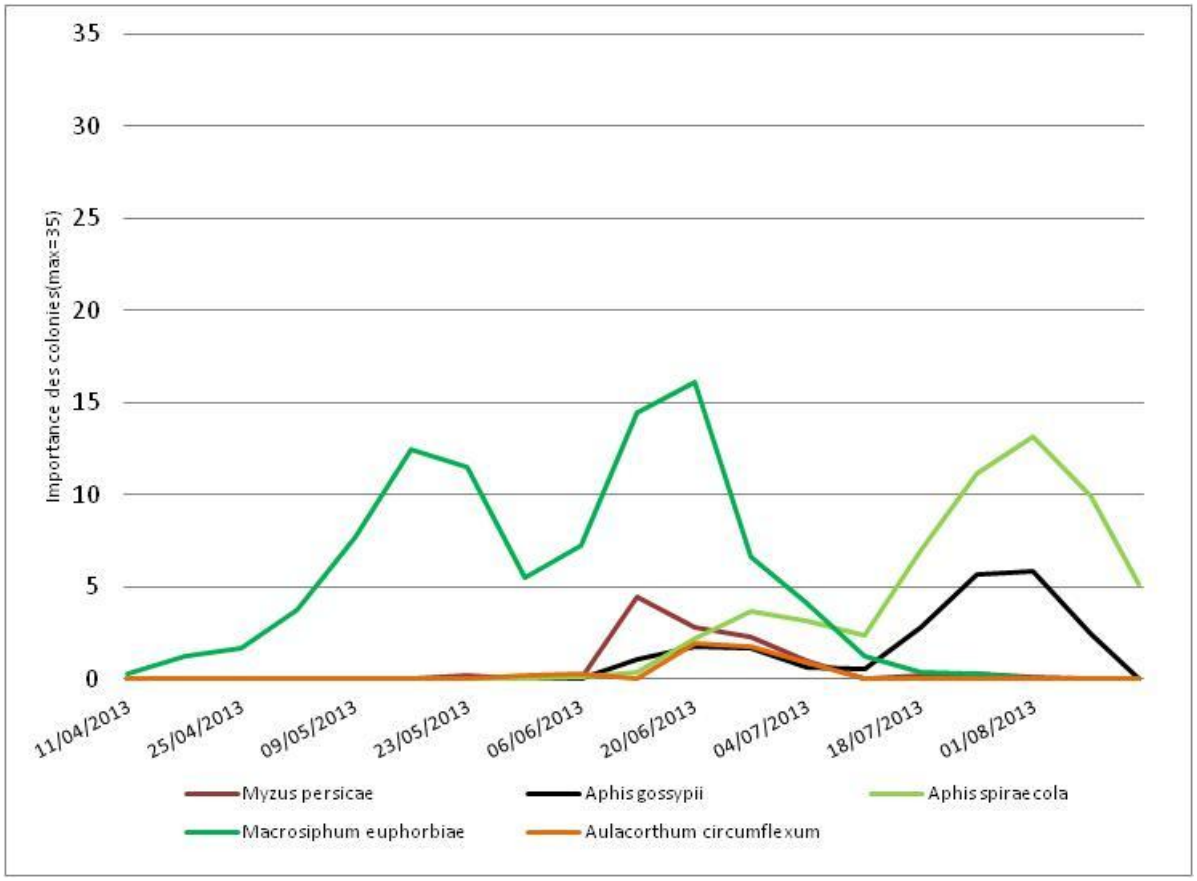


Figure 18 : évolution au cours du temps de l'importance des colonies de pucerons suivant leur espèce dans le tunnel témoin

2. Sur *Photinia*

Les pucerons sont les principaux ravageurs des *Photinia* lorsqu'ils sont cultivés sous abris.

Les observations (Figure 17 et Figure 18) montrent qu'ils ont été présents dans les deux tunnels. Plusieurs espèces de pucerons ont été observées : *Aphis gossypii, Aphis spiraecola, Aulacorthum circumflexum, Aulacorthum solani, Macrosiphum euphorbiae* et *Myzus persicae*. Ils ont été particulièrement présents en juin lorsque les températures ont été plus favorables. *Macrosiphum euphorbiae, Aphis gossypii* et *Aphis spiraecola* ont été les espèces majoritaires dans les tunnels.

M. euphorbiae a été le premier puceron à s'installer. Son importance dans le tunnel témoin a été plus grande que dans le tunnel plantes réservoirs. Ce phénomène peut s'expliquer par la présence d'un environnement plus complexe, créé par l'apport de plantes réservoirs qui permet une compétition plus importante entre les différents pucerons de l'écosystème. La chute de la population le 23 mai est due à la taille des *Photinia*. La deuxième diminution amorcée le 20 juin est surement due à l'augmentation des pucerons mycozés, l'évolution de cet auxiliaire est développée dans la partie III. 3) 1. Malgré les différences sur les graphiques, il n'y a pas de différence significative entre les deux tunnels (test Wilcoxon, au seuil de 5%, p-value = 0.059).

A partir du 20 juin, la population d'*Aphis spiraecola* s'est fortement développée dans les deux tunnels. Cette augmentation est corrélée avec la deuxième vague d'augmentation des températures (Annexe V). Ce puceron a été accompagné par *Aphis gossypii* dans le tunnel témoin pendant une partie de la culture. Début août l'importance des colonies a décliné, avec la diminution des températures. Le test de Wilcoxon au seuil de 5%, met en évidence une p-value = 0.089, il n'y a donc pas de différence significative entre les deux tunnels.

A partir du 6 juin, la population d'*A.gossypii* a augmenté dans le tunnel témoin grâce aux températures plus clémentes et a diminué à partir du 4 juillet pour les mêmes raisons que *M.euphorbiae* : les champignons entomopathogènes. Une deuxième phase d'augmentation a été observée du 18 juillet au 1er août en parallèle d'*A.spiraecola*. Pour cette espèce la différence entre les deux tunnels est graphiquement très présente, statistiquement elle est significative au risque de 5% (T-test p-value < 2.2e-16). Ce phénomène peut s'expliquer par la niche écologique prise à *A. gossypii* par *A.spiraecola* dans le tunnel plantes réservoirs, puisque ce dernier possède une plus grande importance de ses colonies à ce moment-là.

Afin, de mieux comprendre l'intérêt des classes de notation des pucerons, prenons l'exemple du *M.euphorbiae* dans le tunnel plantes réservoirs (Figure 19). Les classes les plus dommageables (23, 26, 29, 25) ont été majoritairement atteintes autour du 20 juin. Afin de donner toute sa dimension aux risques encourus par la culture, il est intéressant de construire une courbe d'importance économique, cela permettrait de créer des seuils de vigilence et d'intervention. Arbitrairement et grâce aux observations sur le terrain, le seuil de vigilence serait fixé entre la classe 13 et 16 et le seuil d'intervention entre la classe 17 et 23. Ces seuils, appliqués à *M.euphorbiae,* auraient pu définir le 13 juin comme date de traitement.

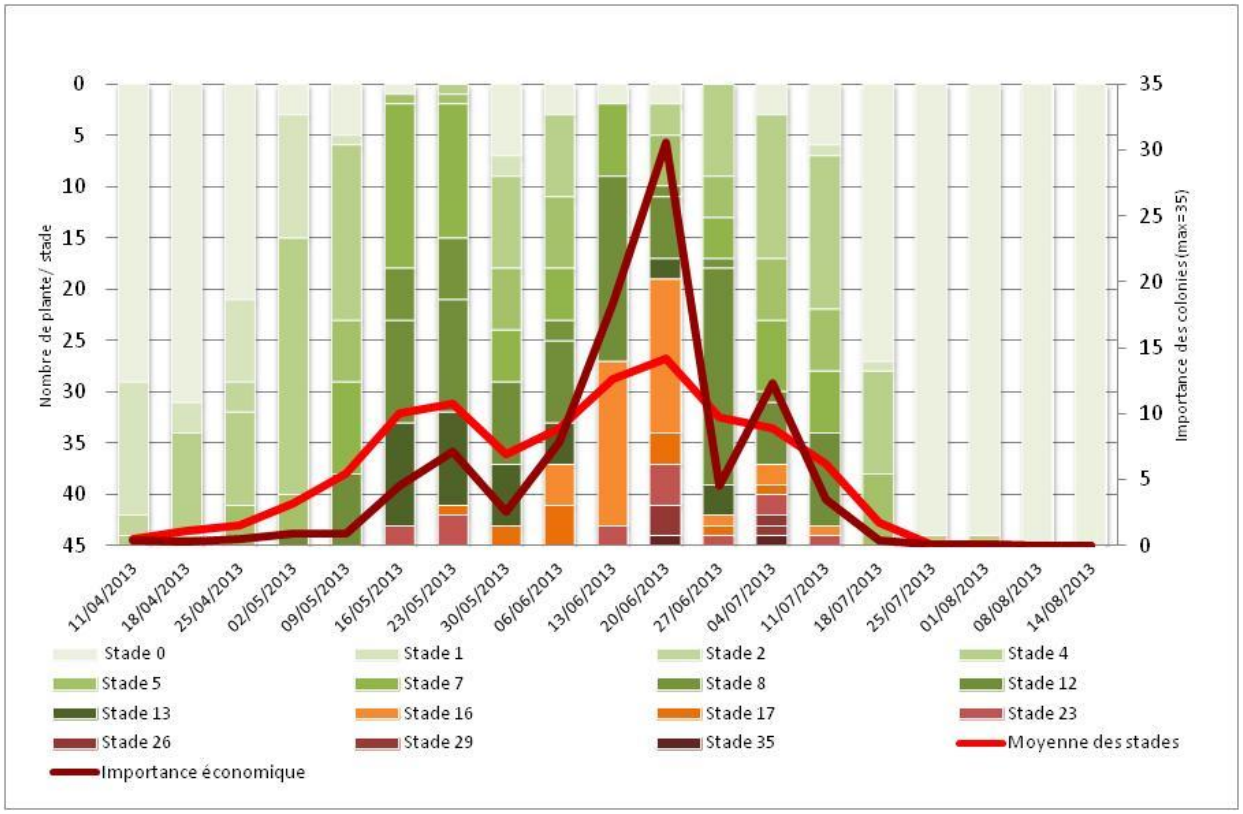


Figure 19 : évolution au cours du temps de l'importance de *M.euphorbiae* mise en évidence par les notations au champ et par l'impact économique des colonies sur la plante dans le tunnel PR

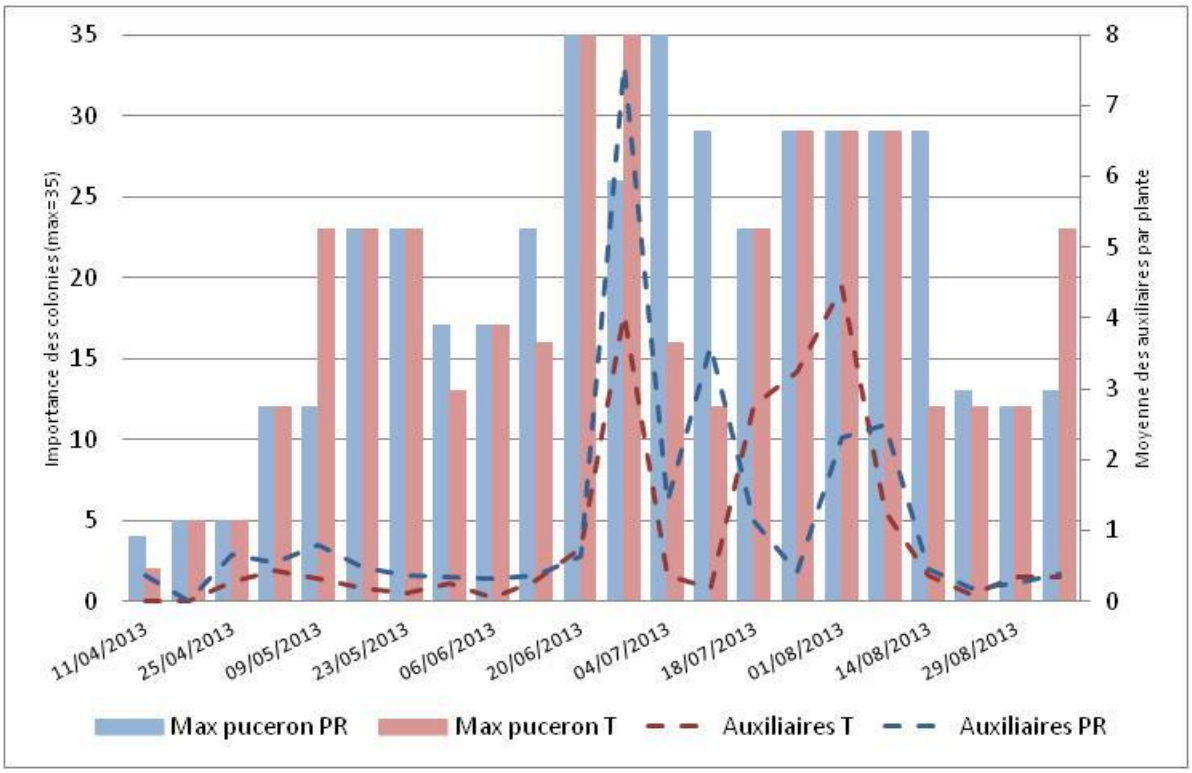


Figure 20 : évolution au cours du temps des stades maximaux des colonies observées en relation avec la somme des auxiliaires par plante dans chaque tunnel

Sur l'ensemble des dates, le stade maximal des colonies sur la plante est répésenté (Figure 20). Dans le tunnel témoin le stade maximal (35) a été atteint entre le 20 et le 27 juin alors que dans le tunnel plantes réservoirs il a été observé entre le 20 juin et le 4 juillet. Souvent le stade le plus important a été attribué dans le tunnel PR (six fois). Cependant, sur l'ensemble des dates, aucune différence significative n'est présente (test de Wilcoxon au risque de 5% : p-value = 0.2712). Entre le 12 juin et le 11 juillet, une augmentation des auxiliaires est amorcée, les stades maximum de pucerons sont atteints. Puis il a été observé une diminution des auxiliaires parallèlement à la diminution de l'importance des colonies, une deuxième vague d'auxiliaires est alors décrite dans le tunnel plantes réservoirs. Lorsque les analyses sont réalisées sur ces dates de notations, il y a une différence significative (p-value = 0.02371) entre les deux tunnels avec une importance moins grande des colonies dans le tunnel témoin. Les plantes réservoirs ont permis un nombre accru d'auxiliaires mais n'ont pas réduit les populations de pucerons.

De plus, dans le tunnel plantes réservoirs, il a été observé de la fumagine à partir du 13 juin, lorsque les températures sont devenues plus clémentes tout en conservant une forte humidité. Des taches noires sont apparues et restent à ce jour visible sur les vieilles feuilles. Son absence dans le tunnel témoin est surement due à une différence climatique dans ce tunnel.

3. Les plantes réservoirs

Ces plantes compagnes ont été installées à la suite de notation d'infestation de leurs pucerons spécifiques. Par manque de ravageurs leur nombre a varié dans le tunnel. Ci-dessous un tableau présente les différentes dates d'installation.

Tableau VII : historique du nombre de plantes compagnes

Ribes rubrum		*Asclepia incarnata*	
Date d'installation	Nombre présent dans le tunnel	Date d'installation	Nombre présent dans le tunnel
11/04 au 30/05	4	25/07 au 14/08	4
30/05 au 22/07	8		
22/07 au 14/08	6		

Les Ribes rubrum

Les *Ribes rubrum* sont atteints par quatre espèces de pucerons (Figure 21). Deux sont des ravageurs spécifiques : *Cryptomyzus ribis* et *Aphis schneideri*. Deux autres espèces (*M.euphorbiae* et *A.spiraecola*) fortement développées sur *Photinia* ont touché la plante. Cependant, les plantes compagnes ne sont pas devenues des foyers d'infestation car la durée et l'importance des colonies étaient faibles. Au cours de l'été, les pucerons ont été moins abondants sur le *Ribes*, ce phénomène est peut être dû au cycle biologique de ces deux espèces qui migrent sur d'autres hôtes au début juillet (Mitchell C. et *al*., 2011) ou grâce à la présence très importante d'auxiliaires de mi-juin à début août. Ces deux hypothèses corrélées expliquent cette chute des colonies. L'*Asclepia* introduit tardivement dans la culture (22 juillet 2013) a pu prendre le relais pour attirer et favoriser les auxiliaires.

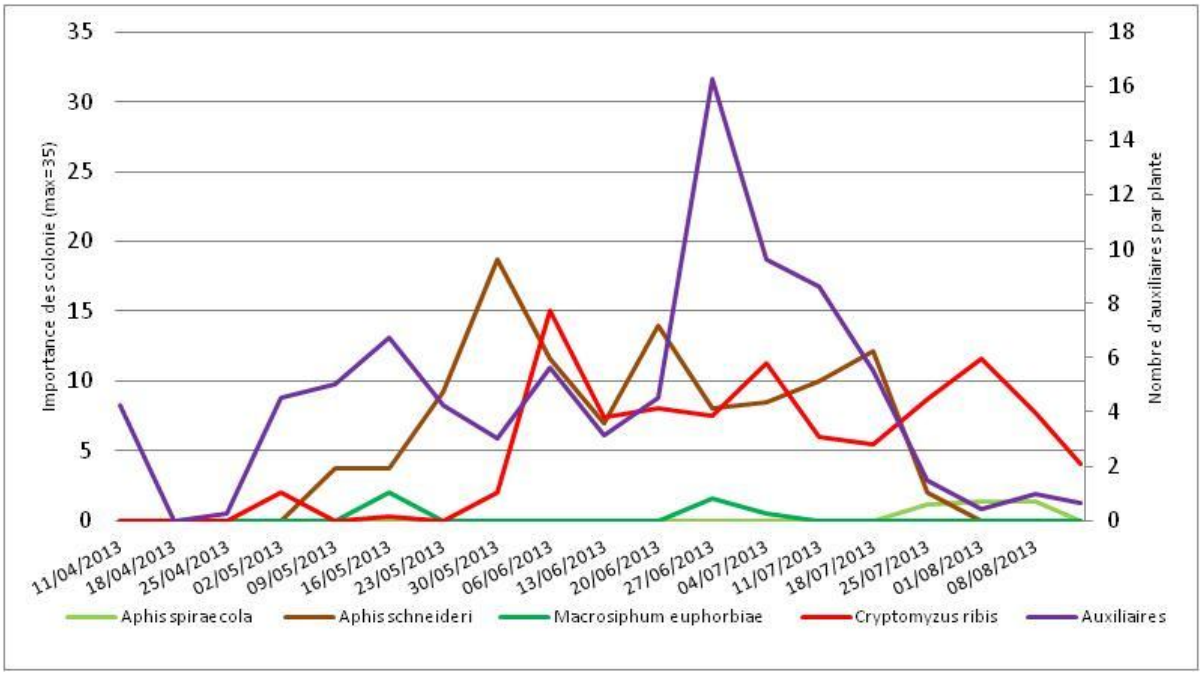


Figure 21 : évolution au cours du temps de l'importance des pucerons et de la présence des auxiliaires sur les *Ribes rubrum*

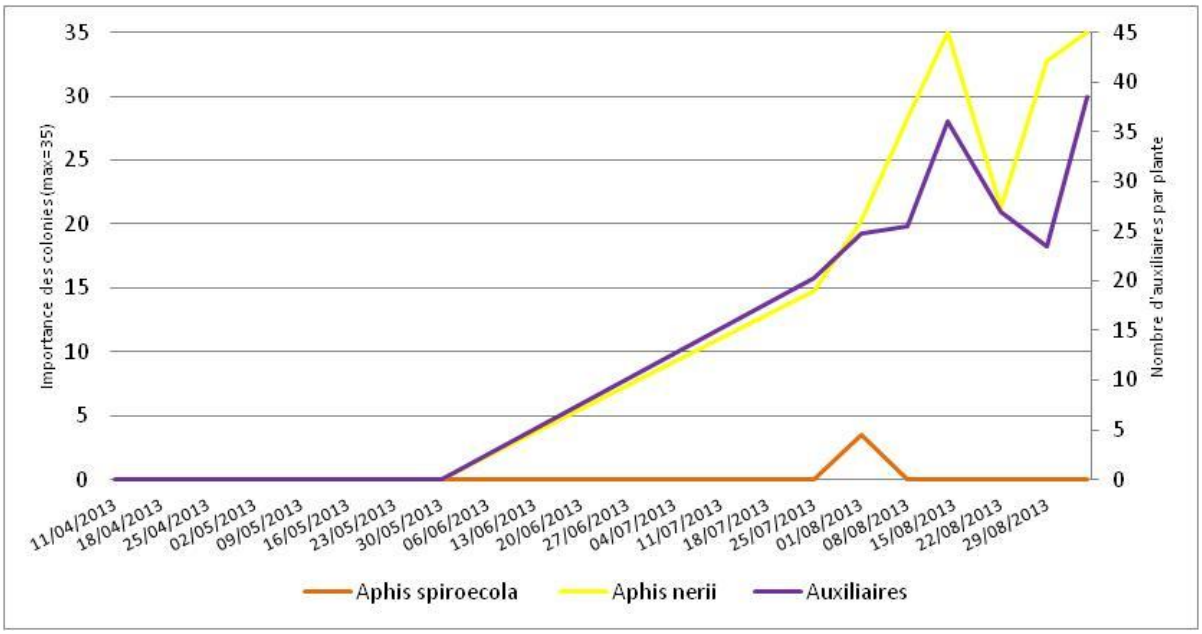


Figure 22 : évolution au cours du temps de l'importance des pucerons et de la présence des auxiliaires sur *Asclepia incarnata*

Les Asclepia incarnata

Les *Asclepia* ont été placés le 22 juillet dans la culture, cette date tardive a été causée par l'absence de pucerons. Les notations ont débuté le 25 juillet (Figure 22). L'*Asclepia* a été touché majoritairement par *Aphis nerii*, qui est un puceron spécifique. Puis *Aphis spiraecola* a atteint la plante en raison d'une pression trop forte dans la culture du 25 juillet au 8 août.

Sur la Figure 22, il est représenté en parallèle la somme des auxiliaires présents sur chaque plante. Les *Aphidoletes aphidimyza* et les syrphes observés sur les tiges, les feuilles et les fleurs, n'ont cessé d'augmenter conjointement à l'évolution des populations d'*A. nerii*.

Cependant, les pucerons en très grande quantité au cours du mois d'août ont produit du miellat qui est tombé sur les feuilles d'*Asclepia* mais aussi sur les *Photinia* proches des plantes réservoirs. Les taches blanches opaques apparues pourraient altérer l'intérêt commercial à la fin de la culture. Il sera donc nécessaire de conseiller une distance de sécurité entre la culture et la plante réservoir lors de leur utilisation.

De plus, cette plante compagne a été attaquée par des acariens tétranyques tisserand (*Tetranychus urticae*) à partir du 8 août présentant un risque pour la culture. Cependant, la plante réservoir semblent plus attractive que le *Photinia* puisque qu'aucun individu n'a été observé sur la culture, jusqu'à ce jour.

3) Les auxiliaires

1. Sur la culture : les *Photinia*

Les insectes auxiliaires

Au travers de la Figure 23 et de la Figure 24, il a été observé majoritairement dans les deux tunnels des momies de pucerons, des larves d'*Aphidoletes aphidimyza*, des œufs et larves de syrphes ainsi que des larves de coccinelles. Cependant, il est à remarquer que les auxiliaires ont été plus diversifiés dans le tunnel plantes réservoirs avec la présence notamment d'*Heterotoma planicornis* et de Coccinelle *Scymnus* sp. De plus, dans cette modalité, un plus grand nombre de momies a été répertorié du 20 juin au 4 juillet. Cela peut évoquer l'hypothèse que les plantes réservoirs favorisent la présence d'Hyménoptères parasitoïdes. Dans le tunnel témoin, la présence de larves d'*Aphidoletes* a été plus remarquée que dans le tunnel plantes réservoirs. Ce phénomène peut s'expliquer par l'absence des autres auxiliaires permettant une moins grande concurrence pour les proies.

La Figure 25 présente la somme des auxiliaires par plante. Les *Ribes rubrum* ont surement favorisés le maintien des auxiliaires dans le tunnel plantes réservoirs puisque le taux d'auxiliaires est plus important dans ce tunnel jusqu'à ce que le nombre de prédateurs et de parasitoïdes dans les *Ribes* chute. L'augmentation des auxiliaires sur *Asclepia* est très importante, cependant le transfert vers la culture n'a pas encore eu lieu au vu du nombre peu important d'auxiliaires présents sur les *Photinia* du tunnel PR. Un déplacement des cécidomyies et des syrphes peut être imaginé sur les *Photinia* dans les prochains jours en référence à l'essai 2012 où les populations d'*A.nerii* se sont maintenues en septembre.

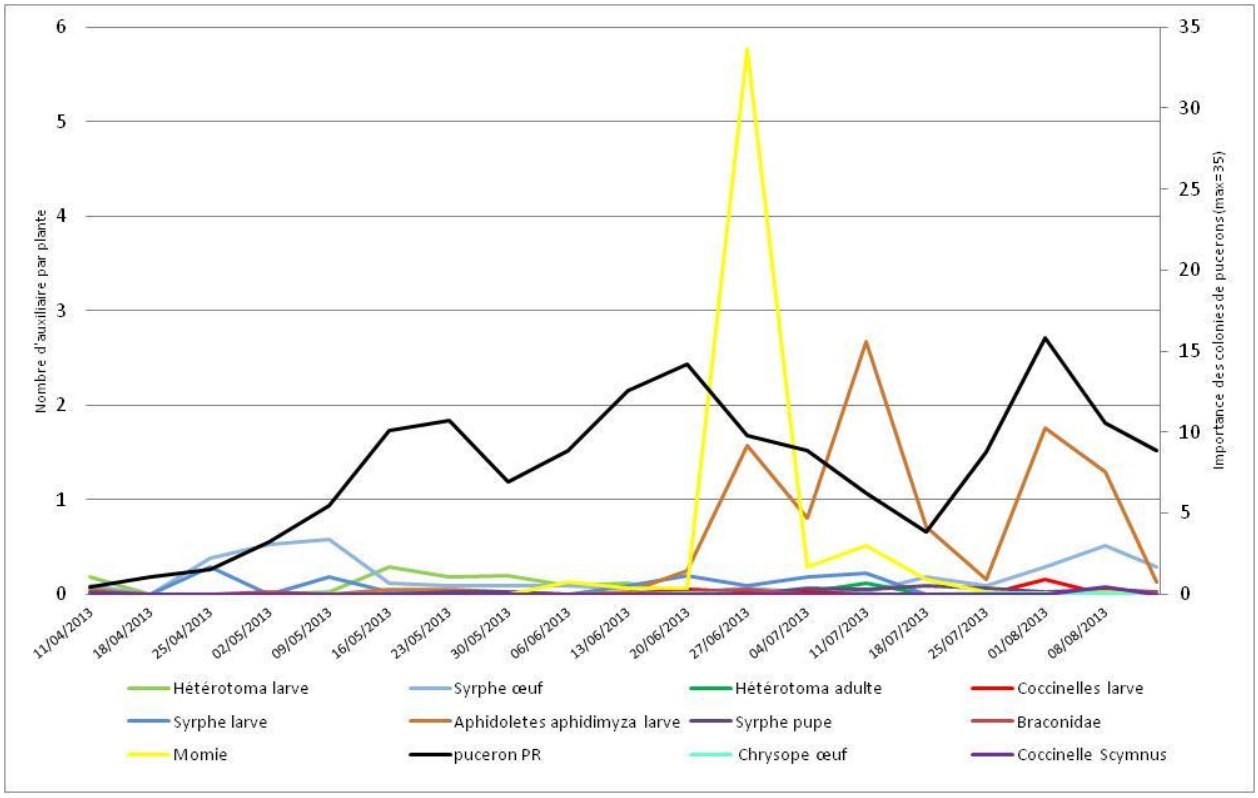


Figure 23 : évolution au cours du temps des auxiliaires de culture présents sur les *Photinia* dans le tunnel plantes réservoirs

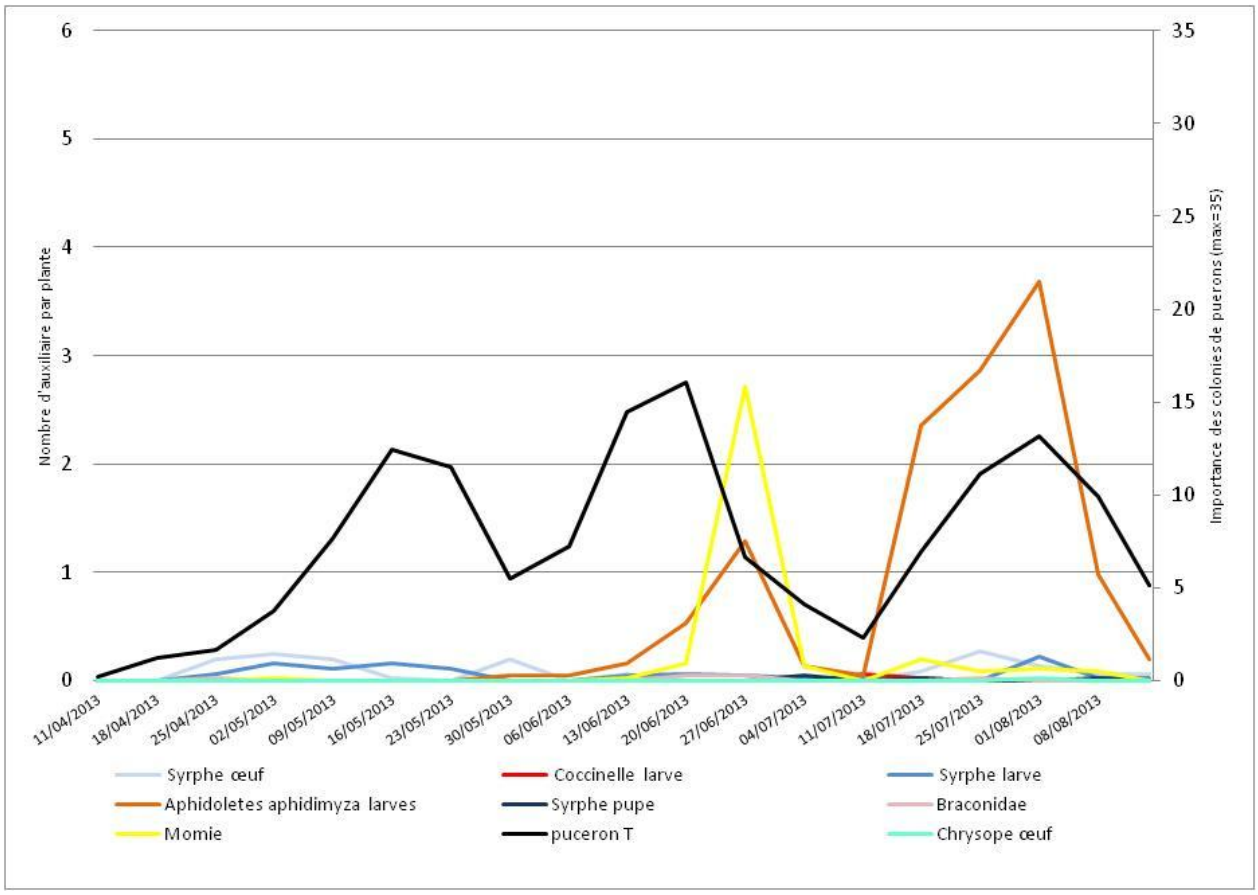


Figure 24 : évolution au cours du temps des auxiliaires de culture présents sur les *Photinia* dans le tunnel témoin

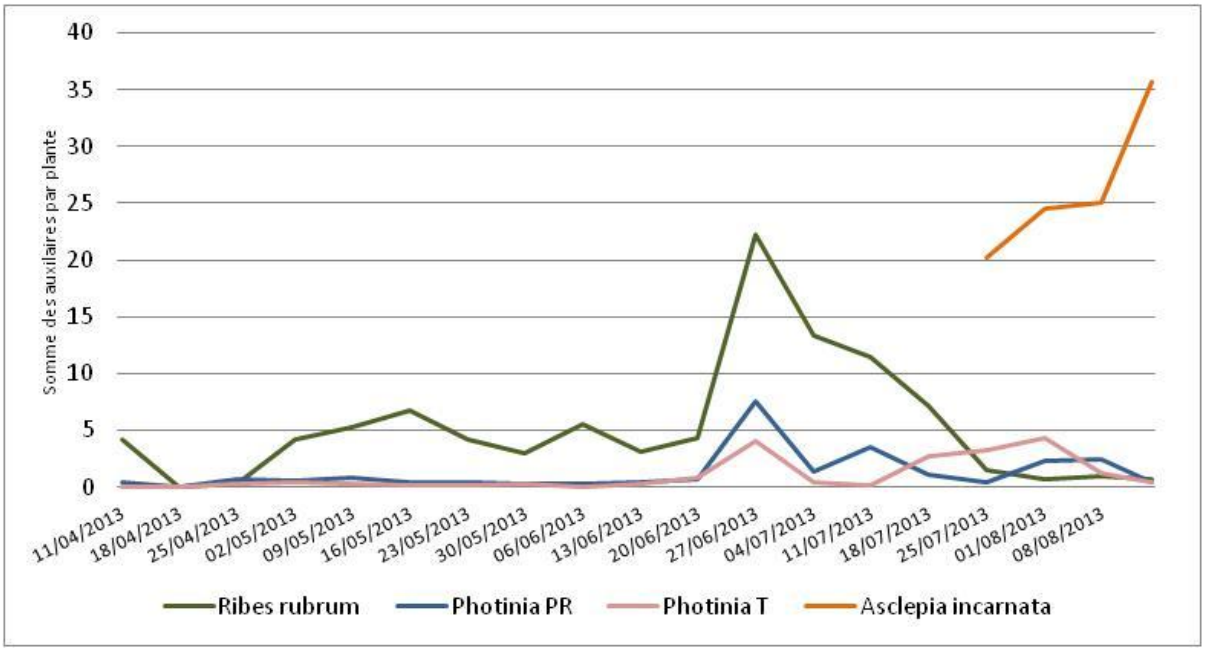


Figure 25 : évolution au cours du temps de la somme des auxiliaires par plante

En réalisant une comparaison de la somme des auxiliaires entre les deux tunnels, par le test T indépendant au risque de 5% et après avoir vérifié les conditions d'application, il n'y a pas de différence significative (p-value = 0.10). En comparant par mois, seul mai, présente une différence significative (T-test) avec une p-value = 0.01 entre les tunnels sur les *Photinia*.

Au cours des notations, les cécidomyies *Aphidoletes aphidimyza* (Figure 26) ont tout d'abord été observées sur les *Ribes rubrum* (du 16 au 30 mai) puis à partir du 20 juin sur les *Photinia* des tunnels PR et T. Ces augmentations de populations reflètent les augmentations sensibles de température. L'arrivée des larves d'*Aphidoletes* dépend des conditions climatiques.

Après analyse statistique des résultats du nombre de cécidomyies sur *Photinia*, aucune différence significative ne peut être évoquée entre les deux tunnels (test T au seuil de 5%, p-value = 0.1314). A l'installation des *Asclepia incarnata*, elles y ont été particulièrement repérées sur les tiges et les feuilles infestées de pucerons. La plante réservoir joue son rôle d'attraction de cet auxiliaire mais la migration ne s'est pas encore réalisée car les tendances restent très basses sur la culture.

Il est possible de prédire un transfert futur vers la culture du tunnel PR qui pourrait faire baisser la population d'*Aphis spiraecola* actuellement présente. Dans le tunnel T, aucun facteur ne favorise l'arrivée des cécidomyies, il risque donc d'y avoir une augmentation des populations de pucerons.

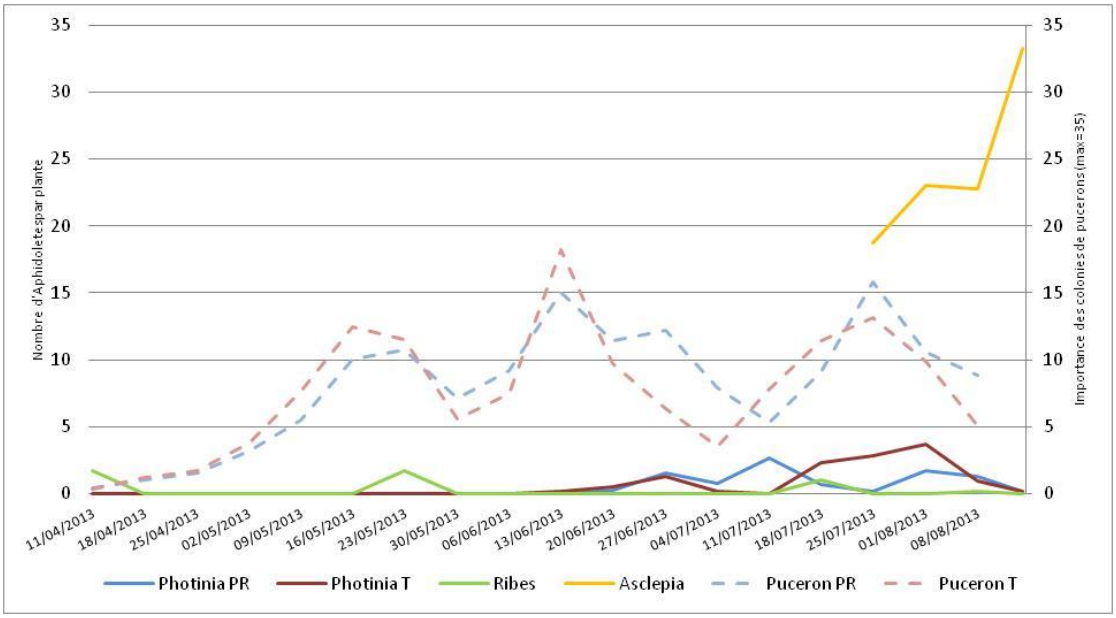


Figure 26 : évolution au cours du temps du nombre d'*Aphidoletes aphidimyza* par plante

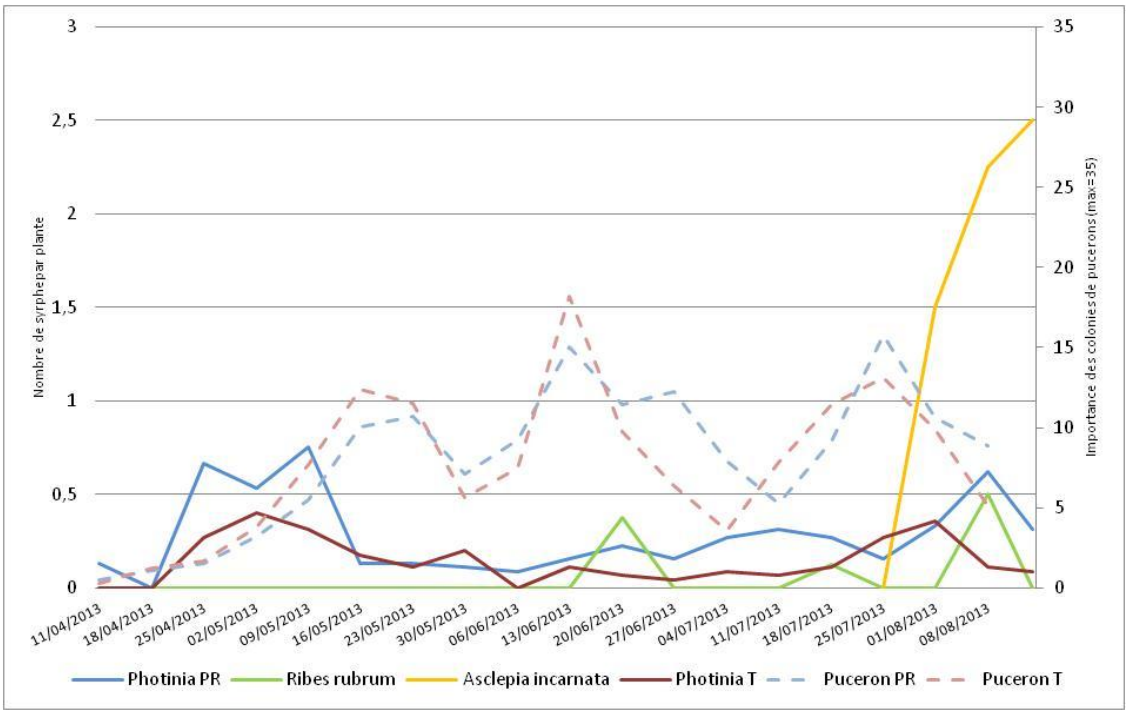
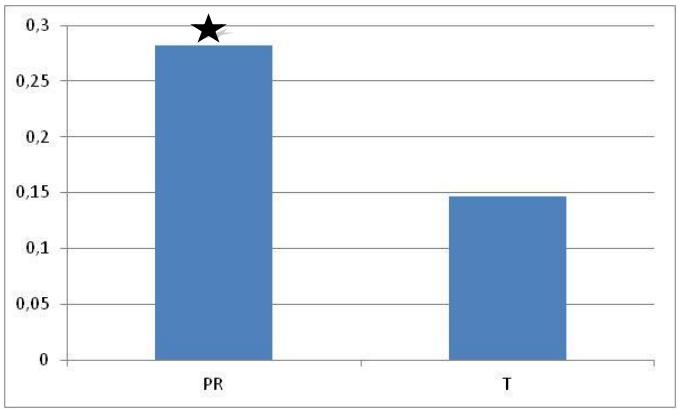


Figure 27 : évolution au cours du temps du nombre de syrphes total par plante



Légende :
★ Significativement différent

Figure 28 : moyenne des syrphes totaux par plante et par tunnel

Les syrphes sont le deuxième auxiliaire majoritairement observé (Figure 27). Leur présence a été importante dans les deux tunnels entre le 25 avril et le 9 mai 2013, parallèlement à l'augmentation des populations des pucerons. Il est à noter que les colonies de ravageurs à cette période étaient plus importantes dans le tunnel témoin, cela peut avérer l'hypothèse d'un effet des plantes réservoirs dans la lutte contre les pucerons.

En effet, le graphique met en évidence trois vagues de pontes sur les *Ribes rubrum* : entre le 13 et le 27 juin, entre le 11 et le 25 juillet et entre le 1er et le 14 août. Sur la deuxième plante réservoir : l'*Asclepia*, une très forte augmentation de la population de syrphes a été remarquée dès l'implantation dans la culture. Cependant, pour le moment, le transfert sur les *Photinia* n'a pas encore eu lieu.

Sur les *Photinia* du tunnel plantes réservoirs trois vagues de pontes ont aussi été notées : entre le 18 avril et le 9 mai, entre le 26 juin et le 18 juillet et entre le 1er et le 8 août. A contrario, dans le tunnel témoin seulement deux vagues de pontes sur la culture ont été observées : entre le 18 avril et le 9 mai et entre le 18 juillet et le 1er août. Cependant, le nombre de syrphes dans le tunnel T était en-dessous du nombre présent dans le tunnel PR à ces périodes-là. Les vagues de pontes correspondent aux périodes de hausses de températures (Annexe V), les syrphes sont donc sensibles aux conditions climatiques.

Après analyse statistique, une différence significative est présente entre les deux tunnels sur la présence de syrphes (Test T au seuil de 5% p-value = 0,0008), il y a donc un effet des plantes réservoirs sur l'attirance et le maintien des syrphes de tous stades.

Afin de comparer l'impact de ces deux auxiliaires sur les populations de pucerons, un indice de prédation est calculé (Tableau VIII). Il correspond à la somme, pour chaque date, du nombre moyen d'individus par plante x nombre moyen de pucerons consommés/jour.

Tableau VIII : impact des deux auxiliaires majeurs observés dans les tunnels sur les populations de pucerons

Auxiliaire	Nbr de pucerons consommés/jr (Malais M.H. & Ravensberg W. J. 2008)	Indice d'impact
Aphidoletes aphidimyza larve	3	703
Syrphe larve	30	2859

De plus, il a été repéré au mois de juillet et d'août, comme l'année dernière, des coccinelles *Scymnus* (Figure 29). Leur apparition a provoqué d'importants dégâts sur les populations de pucerons. Un premier pic est apparu sur les *Ribes* entre le 4 et le 18 juillet, qui s'est répercuté sur les *Photinia* du 1er au 14 août, cela est dû à la deuxième génération qui a émergé. L'importance de la population d'auxiliaires a été bien moins marquée dans le tunnel témoin. Aucune différence statistique n'est significative sur toute la période de culture (test T au seuil de 5% p-value = 0,1215) et entre le 1er et le 14 août (test T au seuil de 5% p-value = 0,118). Cependant peu de données étaient disponibles.

Un auxiliaire secondaire contre les pucerons a été majoritairement observé sur les *Ribes rubrum* : *Heterotomas planicormis* (Figure 29). La présence de ces punaises a été entretenue par les groseilliers, mais peu de migrations sur les cultures se sont réalisées.

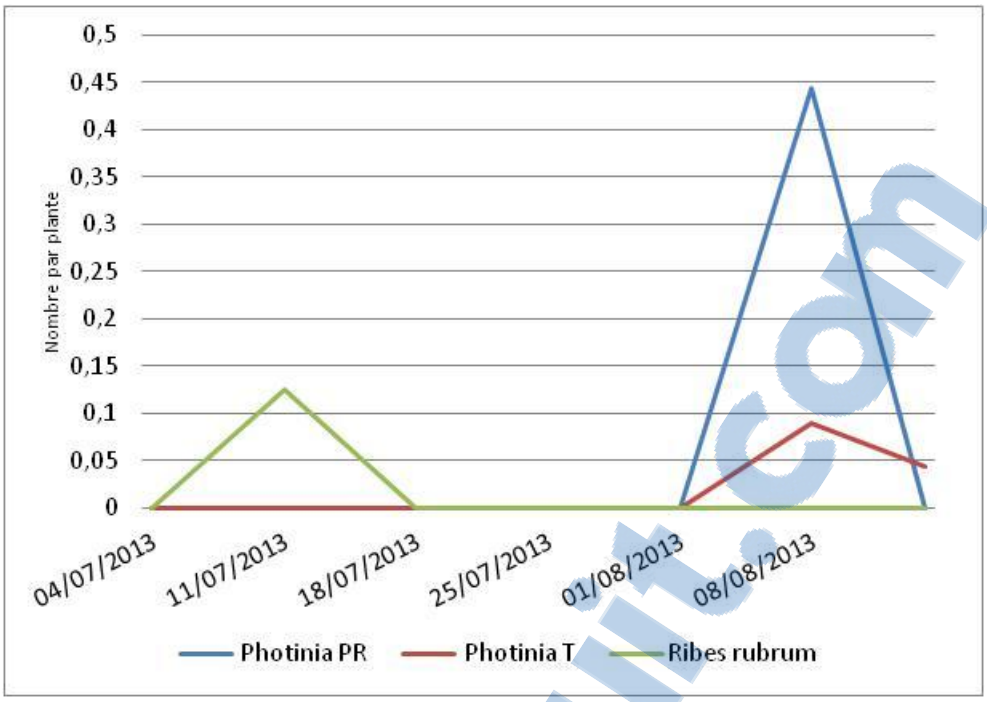


Figure 29 : évolution au cours du temps du nombre de *Scymnus* par plante

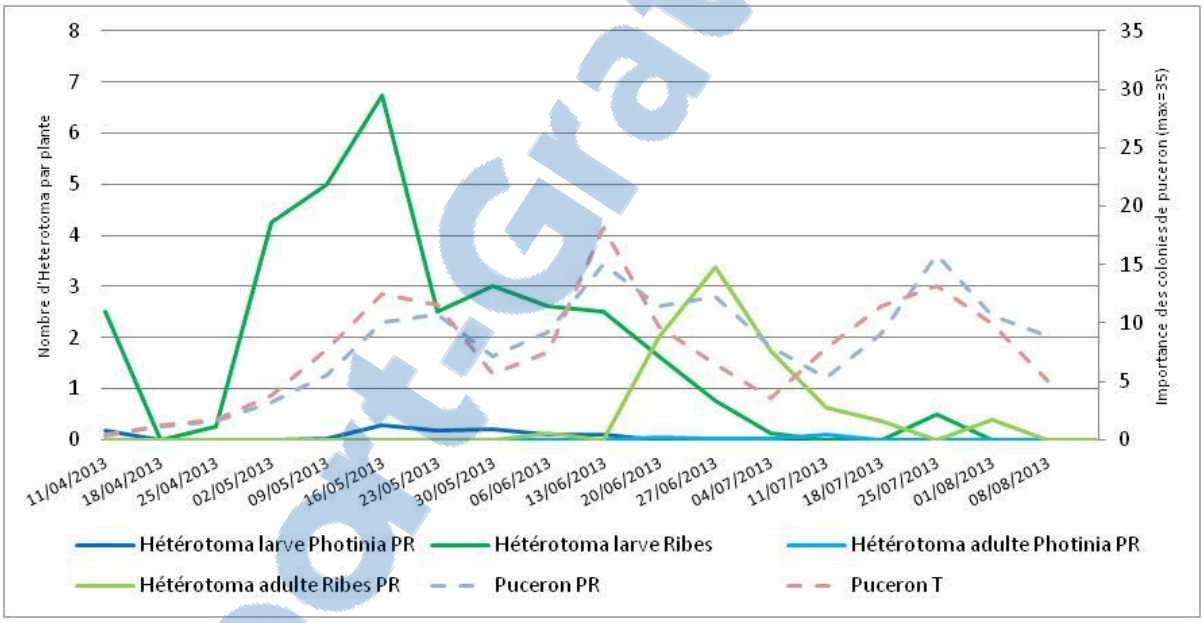


Figure 30 : évolution au cours du temps du nombre d'*Heterotoma planicormis* par plante

Rapport-Gratuit.com

Le parasitisme

Une tendance semble se dessiner sur le nombre de momies par plante. En effet, le tunnel plantes réservoirs en possède plus que le tunnel témoin. Un pic de momies apparait avant sur les *Ribes rubrum* ce qui peut expliquer la présence supérieure des momies dans le tunnel plantes réservoirs. Les plantes compagnes auraient alors un intérêt pour favoriser les Hyménoptères parasitoïdes. Cependant, après avoir vérifié les conditions d'application, le test T indépendant ne donne pas de différence significative entre les tunnels au risque de 5%, ni pour l'ensemble des dates (p-value = 0.09021), ni pour le 27 juin (p-value = 0.1018) où la différence semble plus importante.

Les momies prélevées ont été placées de 7 à 10 jours dans des petits tubes à température ambiante avant d'être identifiées. Lors des identifications, il a été noté que 47 % des Hyménoptères ont émergé. Il a pu être relevé un pourcentage de 97% de parasites primaires pour *Aphidius spp* et de 3% d'hyperparasitisme *Dendrocerus sp*. Il a été identifié des *Aphidius sonchi*, des *A. equisaticola*, des *A. uroleuci*, des *A. hortensi*, des *A funebris* et des *A. rosae*. Cependant, l'identification des Hyménoptères n'est pas terminée pour l'essai 2013, donc aucun résultat précis ne peut être présenté.

Les champignons entomopathogènes

Au cours de la culture, les pucerons ont aussi été attaqués par un ou des champignons entomopathogènes (Figure 32) favorisés par le temps humide du printemps et du début été.

Les champignons entomopathogènes se sont attaqués aux pucerons à partir du 30 mai. Le nombre de pucerons atteint a augmenté jusqu'au 4 juillet. Après le 1er août plus aucune sporulation n'a été observée sur les pucerons. Dans le tunnel témoin et le tunnel plantes réservoirs, le 28 juin et le 4 juillet respectivement, le taux de pucerons mycozés a été le plus important. Parallèlement les colonies de pucerons ont fortement diminué. En comparant, les données d'importance des pucerons mycozés et les températures (Annexe V), leur présence coïncide avec une hausse des températures et une hygrométrie (Annexe VI) moyenne de 65%. Ces conditions ont favorisé le développement du champignon entomopathogène. Le nombre de plantes de classe 2 et 3 a été plus important dans le tunnel plantes réservoirs que dans le tunnel témoin, donc la mort des pucerons a été plus marquée dans le tunnel contenant les plantes compagnes. Ces plantes ne sont surement pas directement à l'origine du plus grand nombre de pucerons mycozés mais le climat a pu être modifié par une densité plus importante de plantes qui apporte plus d'humidité.

Il est à noter que le 13 juin, aucun puceron mycozé n'a été relevé en raison d'une absence de notation sur ce critère. L'identification du ou des champignons n'a pas été réalisée par manque de temps, de moyen sur la station et d'intérêt, cette année dans ce programme d'essai.

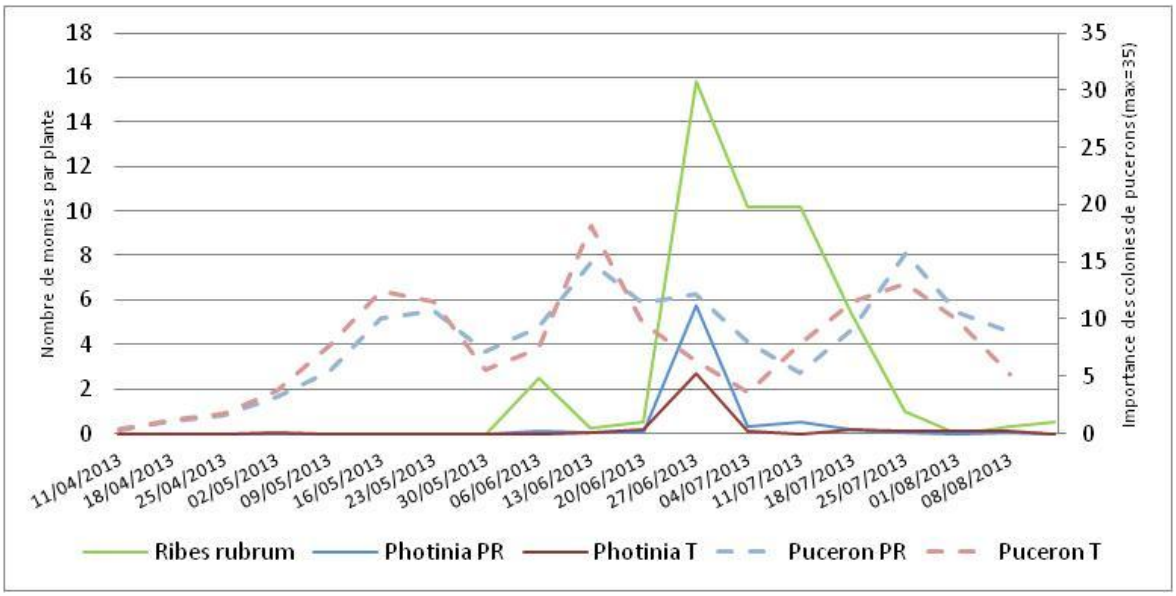


Figure 31 : évolution au cours du temps du nombre de momies par plante

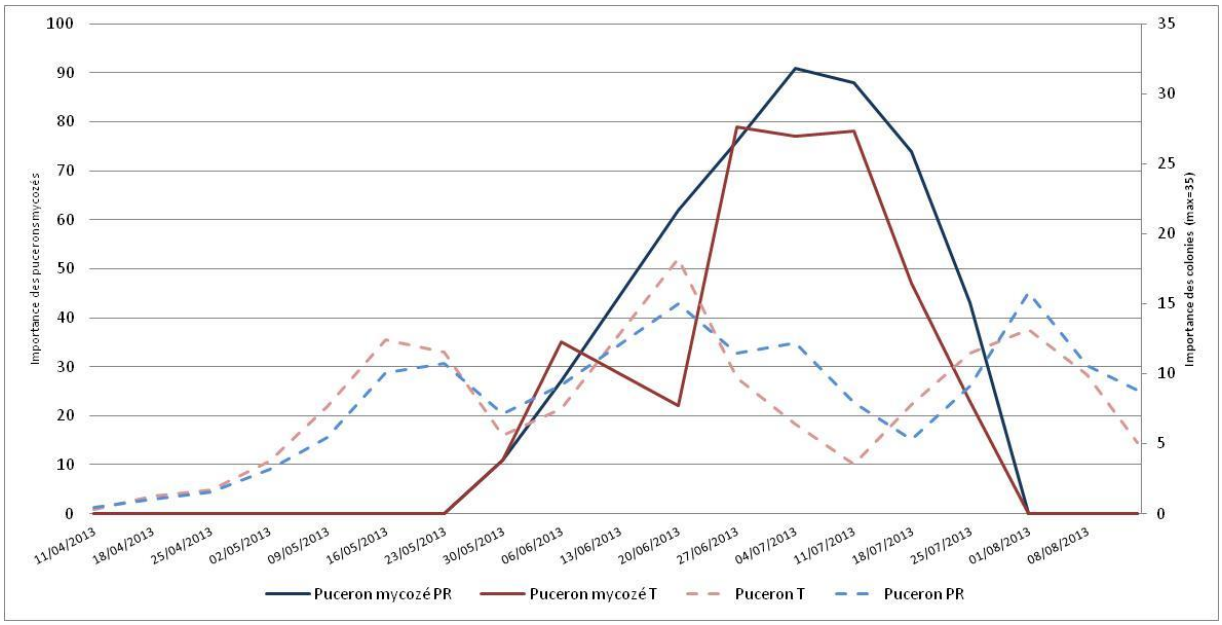


Figure 32 : évolution au cours du temps de l'importance des pucerons mycozés et de l'importance des colonies de pucerons

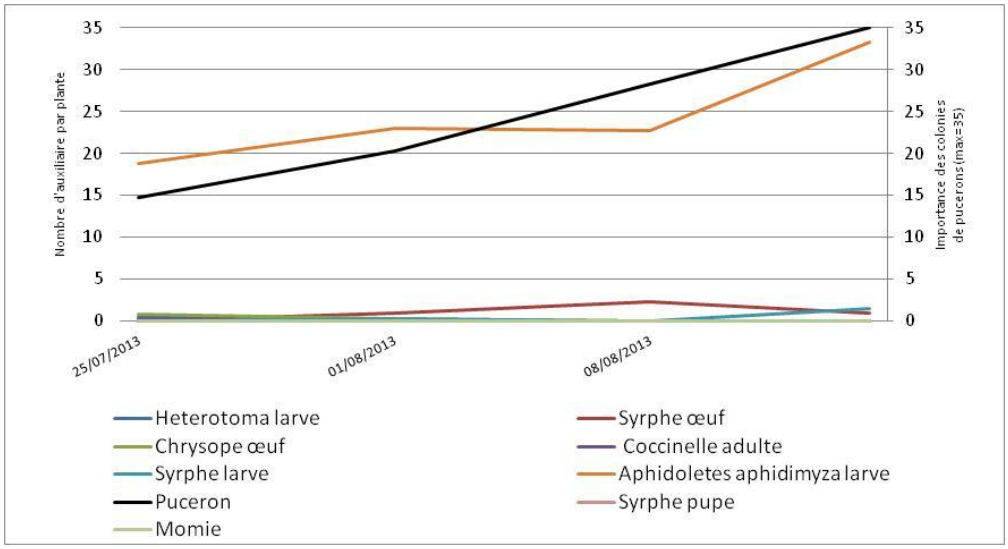


Figure 33 : évolution au cours du temps des auxiliaires présents sur les *Asclepia incarnata*

2. Les plantes réservoirs

Les Ribes rubrum

Sur les *Ribes rubrum* une diversité d'auxiliaires a été observée (Figure 34). En effet, *Heterotomas*, chrysopes, coccinelles, syrphes, cécidomyies et Braconidea ont été notés tout au long de la culture. Les *Heterotomas* larves puis adultes ont été particulièrement présents. Ces petits Hétéroptères prédateurs de la famille des Miridae sont des prédateurs généralistes qui s'attaquent notamment aux pucerons. Les cécidomyies, *Aphydoletes aphidimyza* sont aussi comptées entre 1 et 1,5 par plante en moyenne. Il a été observé des Braconidae sur les feuilles des *Ribes*, d'autant plus remarquée par la présence de momies en grand nombre du 27 juin au 18 juillet 2013.

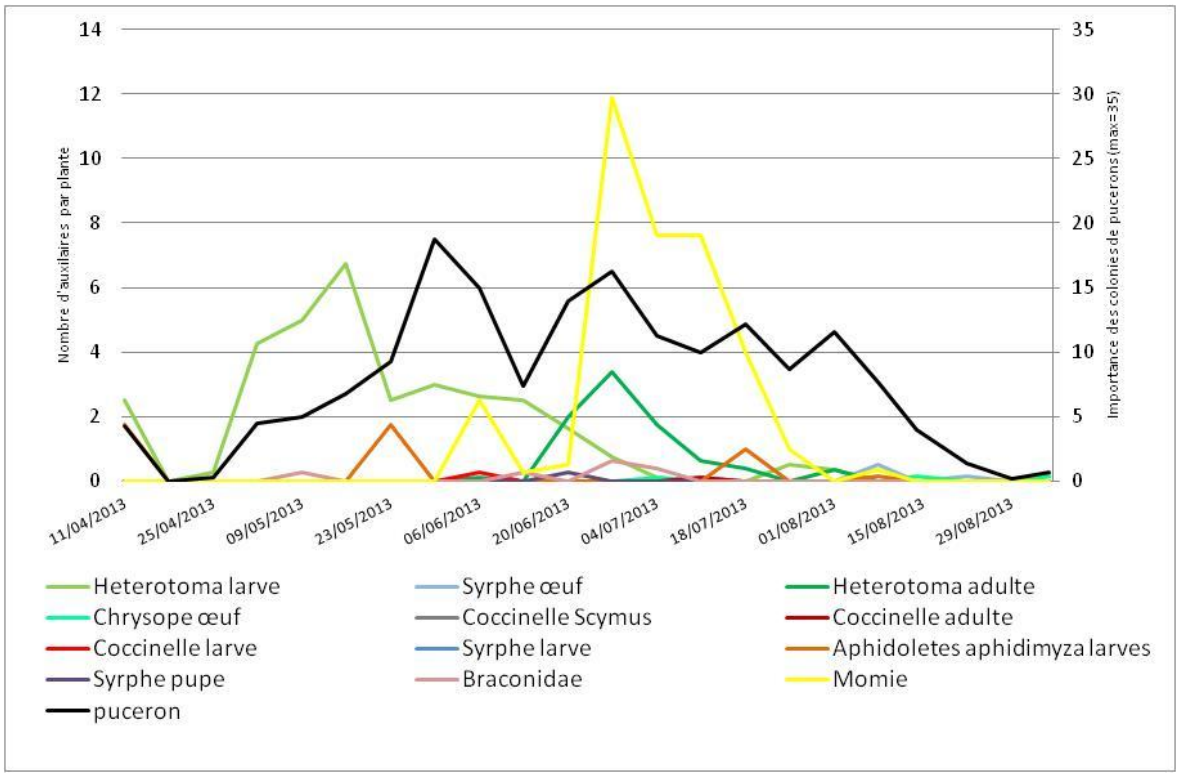


Figure 34 : évolution au cours du temps des auxiliaires présents sur les *Ribes rubrum*

Les Asclepia incarnata

La Figure 33 met en évidence, une forte présence des larves de cécidomyies *Aphodoletes aphidimyza*. Elles réduisent le nombre de pucerons visible sur le végétal mais ne parviennent pas, avec environ 34 individus par plante le 14 août, à diminuer le développement des populations. Les syrphes sous forme d'œuf et de larves, accompagnés par les chrysopes et les coccinelles, font partie du cortège d'auxiliaires.

Pour conclure sur le rôles des plantes réservoirs, il est possible de dire qu'elles augmentent la diversité faunistique, en apportant non seulement des auxiliaires mais aussi des proies de substitution pour les prédateurs et parasitoïdes. Ces éléments d'observations confirment l'hypothèse de départ.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

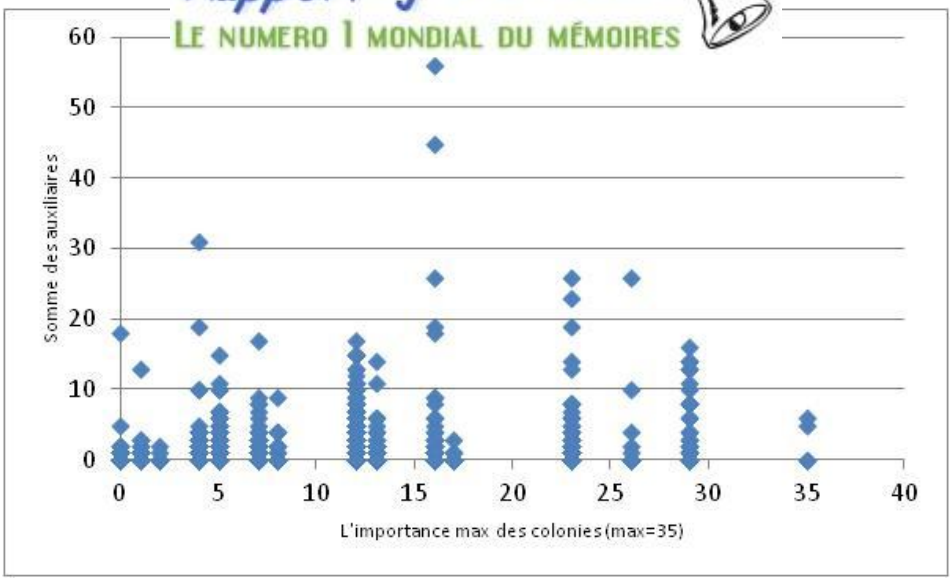


Figure 35 : rapport entre les auxiliaires par plante et l'importance maximum des colonies de pucerons

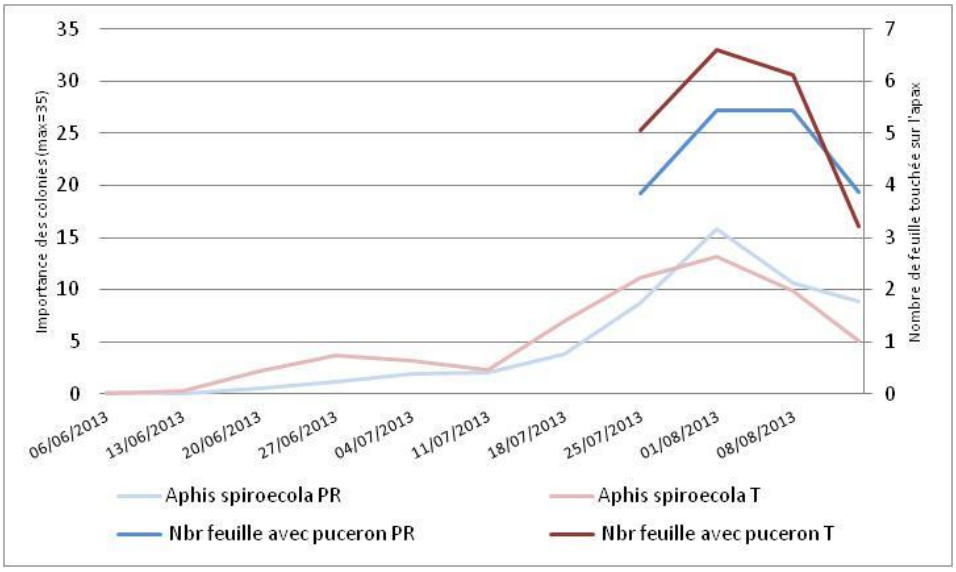


Figure 36 : évolution au cours du temps du stade des colonies d'*A. spiraecola* et du nombre de feuilles touchées par les pucerons

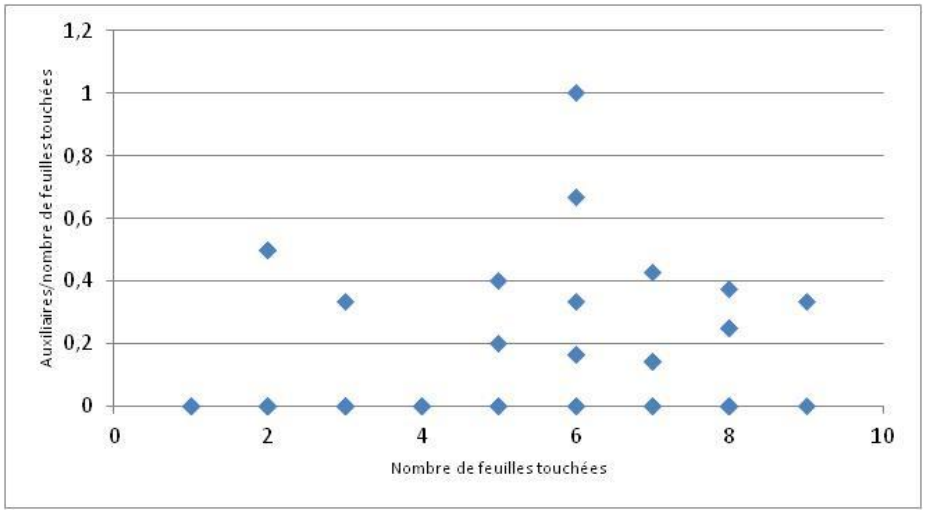


Figure 37 : relation entre la somme des auxiliaires par plante et le nombre de feuilles touchées du 25 juillet au 14 août

3. Interaction auxiliaires/ravageurs

Dans cet essai, la compréhension des interactions entre les auxiliaires et les ravageurs est d'une grande importance afin de favoriser la lutte par conservation. Dans la Figure 35, le nombre maximal d'auxiliaires (57 par plante) est atteint au stade 16. Au-delà, le nombre d'auxiliaires diminue car les *Aphidoletes* et les syrphes sont moins attirés par les colonies fortement développées.

Afin d'utiliser au mieux les auxiliaires pour lutter contre les ravageurs, la recherche de seuils de vigilance et d'interventions est un des objectifs de cet essai. Des notations dites approfondies ont été réalisées dans le but de mettre en évidence le contrôle des ravageurs par les auxiliaires de façon biologique. La deuxième finalité de ces notations est de trouver un indicateur de contrôle facilement utilisable par le producteur. Les critères observés sont le stade de développement de la colonie, le nombre de feuilles rouges touchées et de feuilles atteintes. Ces notations ont évolué au cours de la culture en fonction des résultats et des besoins pour les interpréter. Ainsi les notations approfondies faisaient l'objet de 15 plantes dans chaque tunnel du 30 mai au 18 juillet, elles concernaient l'ensemble du *Photinia*. A partir du 25 juillet, les notations sont effectuées sur 45 plantes sur un apex repéré par une bague. Cette notation est utilisée dans les résultats présentés ci-dessous. En effet, le nombre de données est plus important et en cas de validation de la méthode, les producteurs pourront se servir plus facilement du nombre de feuilles sur l'apex que du nombre de feuilles sur plantes entières.

Les résultats mis en avant sur la Figure 36, montre que l'indicateur des feuilles touchées sur apex ne permet pas de mieux représenter l'importance des colonies que les classes. En effet, la notation sur le nombre de feuilles touchées met en évidence une réaction plus lente que la notation classique. De plus, il y a peu de corrélation entre les classes et le nombre de feuilles atteintes par les pucerons.

D'après Naranjo S.E (2013), en réalisant le rapport du nombre d'auxiliaires sur l'importance du ravageur en fonction de l'importance du ravageur, il est possible d'élaborer des seuils de vigilance et de traitement. Un seuil de contrôle par les auxiliaires est décrit, en dessinant la courbe de tendance et la tangente. Celle-ci a pour objectif de définir au mieux les classes clés d'importance des colonies de pucerons par rapport aux observations sur le terrain.

Sur la Figure 37, le graphique représente le nombre d'auxiliaires par plante par rapport au nombre de feuilles touchées en fonction du nombre de feuilles touchées. Aucune relation n'a pu être mise en évidence. Par conséquent, ces notations ont été stoppées après le 14 août pour manque de pertinence.

Lorsque la somme des auxiliaires par plante est mise en relation avec l'importance des colonies (Figure 38), il s'avère que plus la colonie de pucerons est importante plus les auxiliaires sont nombreux jusqu'à un certain seuil. Par conséquent, en lutte biologique, il est à éviter de dépasser le stade 7 pour un contrôle efficace avec quatre à cinq auxiliaires par

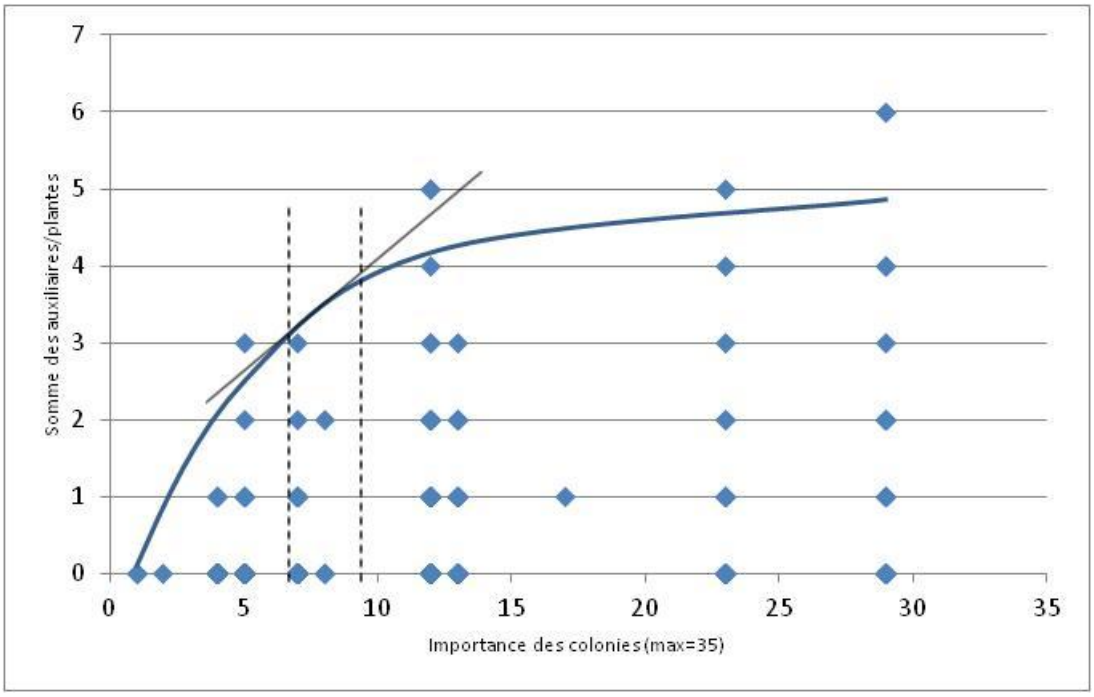


Figure 38 : rapport entre les auxiliaires et l'importance des colonies

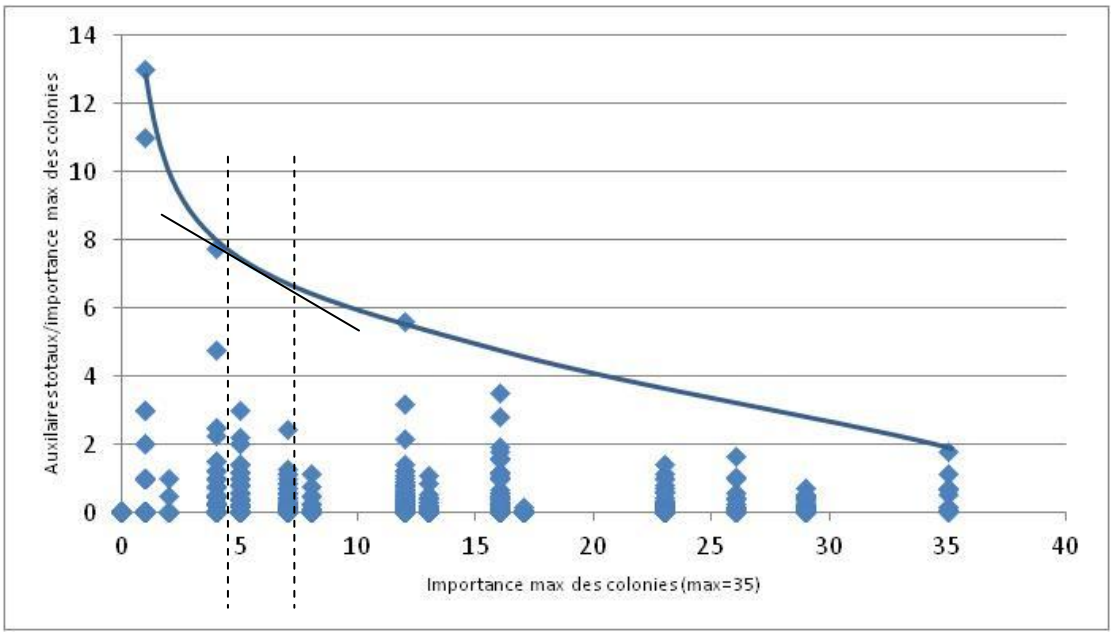


Figure 39 : rapport entre les auxiliaires et l'importance maximale des colonies

plante. Entre les stades 7 et 15 le stade de vigilance est atteint, au-delà les traitements sont recommandés. Ce graphique donne des informations uniquement liées aux auxiliaires. Les seuils sont donc difficilement utilisables car il peut y avoir trois auxiliaires en absence de ravageurs. C'est dans le but de tenir compte des ravageurs, qu'il est intéressant d'utiliser la méthode de Naranjo S.E (2013). Les résultats sont exprimés en donnant un nombre d'auxiliaires pour une unité de ravageurs, c'est donc une relation entre la présence de ravageurs et d'auxiliaires. Dans la Figure 39, il a été utilisé le stade maximum des moyennes des différentes espèces de pucerons. Il est alors possible d'établir une concordance entre les auxiliaires et les ravageurs. Entre les stades 0 et 4, le contrôle est réalisé par les auxiliaires, les ravageurs sont des individus éparses ou en début de regroupement. Les stades de développement présents entre les stades 0 à 4 sont des pucerons fondatrices jusqu'à la présence de leurs larves. Entre les stades 5 et 8, le seuil de vigilance est atteint, quelques individus aptères adultes accompagnés ou pas par un ou deux ailés. Le seuil d'intervention est défini à partir du stade 8 car la présence d'auxiliaires spontanés n'est pas suffisante, des lâchers ou des traitements sont nécessaires pour le contrôle des pucerons. Grâce à cette méthode les ravageurs sont contrôlés par environ quatre auxiliaires par plante (Figure 40). Au dessus du stade 8 d'importance des colonies, la lutte par les auxiliaires spontanés est peu efficace.

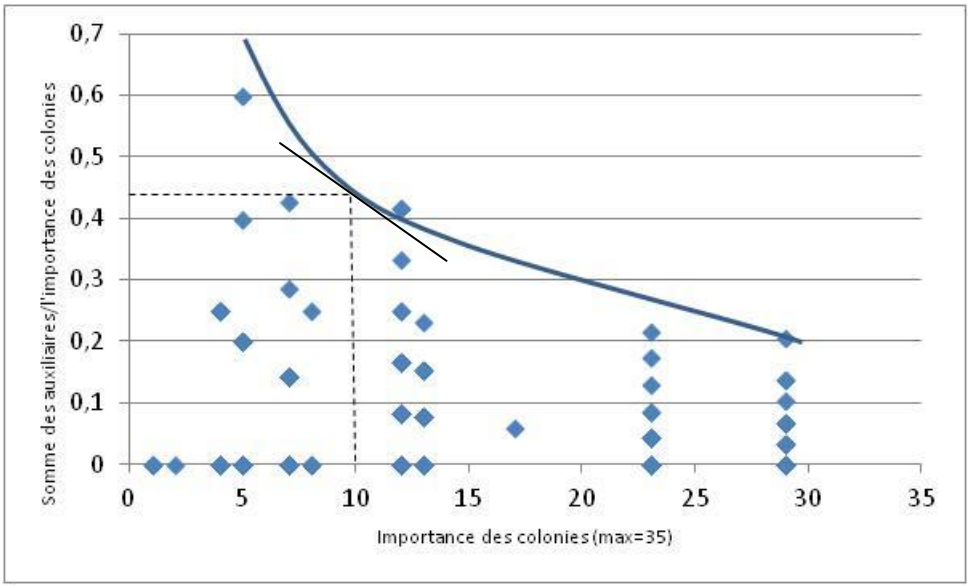


Figure 40 : rapport entre les auxiliaires et l'importance des colonies de pucerons

IV. Discussions

Cette année a été marquée par un printemps très humide et froid. Ces conditions ont eu des répercussions sur le végétal. En effet, les *Photinia* et les *Asclepia* ont été retardés dans leur croissance et leur vigueur. Ce temps maussade a eu aussi des conséquences sur l'entomofaune. C'est ainsi que l'arrivée des pucerons spécifiques sur les plantes réservoirs s'est faite tardivement et après l'arrivée des ravageurs de culture. Le froid et l'humidité n'ont pas non plus favorisé l'émergence des auxiliaires prédateurs et parasitoïdes dans les tunnels.

Les deux premières années du programme PBI sous abri froid ont présenté des différences, notamment sur les ravageurs, entre autre sur les espèces de pucerons et leur importance dans chaque tunnel. En 2012 (Figure 41), les ravageurs ont atteint de plus hauts stades d'importance pendant la culture. *Myzus* sp a été l'espèce de puceron la plus présente, puis il a été observé *M.euphorbiae, A. spiroecola* et *A. gossypii*. Les auxiliaires, *Aphidoletes aphidimyza* et les coccinelles ont été plus nombreux dans le tunnel PR qu'en 2013. De plus, des lâchers ont été réalisés d'où un plus grand nombre de momies retrouvées sur les *R.rubrum* et les *Photinia*. Trois plantes réservoirs ont été utilisées en 2012, le groseillier, l'*Asclepia* et la tanaisie vulgaire. Les *Asclepia* ont été placés dans la culture au début juin contrairement à cette année où ils ont été mis à la fin juillet. En retirant la tanaisie au début du mois de juillet 2012, les résultats sont devenus probants sur l'intérêt des plantes réservoirs puisque les populations de pucerons ont diminué rapidement dans le tunnel PR. Les deux espèces ont donc été conservées pour l'essai 2013.

Des similitudes entre les deux années sont aussi à mettre en avant. Les colonies sur *Ribes* se sont effondrées mi-juillet, ce qui confirme l'hypothèse qu'une diversité de plantes réservoirs est préférable pour couvrir toute la période de culture. Comme en 2012, la venue des *Aphidoletes aphidimyza* s'est faite au même moment et en nombre comparable dans le tunnel témoin.

En 2013, les plantes compagnes étudiées étaient des plantes réservoirs, les fleurs n'ont pas été la caractéristique utilisée. Les auxiliaires peu favorisés par les conditions météorologiques en début de saison pourraient être mieux accompagnés et maintenus par des plantes fleuries afin que les adultes nectarifères se nourrissent plus facilement. D'où la nécessité d'avoir une gamme de plantes compagnes diversifiées, dont les rôles se complètent afin de palier tous facteurs limitants. Certains auteurs citent plusieurs plantes pour favoriser les prédateurs et parasitoïdes des pucerons (University of California, 2010) comme l'*Erogonum* sp, le *Coreopsis tinctoria radiata* ou le *Cuphea* sp. A l'Arexhor Pays de la Loire, un essai est consacré à la recherche de plantes compagnes. Tous les mois des notations sont réalisées sur 18 espèces potentiellement intéressantes comme l'*Achillea millefolium*, le *Hieracium pilosella*, l'*Urticea dioica* ou le *Prunus avium*. Il serait ainsi intéressant de tester les plantes citées dans l'article de l'Univerity of California (2010) afin de voir si les espèces sont adaptées à la région Pays de la Loire et si les auxiliaires sont significativement attirés et maintenus sur ces plantes compagnes.

Le choix des plantes réservoirs doit être réfléchi car c'est non seulement une perte de place de production mais c'est aussi un risque d'importer de nouveaux ravageurs dans la culture. Par exemple les *Asclepia* cette année ont été atteins par les acariens tétranyques. Le bénéfice doit être plus grand que les risques afin que la méthode culturale soit améliorée.

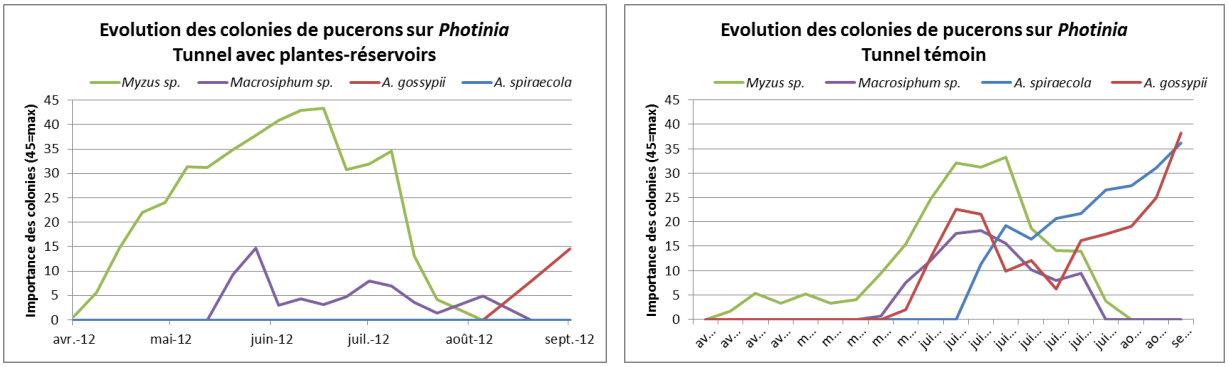


Figure 41: résultats 2012 sur l'essai plantes réservoirs (Arexhor pdl, 2012)

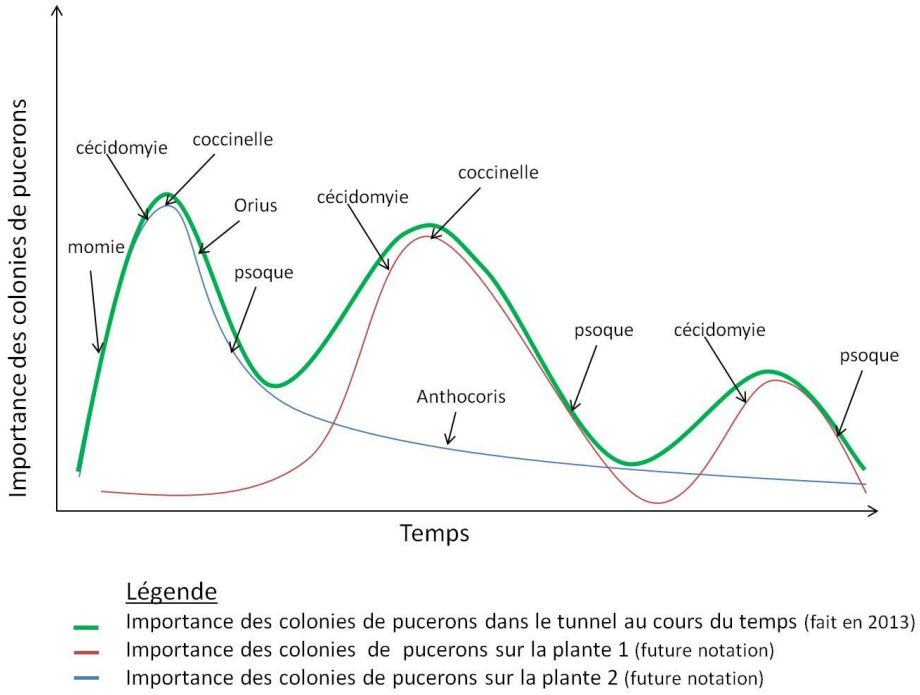


Figure 42 : hypothèse d'arrivée des auxiliaires par rapport à l'importance des colonies de pucerons (Leray E.)

Afin de palier aux problèmes climatiques et pour faire émerger les pucerons spécifiques, la méthode de culture des *Ribes rubrum* a évolué. Les groseilliers ont été placés en chambre froide pendant 8 semaines de janvier à mars. Cependant, le forçage des *Ribes* au début du printemps sous tunnel hors gel n'a pas permis l'arrivée plus précoce des ravageurs comme espéré en 2012. Dans la littérature (Jones H. G., 2012), il est préconisé une période de 15 semaines à 3°C pour lever la dormance des *Ribes*. En 2014, il est donc à prévoir une plus longue période de mise au froid. De même les *Asclepia* ont été longs à se développer, une période de forçage pourrait palier au retard en cas de temps peu favorable au printemps. De plus, sur ces plantes, les pucerons sont arrivés avec plus de deux mois de retard, la conservation des espèces pendant l'hiver serait un avantage afin d'inoculer tôt en saison les plantes réservoirs. L'entretien des populations de pucerons peut être réalisé facilement dans une serre sur un pied mère.

Dans cet essai, l'objectif de travail était de tester l'attirance et le maintien des auxiliaires par les plantes réservoirs. Les résultats de 2013 indiquent que la diversité des auxiliaires a été augmentée dans le tunnel plantes réservoirs. L'introduction de plusieurs espèces de plantes compagnes a donc permis d'attirer en quantité et en durée les prédateurs et les parasitoïdes. L'hypothèse de 2012 est vérifiée car les *Ribes* puis les *Asclepia* ont joué leur rôle dans l'essai. Une diversité des plantes réservoirs est donc à maintenir.

Le transfert des auxiliaires vers la culture est aussi important que leur présence. Il a été remarqué que les *Aphidoletes* s'étaient bien déplacés depuis les *Ribes* vers les *Photinia*, contrairement au cécidomyies sur *Asclepia* vers la culture. Un manque de temps peut être à l'origine de cette absence. En toute logique, les cécidomyies devraient prochainement se déplacer sur la culture. Les colonies de pucerons sur *Photinia* peuvent aussi avoir été moins attirantes que celles sur *Asclepia*, soit elles étaient trop développées lorsque les pucerons ont atteint les maximum d'importance sur la culture, soit les colonies n'étaient plus assez nombreuses au moment du transfert.

Le deuxième auxiliaire majoritaire, les syrphes, est présent dès le début de la culture. Ce phénomène est dû à la présence rapide de pucerons et à la chaleur conservée sous l'abri. Par la suite, les *Ribes* ont permis de faire le relais pour les maintenir sur la culture et entraîner de nouvelles vagues de pontes. Dès l'entrée des *Asclepia* dans le tunnel, il a été noté un nombre important de syrphes de tous stades sur ces plantes. Cependant, le transfert ne s'est pas réalisé par manque de temps ou d'attraction des colonies de pucerons de la culture. Il est à remarquer d'après l'indice de prédation que les syrphes sont bien plus efficaces dans la destruction des populations de pucerons.

Les coccinelles *Scymnus* sp, auxiliaires secondaires par leur nombre dans les tunnels, sont apparues au même moment en 2012 et 2013. Elles arrivent lorsque les fortes chaleurs sont présentes. La première vague a été observée sur les *Ribes*, puis elles ont été présentes sur les *Photinia* en plus grand nombre dans le tunnel plantes réservoirs comme en 2012, le transfert s'est donc bien réalisé. Enfin, les *Heterotoma*, auxiliaires très liés au *Ribes* se sont peu déplacés vers les *Photinia*. Cette plante compagne pourra être l'objet d'essai afin de lutter contre d'autres ravageurs tel que les psylles, proies de cette punaise.

Afin de mettre en évidence le transfert des auxiliaires des plantes réservoirs vers la culture, des zones réservées aux *Ribes* et aux *Asclepia* avaient été définies. Cependant elles n'ont pas été respectées en raison du manque de ravageurs sur les plantes. L'ajout de plantes réservoirs (*Ribes rubrum*) a été réalisé au fur et à mesure, en plus grand nombre que prévu, en fonction de l'arrivée de *Cryptomyzus ribis* et d'*Aphis schneideri.* La comparaison entre les zones, à l'intérieur du tunnel PR, permettrait à terme de définir des règles de densité de plantes réservoirs en fonction de l'espèce et des auxiliaires qu'elles attirent.

Il est à remarquer que les auxiliaires majoritairement représentés comme les syrphes ou les cécidomyies sont des auxiliaires s'attaquant aux jeunes colonies de pucerons. En effet, les prédateurs et parasitoïdes des colonies développées sont absents ou peu observés comme les coccinelles et les Braconidae. L'arrivée successive des différents auxiliaires est dépendante du nombre de proies présentes et donc de l'importance des colonies de pucerons. Cette année, les notations ont eu pour objet l'ensemble du tunnel pour mettre en évidence la différence entre les deux modalités. Il serait intéressant d'étudier, plante par plante, l'ordre d'arrivée des auxiliaires afin de mieux comprendre les relations prédateurs/proies et de pouvoir intervenir avec le meilleur auxiliaire suivant le degré d'infestation (Figure 42). Par exemple, si ce sont les cécidomyies qui arrivent le plus tôt et les Anthocoridea le plus tard suivant l'évolution d'une colonie de pucerons, alors en début d'infestation on lâchera des cécidomyies puis des anthocorides.

En 2013, le choix de ne pas réaliser de lâchers d'auxiliaires parasitoïdes ou prédateurs a été fait. Cela a permis de voir l'arrivée successive des populations. Il serait intéressant l'année prochaine d'étudier plus précisément ces cycles pour conseiller le lâcher d'une espèce au bon moment. En effet, les auxiliaires se succèdent en fonction du stade de développement du ravageur, mais aussi du climat. Une modélisation des dynamiques de populations serait intéressante afin de mieux comprendre l'importance de chaque auxiliaire dans le contrôle des ravageurs.

N'ayant pas eu un printemps favorable en 2013 pour la lutte par conservation, une stratégie utilisant des méthodes par augmentation aurait été avantageuse, grâce à des techniques par inoculation c'est-à-dire par lâchers d'organismes qui en tant qu'agents de contrôle immédiat et de longue durée aurait été plus efficace. Les auxiliaires prédateurs sont distribués sous leurs formes les plus efficaces : œufs (chrysope), pupes (*Aphidoletes aphidimyza*, Hyménoptères parasitoïdes) et larves (coccinelles, chrysopes). Les parasitoïdes sont lâchés sous forme de momies, par espèces ou en mélange

Le faible taux d'insectes auxiliaires aurait pu favoriser l'augmentation exponentielle des colonies de pucerons et provoquer des dégâts encore plus importants sur les *Photinia*. Cependant, un champignon entomopathogène a éliminé une partie des populations de pucerons. Ces parasites peu exploités en traitement sont surement une piste de lutte alternative en cas d'absence d'insectes auxiliaires et de conditions climatiques humides. En effet dans la littérature, des catalogues sont disponibles sur les interactions champignons/pucerons (Humber R.A., 1992). Des auxiliaires entomopathogènes comme *Beauvaria bassiana* ont déjà fait leur preuve sur *Aphis gossypii* et *Myzus persicae* (Michereff M., 2011, Rashki M. 2013). Dans cette lutte, Zhou X. et *al* (2012) émettent l'hypothèse que la température est le facteur limitant à leur utilisation. Dans le tunnel plantes réservoirs, ils ont été particulièrement présents. Une hypothèse climatique peut expliquer ce phénomène. En effet, un deuxième champignon s'est développé : la fumagine, conséquence du miellat rejeté par les colonies de pucerons, elle n'a été présente que dans le tunnel PR. Il aurait été intéressant de contrôler la température et l'humidité grâce à des sondes placées au niveau des plantes dans chaque tunnel. Les facteurs climatiques ont donc été déterminants tant sur les insectes ravageurs et auxiliaires que sur les champignons pathogènes ou entomopathogènes. La gestion de ces paramètres est primordiale avant de réaliser des interventions chimiques ou alternatives inutiles et coûteuses.

Les besoins sont différents en fonction des années. Les facteurs biotiques et abiotiques diffèrent d'une saison à l'autre. Il est donc important de trouver des indicateurs permettant de quantifier l'importance du contrôle réalisé par les auxiliaires sur les ravageurs. Deux possibilités sont envisageables, le choix d'un indicateur biologique mettant en évidence l'évolution des pucerons ou un indicateur simplifié pour l'utilisation en production. Le nombre de feuilles touchées, utilisé à cet effet, n'a pas suffi à mettre en évidence le contrôle. Un changement de méthode est donc à prévoir. En 2013, à l'Arexhor Pays de la Loire, des notations de hauteur d'infection de l'apex ont été réalisées pour marquer la présence de pucerons sur pommier porte greffe, celles-ci pourraient être adaptées aux *Photinia*. Ces hauteurs seraient à terme une échelle entre le taux de ravageurs et l'état de contrôle par les auxiliaires, pour les producteurs. Cette échelle serait alors un Outil d'Aide à la Décision (OAD) pour intervenir.

V. Conclusion

Cet essai avait pour objectif d'améliorer la qualité de la production grâce à l'utilisation de plantes réservoirs. L'année 2013 a été marquée par un printemps particulièrement froid et humide. Par conséquent, un retard des cultures mais aussi un décalage dans l'arrivée des ravageurs spécifiques et des auxiliaires ont été constatés. La sélection des plantes réservoirs : *Ribes rubrum* et *Asclepia incarnata*, a permis une plus importante diversité d'auxiliaires. Cependant, le transfert sur les cultures ne s'est pas toujours réalisé. La seule différence significative a été la présence de syrphes, plus nombreux dans les *Photinia* du tunnel plantes réservoirs. De plus, sur toute la période de notation (du 11 avril au 14 août) l'importance des colonies n'a pas été significativement différente. Dans les deux tunnels l'infestation a été plutôt marquée et les dégâts visibles. Les futures notations sur la qualité commerciale, réalisées en fin de culture, pourront donner des indications sur l'impact économique d'un tel ravageur sur les *Photinia*.

Des modifications dans la stratégie de lutte sont à réaliser par rapport à l'utilisation de plantes compagnes. En effet, cette année, peu favorable à l'utilisation de plantes réservoirs, il aurait été préférable soit d'utiliser une diversité de plantes utiles comme la présence de plantes à fleurs ou à pollen, capables d'attirer les auxiliaires, soit de faire des lâchers. Les stratégies doivent être adaptées en fonction des conditions climatiques. Parallèlement, ces plantes incluses dans les cultures ont des conséquences sur la production. Elles peuvent être atteintes par d'autres ravageurs ou transmettre leurs dégâts (fumagine) ou encore modifier l'environnement de production. Tous les paramètres sont donc à prendre en compte. Une autre piste de travail a été mise en avant au travers des champignons entomopathogènes qu'il serait intéressant d'identifier et de sélectionner.

En conclusion, l'interaction plantes, auxiliaires et ravageurs est un système complexe. Les plantes réservoirs ont permis d'augmenter la diversité de la faune. Ainsi le développement des agents régulateurs est plus important afin de maintenir les populations de ravageurs à des niveaux faibles et stables.

Bibliographie

Akhtar M. S., Dey D. & Usmani M. K. (2011) A catalogue of aphid parasitoids from India. Insecta Mundi, *A journal of World Insect Systematics*, No. **151**, 1-31.

Alford D.V. (2012) Eupteryx melissae, Pests of Ornemental Trees, Shrubs and Flowers, Order Hemipera, Family Cicadellidae, Manson Publishing, 34.

Bernays E.A., Chapman R.F. (1994) Host-Plant Selection by phytophagous Insects, Chapman & Hall, New York.

Bouillant S., Mittaz C., Cottagnoud A., Branco N., Carlen Ch. (2004) Premier inventaire des populations de ravageurs et auxiliaires sur plantes aromatiques et medicinales de la famille des *Lamiaceae*, Viticulture Arboriculture Horticulture, Vol. 36, No. **2**, 113-119.

Buitenhuis R. (2011) Diversité des plantes et lutte contre les insectes ravageurs, Journée sur les méthodes biologiques en horticulture ornementale, janvier.

Ctifl (2006) Reconnaître les auxiliaires : légumes et fraise sous serre, abris et en plein champ.

Della Giustina W. (2002) Les cicadelles nuisibles à l'agriculture, 1ème partie, Insectes INRA, n°126.

Delvare G. & Aberlenc H. P. (1989) Les insectes d'Afrique et d'Amerique tropicale, clé pour la reconnaissance des familles. CIRAD Centre de Cooperation Internationale en Recherche Agronomique pour le Developpement, Montpellier.

Dufoour R. (2001) Biointensive Integrated Pest Management, Fundamentals of Sustainable Agriculture ATTRA.

Dunnett D., Hitchmough J., Jenkins C., Tylecote M., Thompson K. & Matthews R. (2007) The Role of Horticulture in Supporting Biodiversity, *Growing Nature*, Report No. **244** (ROAME No. FO6AB12).

Encyclopédie Universelle (1999) Encyclopédie Universelle des 15000 plantes et fleurs de jardin, Bordas, Paris, 1080.

Ferre A. (2010) Protection biologique intégrée en extérieur : principes et idées reçues, *PHM*, No. **520**, janvier.

Ferre A. (2011) Utilisation de plantes-pièges en culture de poinsettia, Fiche pratique No. **1**, Arexhor Pays de la Loire.

Ferre A. & Gourlay A. (2011) Utilisation de plantes-fleuries au sein de cultures non fleuries en protection intégrée par conservation, Quatrième conférence internationale sur les méthodes alternatives en protection des cultures, Lille, 8, 9 et 10 mars 2011.

Fraval A. (2006) Les pucerons – 1 ère partie, Insectes 3, No. **141**.

Humber R. A. (1992) Collection of entomopathogenic fungal cultures: catalog of strains.

Jaloux B. (2012) Les bases scientifiques de la lute biologique contre les insectes ravageurs, M2 Protev Module : Lutte alternative.

Jones H. G., Hillis R. M., Gordon S. L. & Brennan R. M. (2012) An approach to the determination of winter chill requirements for different Ribes cultivars, *Plant Biology,* No.**15**, 18-27.

Jullien J. & E. (2006) *Diagnostic et soins des plantes au jardin*, Ed Ulmer, Paris.

Krugner R., Johnson M. W., Morgan D. J. W. & Morse J. G. (2009) Production of Anagrus epos Girault (Hymenoptera : Mymaridae) on Homalodisca vitripennis (Germar) (Humiptera : Cicadellidae) eggs, *Biological Control*, No. **51**, 122-129.

Lenne F. & Baroffio C.A. (2012) Les cicadelles dans les plantes aromatiques, Journée d'info PAM 2012 Bruson, Agroscope.

Malais M.H. & Ravensberg W. J. (2008) *Connaître et reconnaître. La biologie des ravageurs des serres et leurs ennemis naturels*, Koppert France.

Malausa J.- C., Nusillard B. & Giuge L. (2003) Lutte biologique contre la cicadelle vectrice de la flavescence dorée, Bilan des recherches sur l'entomofaune antagoniste de *Scaphoideus titanus* en Amérique du Nord en vue de l'introduction d'auxiliaires en France, *Phytoma-La Défense des Végétaux* No. **565,** 24-27.

Michereff M., Oliveira S.O.D., de Liz R. S. & Faria M. (2011) Cage and Field Assessments of Beauveria bassiana-based Mycoinsecticides for Myzus persicae Sulzer (Hemiptera: Aphididae) Control in Cabbage, *Neotropical entomology*, Vol. 40, 470-476.

Mitchell C., Brennan R. M., Cross J.V. & Johnson S. N. (2011) Arthropod pests of currant ang gooseberry crops in thr U.K. : their biology, management and future prospects, Agricultural and Forest Entomology, No. **13**, 221-237.

Mescheloff E. & Rosen D. (1990) Biosyntematic studies on the aphidiidae og Israel (Hmenoptera : Ichneumonoidea), Israel Journal of Entomology, Vol. XXIV, 51-91.

Monnet Y., AGRAPHID, Hulle M., Tourpeau-Ait Ighil E. & Robert Y. (1999) Les pucerons des cultures maraîchères. Cycles biologiques et activités de vol. INRA-QUAE.

Naranjo S.E, Ellsworth P.C. & Vandervoet T. (2013) Integrated biological control into IPM decision-Making for Bemisia, First international Whitefly symposium, Kolymbari, Crete 20-24 May 2013.

Ninkovic V., Al Abassi S., Ahmed E., Glinwood R. & Pettersson J. (2010) Effect of within-species plant genotype mixing on habitat preference of a polyphagous insect predator, *Oecologia* No **166**, 391 - 400, 2011.

Nusillard B. (2001). Les cicadelles Typhlocybines des Labiées aromatiques. Des ravageurs méconnus. *Phytoma-La Défense des Végétaux*, No. **538**, 37-40.

Piasentin J. (2010) Application de la protection biologique intégrée sur cultures en milieu ouvert, Terres d'innovation.

Rashki M. & Shirvani, A (2013) The effect of entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana* on life table parameters and behavioural response of *Aphis gossypii*, *Bulletin of insectology*, Vol. 66, 85-91.

Stary P. (1973) A review of the Aphidius species (Hymenoptera, Aphidiidae) of Europe. *Annot. Zoot. Bot*., Bratislava, No. **84**, 1-85.

Stary P. (1976) Aphid Parasites (Hymenoptera, Aphidiidae) of the Mediterranean Area. Trans. Czechosl. Acad. Sci., *Ser. Math. Nat. Sci*., No. **86**(2), 1-95.

Stary P. (1979) Aphid Parasites (Hymenoptera, Aphidiidae) of the Central Asian Area. *Academia Praha*, No. **89**, 5-116.

Usmani M. K. (2012) Biological Investigations on Some species of Angrus (Hymenoptera, Mymaridae), Eff Parasitoids of Leafhoppers (Hemiptera), APCBEE Procedia 4, 1 - 5.

Vidano C. & Arzone A. (1976) Tiflocibine infestanti piante officinali coltivate in Piemonto, *Annali dell'Academia di Agricolture di Torino,* No. **118,** 195-208.

Zhou X., Feng M.G. & Zhang L.Q. (2012) Pandora nouryi (Zygomycota: Entomophthorales) under winter field conditions, *Biocontrol Science and technology*, Vol. 22, 93-100.

Référence internet

Biobest, 20/04/2013 Produits, Catégorie de produit Contrôle Biologique
http://www.biobest.be/productenalg/2/2/

Entomofaune du Québec, 06/06/2013 Cicadelles – Cycle de vie, Les Hémiptères du Québec-cicadelles
http://entomofaune.qc.ca/entomofaune/cicadelles/developpement.htm

Fauna Europaea, 13/03/2013 Name search
http://www.faunaeur.org/

INRA, 14/04/2013 Parasitoïdes primaires et secondaires, Encyclop'APHID, 2012
http://www4.inra.fr/encyclopedie-pucerons/Pucerons-et-milieu/Antagonistes/Parasitoides.

INRA, 02/06/2013 Caractères généraux des cycles, Qu'est ce qu'un puceron, Encyclop'Aphid, 2012
https://www4.inra.fr/encyclopedie-pucerons/Qu-est-ce-qu-un-puceron/Cycles-biologiques

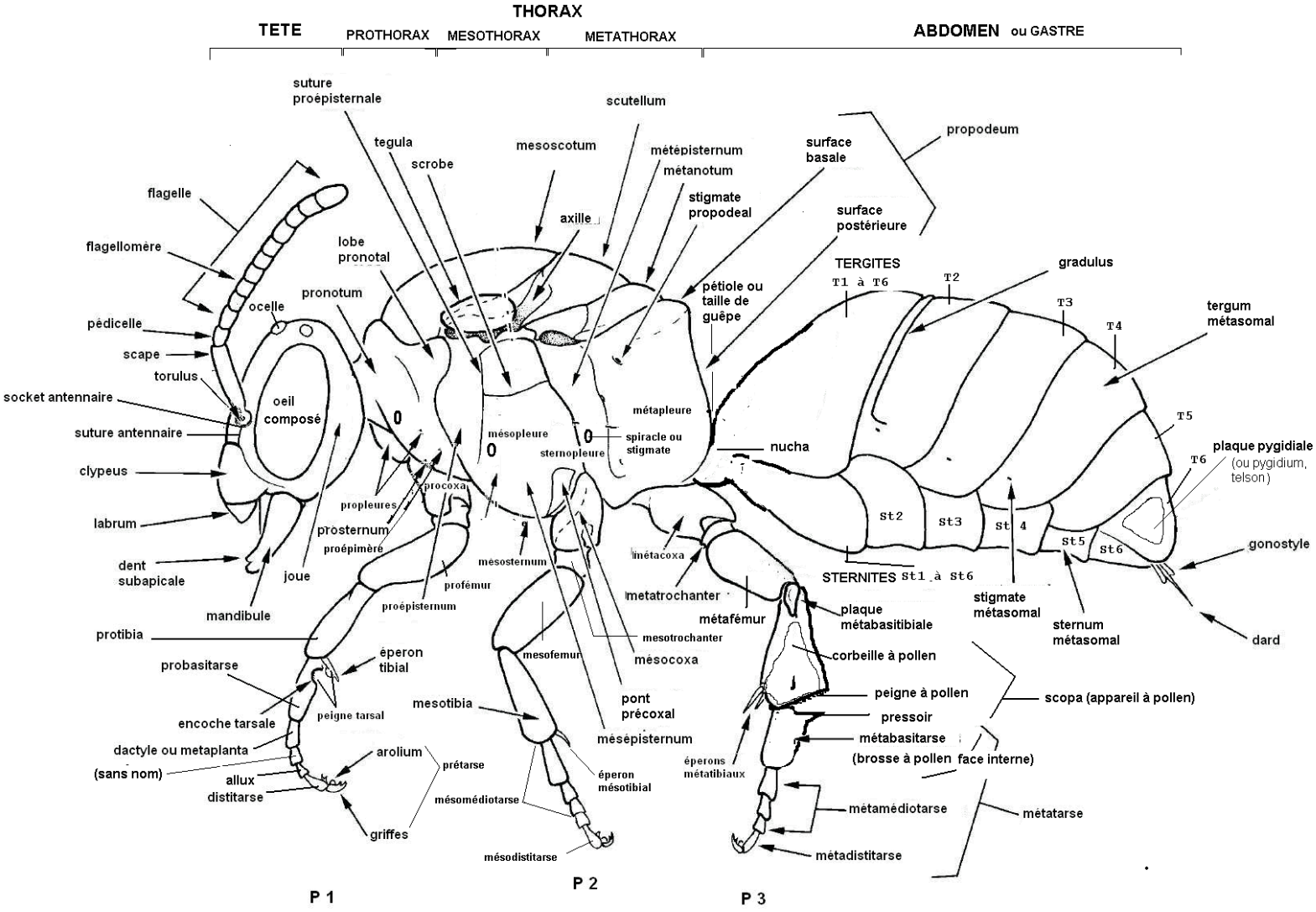
INRA, 02/06/2013 Antagonistes, Pucerons et milieu, Encyclop'APHID, 2012
https://www4.inra.fr/encyclopedie-pucerons/Pucerons-et-milieu/Antagonistes

University of California (2010) Beneficial insects, the pests they control and host plants, Agriculture & National Resources Cooperative Extension Santa Clara County. http://www.mastergardeners.org/pdf/SGM-2010/Beneficial_Insects.pdf

ANNEXES

Annexe I : schéma de l'Hyménoptère ..... A
Annexe II : auxiliaires de culture ..... B
Annexe III : protocole d'identification des parasitoïdes et hyperparasitoïdes C
Annexe IV : photographies des observations réalisées au microscope ..... F
Annexe V : températures moyennes, min et max dans le tunnel de l'essai *Choisya ternata* .... G
Annexe VI : hygrométrie dans le tunnel *Choisya ternata* ..... H

Annexe I : schéma de l'Hyménoptère



Insect.org (30/07/2013)

Annexe II : auxiliaires de culture

Figure 43 : photographie larve (haut) et nymphe de coccinelle (haut) (Leray E.)

Figure 44 : photographie *Heterotoma planicormis* adulte (Leray E.)

Figure 45 : photographie de larve(a), pupe (b) et syrphe adulte (c) (Leray E.)

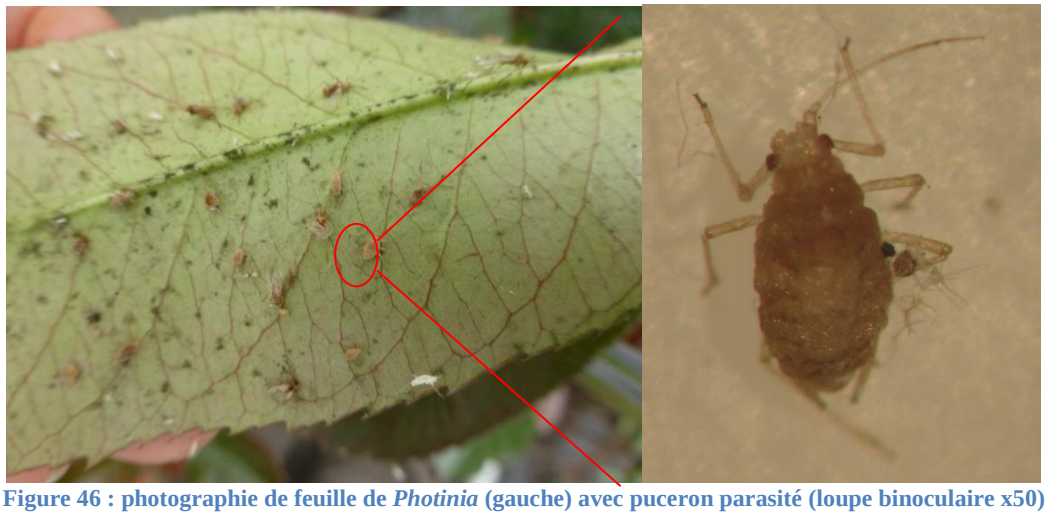


Figure 46 : photographie de feuille de *Photinia* (gauche) avec puceron parasité (loupe binoculaire x50) par un champignon (droite) (Leray E.)

Annexe III : protocole d'identification des parasitoïdes et hyperparasitoïdes

Matériels vivants

Les momies sont récoltées sur chaque espèce de plantes (culture et plantes réservoirs). Un minimum de 24 momies est souhaitable afin d'obtenir un nombre d'émergence optimal.

Clé d'identification des Aphidius sp

A partir d'une recherche bibliographique, plusieurs critères ont été retenus pour définir l'espèce d'*Aphidius*.

Tableau IX : critère de reconnaissance du genre *Aphidius sp*

Aphidius sp	Espèce	
	Synonyme	
	France	
	Source	
	genre	
Antenne	Nombre d'article	Article antenne min rare
		Article min antenne
		Article antenne max
		Article antenne max rare
	Taille F1-F2	Taille F1/F2
		Taille min(L/l)
		Taille max(L/l)
	Coloration	Couleur antenne
		Couleur scape
		Couleur pedicelle
		Couleur F1
		Couleur F2
		Couleur F3
		Couleur F4
	Massue	
		Longueur antennes : atteignent
Abdomen	Pétiole	Pétiole rugueux
		Pétiole min côtes
		Pétiole moyenne
		Pétiole max côtes
Aile	Aile nervures	
	Ptérostigma	Pétrostigma Min(L/l)
		Pétrostigma Max(L/l)
	Radiale	Ailes_Radiales Min(R1/R2)
		Ailes_Radiales Max(R1/R2)
	Ailes Enfumées	
Patte	Métatarse	Métatarse Min(Lp/L)
		Métatarse Max(Lp/L)
Tête	Ratio tentorial	Ratio tentorial Min
		Ratio tentorial Max
	Angle ocellaire	
	Œil	Forme œil
		Soie œil
	Œil/tempe	Œil/tempe Min
		Œil/ tempe Max
	Clypeus	Soie clypeus Min
		Soie clypeus Max
Ensemble		Coloration
	Taille	Taille Min
		Taille Max
	Momies	

Les lignes en rose sont les critères sélectionnés pour identifier les *Aphidius* et créer une clé d'identification simplifiée.

Manipulation

Etape 1 : récolte des momies

Etape 2 : mise en émergence

Etape 3 : identification du genre du parasitoïde ou de l'hyperparasitoïde
Après 8 à 10 jours de mise en émergence, les parasitoïdes présents dans les tubes sont identifiés. Chaque tube est répertorié par la date de prélèvement, la plante et le tunnel. Le nombre de momies ainsi que le nombre émergé sont notés. Grâce à la « Clé des parasitoïdes et hyperparasitoïdes de pucerons d'importance agronomique » de Delvare G. (1989), le genre est déterminé.

Etape 4 : identification de l'espèce d'*Aphidius*
Lorsque le genre *Aphidius* est repéré, la clé simplifiée est utilisée. Les insectes sont observés en entier à la loupe binoculaire : B (x50), puis préparés sur lame et observés au microscope : M (x100).

Tableau X: critères et moyens d'observation des *Aphidius sp*

Ordre d'observation	6	4	1	5	7	8	3	9	2
Moyen d'observation	B M	B (m)	B	B	M	M	B	M	B
Organe observé	Petiole rugueux	Taille F1/F2	Massue	Longueur antennes : atteignent	Taille max(L/l)	Métatarse Max(Lp/L)	Couleur scape	Soie clypeus Max	Nombre article antenne
Codage	0=rugueux; 1=ondulé	0="="; 1=">"	0=non; 1=épaissie	0= fin du pétiole ; 1= milieu de l'abdomen; 2= tout le corps	0="<3" ; 1=">=3"	0="<=2" ; 1=">2"	0= clair; 1= dessous clair; 3= brun	0="<10"; 1=">=10"	0="13-15"; 1="15-20"; 2="20-22"

Les données ont été auparavant enregistrées dans un programme afin d'inscrire le code de l'insecte une fois observé. Le programme donne le pourcentage de concordance avec toutes les espèces répertoriées, leur présence en France et les critères qui ne correspondent pas.

				Pétiole rugueux	Taille F1/F2	Massue	Longueur antennes : atteignent	Taille max(L/l)	Métatarse Max(Lp/L)	Couleur scape	Soie clypeus Max	Nombre article antenne
				0=rugueux; 1=ondulé	0="="; 1=">"	0=non; 1=épaissie	0= fin du pétiole ; 1= milieu de l'abdomen ; 2= tout le corps	0="<3" ; 1=">=3"	0="<=2" ; 1=">2"	0= clair; 1= dessous clair; 3= brun	0="<10"; 1=">=10"	0="13-15";1="15-20";2="20-22"
	Echantillon			1	0	0	1	1	1	1		1
Lancer macro												
Ctrl+R	Concordance	Espèce	Présence en France	Concordance critères/observation								
	100	funebris	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui		oui
	88	equiseticola	non	oui	oui	oui	oui	oui	oui	non		oui
	88	hieraciorum	non	oui	oui	oui	oui	oui	oui	non		oui
	88	ribis	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	non		oui
	88	smithi	non	oui	oui	oui	oui	oui	oui	non		oui
	88	sonchi	oui	oui	oui	oui	oui	oui	non	oui		oui
	88	tanacetarius	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	non		oui
	75	absinthii	oui	oui	oui	oui	oui	non	oui	non		oui
	75	ervi	oui	non	oui	oui	oui	oui	oui	non		oui
	75	megourae	non	oui	oui	oui	non	oui	oui	non		oui
	75	phalangomyzi	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	non		non
	75	rosae	oui	oui	oui	oui	oui	non	non	oui		oui
	75	colemani (transcaspicus	oui	non	oui	oui	oui	oui	oui	non		oui
	75	urticae	oui	oui	oui	oui	non	oui	oui	non		oui
	75	uzbekistanicus	oui	oui	oui	oui	non	non	oui	oui		oui
	63	cinqulatus	oui	oui	non	oui	oui	oui	non	non		oui
	63	eglanteriae	oui	oui	oui	non	oui	oui	oui	non		non
	63	hortensis	oui	oui	oui	oui	oui	oui	non	non		non
	63	matricariae	oui	oui	oui	non	oui	non	oui	oui		non
	63	uroleuci	non	oui	oui	oui	non	oui	non	non		oui
	50	magdae	non	non	oui	oui	non	oui	non	non		oui
	50	picipes	non	non	oui	oui	non	non	oui	non		oui
	50	salicis	oui	oui	oui	non	non	oui	oui	non		non
	50	schimitscheki	non	oui	oui	non	oui	oui	non	non		non
	50	setiger	oui	oui	oui	non	non	oui	oui	non		non
	38	aquilus	oui	oui	oui	non	non	non	non	non		oui
	38	myzocallidis	non	non	oui	oui	non	oui	non	non		non

Figure 47 : image issue du programme de concordance des espèces d'*Aphidius* sp

Annexe IV : photographies des observations réalisées au microscope

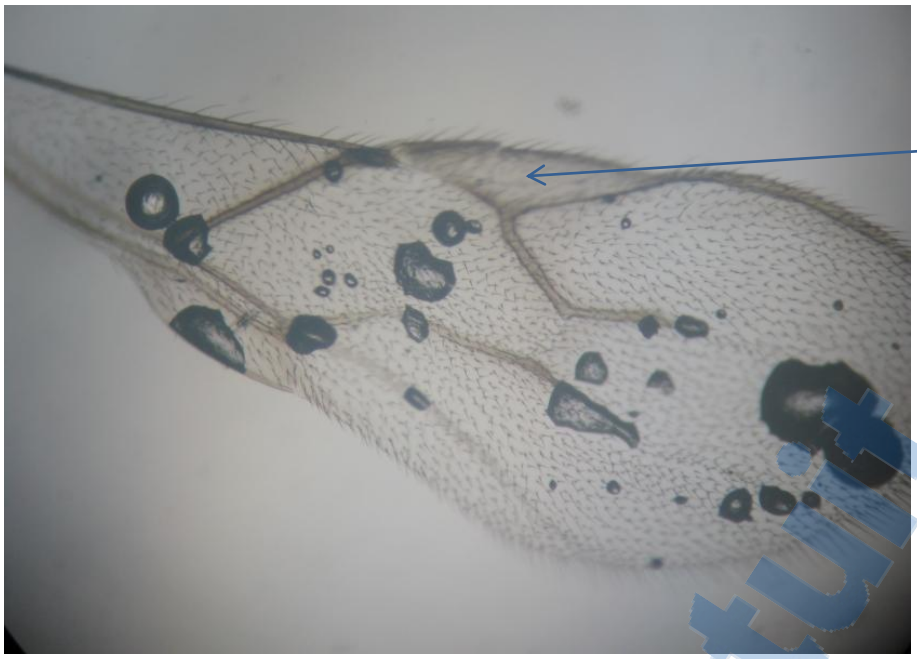


Figure 48 : photographie d'aile antérieure d'un Braconidae observée au microscope (x100) (Leray E.)

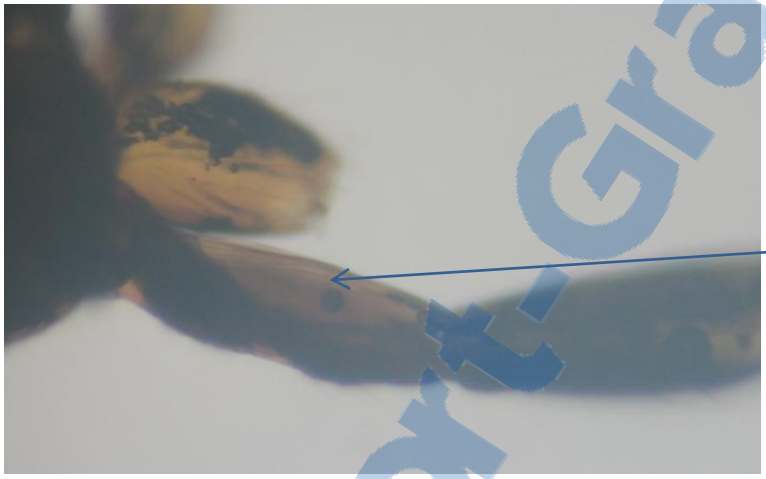
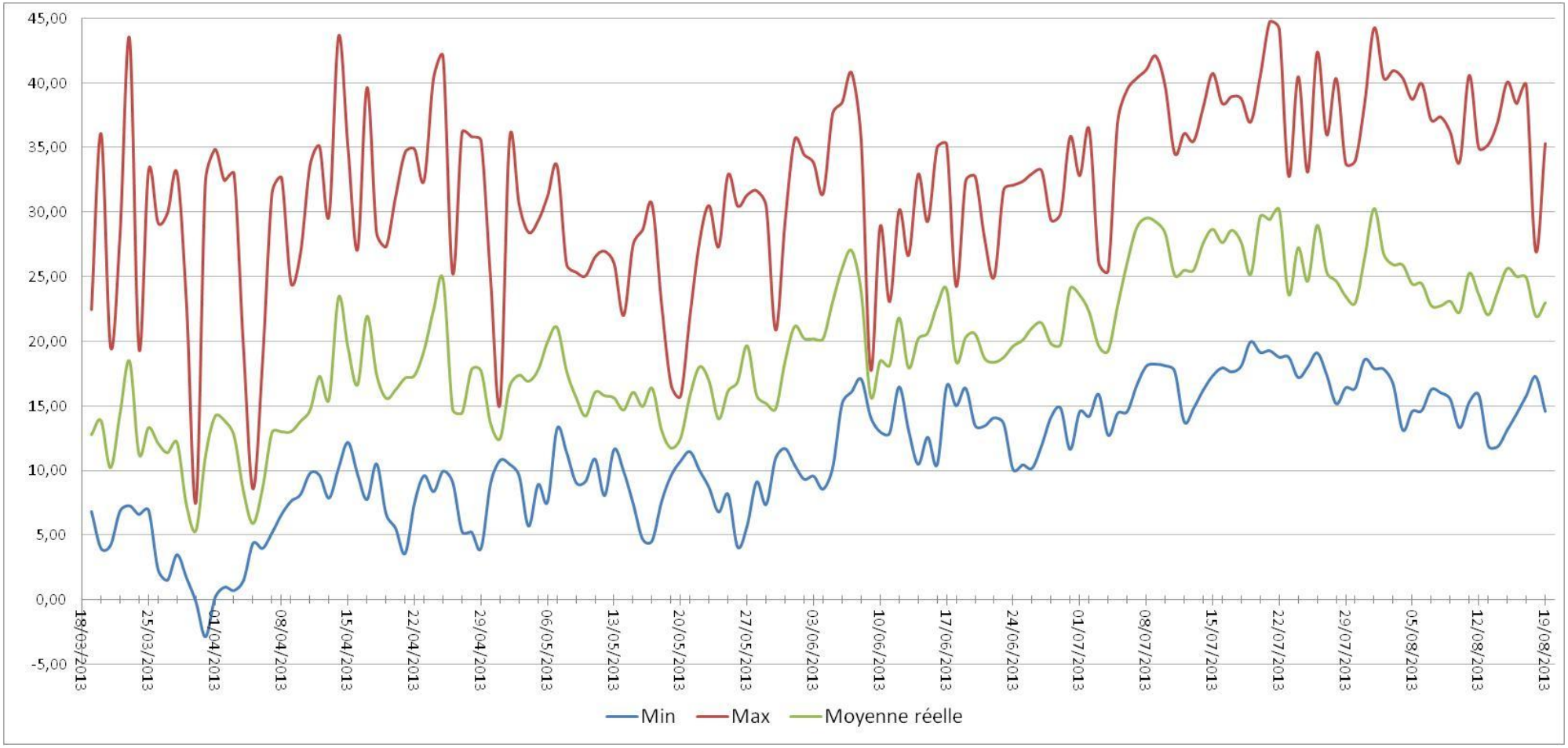


Figure 49 : photographie du pétiole ondulé (costulate) d'un Braconidae observé au microscope (x100) (Leray E.)

Figure 50 : photographie d'une patte de Braconidae observée au microscope (x100) (Leray E.)

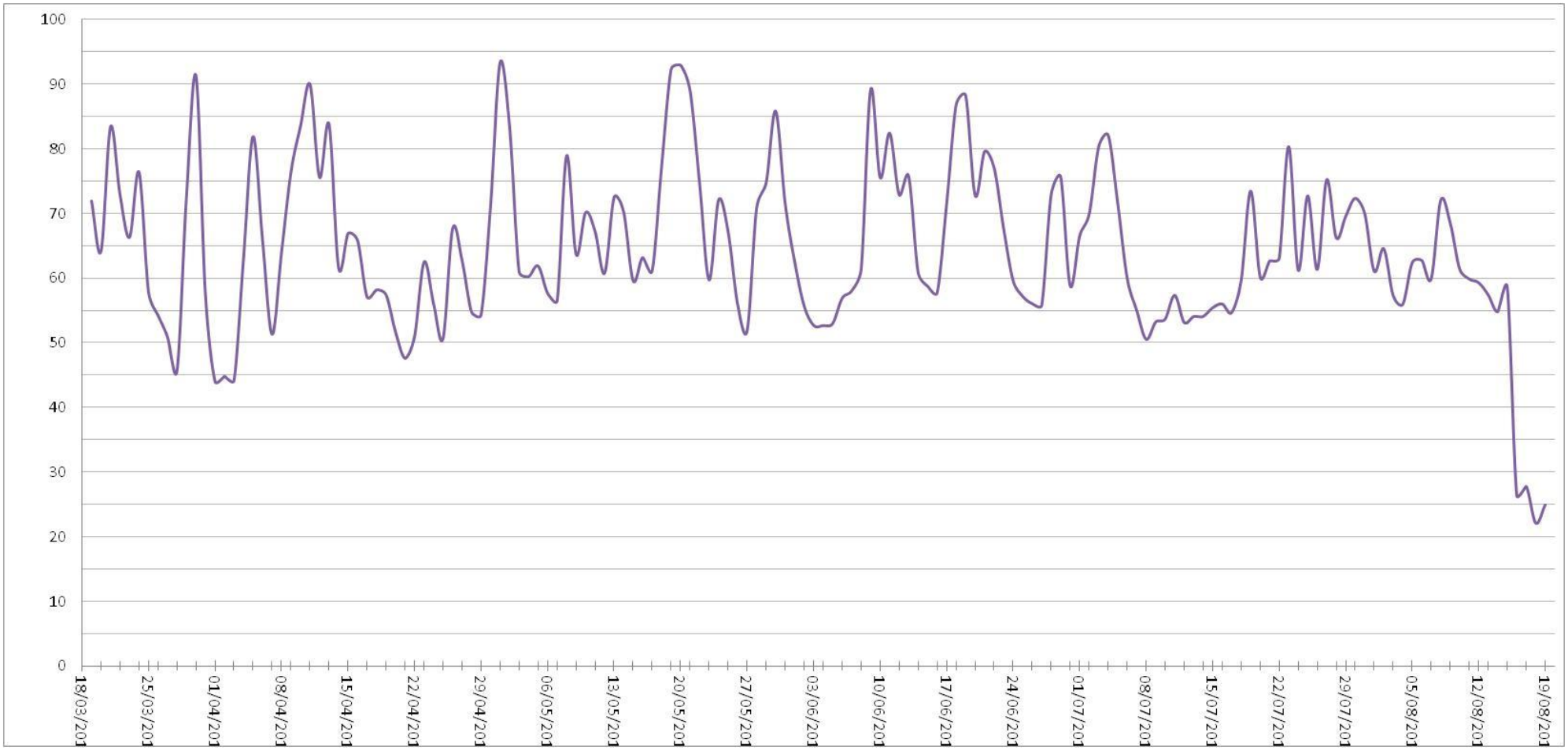
Rapport-Gratuit.com

Annexe V : températures moyennes, min et max dans le tunnel de l'essai *Choisya ternata*



Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Annexe VI : hygrométrie dans le tunnel *Choisya ternata*



	Diplôme / Mention : Master Spécialité :Production et Technologie du Végétal (ProTeV) Parcours : Productions végétales Spécialisées Option : Produits phytosanitaires, réglementation et méthodes alternatives

Auteur(s) :Emilie LERAY Date de naissance* : 14 juin 1990	Organisme d'accueil : Arexhor Pays de la Loire Adresse : 1 rue de Magnolias 49130 Les Ponts de Cé
Nb pages : 31 Annexe(s) : 6	
Année de soutenance :2013	Maître de stage : M. Alain FERRE

Titre français :Protection Intégrée sous abri froid : contrôle des ravageurs des cultures sous tunnel par l'utilisation de plantes réservoirs

Titre anglais : Integrated protection in greenhouse : management of crop pests by using of banker plants.

Résumé (1600 caractères maximum) :

Les solutions disponibles en production pour lutter contre les ravageurs des cultures sous abris diminuent, c'est pourquoi un programme de recherches visant à utiliser les interactions plantes, ravageurs, auxiliaires a été mis en place. A l'arrêt des traitements chimiques, un cortège d'insectes auxiliaires est naturellement présent dans la culture. Afin d'améliorer la qualité de production, l'utilisation de plantes compagnes est de plus en plus étudiée. Dans cet essai, les plantes réservoirs : le *Ribes rubrum* et l'*Asclépia incarnata*, ont été placées dans une culture de *Photinia* sous tunnel afin de lutter contre les pucerons. Leur rôle est d'attirer et de maintenir les auxiliaires prédateurs et parasitoïdes grâce à leurs ravageurs spécifiques qui permettent une présence des proies en continu. Deux modalités ont été comparées, un tunnel contenant des plantes réservoirs et un tunnel témoin non traité. Un relevé des auxiliaires et de ravageurs présents dans chacune des modalités a été réalisé de façon hebdomadaire. Avec un printemps froid et humide en 2013, les auxiliaires et les ravageurs spécifiques ont été présents tardivement sur les *Ribes* et les *Asclepia*. Ainsi, il n'y a pas eu de différence significative sur l'importance des colonies de pucerons sur les *Photinia* entres les deux modalités. Cependant, les plantes réservoirs ont permis d'augmenter la diversité d'auxiliaires et notamment le nombre de syrphes, qui est significativement plus important dans le tunnel plantes réservoirs. La recherche d'indicateurs de contrôle des ravageurs a été aussi un axe de travail afin d'obtenir une méthode fiable et facile pour les producteurs.

Abstract (1600 caractères maximum) :

Solutions available in production fight against crop pests in shelters decreased, so a research program to use interactions between plants, pests and its natural enemies was introduced. At stop of chemical treatment, a procession of beneficial insects is naturally present in the culture. To improve the quality of production, the use of insect beneficial plants is increasingly studied. In this experiment, aphid banker plants: *Ribes rubrum* and *Asclepia incarnata* are put in a *Photinia* culture to fight against aphids. Their role is to attract and retain the auxiliary : predators and parasitoids thanks to the presence of specific pests that allows upkeep of prey. Two methods are compared, a greenhouse with banker plants and untreated control greenhouse. Notations of auxiliary and pests present in each modality are performed weekly. With a cold and wet spring in 2013, the auxiliary and specific pests were present late on *Ribes* and *Asclepia*. Thus, there was no significant difference in the importance of aphid colonies on *Photinias* between methods. However, beneficial insect habitat have increased the auxiliary diversity and the number of hoverflies, which is significantly higher in the banker plants greenhouse. The search for indicators of pest control was also a line of work in order to obtain a reliable and easy method for producers.

Mots-clés : Plantes réservoirs, *Photinia*, *Ribes rubrum*, *Asclepia incarnata*, puceron

Key Words: Banker plants, *Photinia*, *Ribes rubrum*, *Asclepia incarnata,* Aphid

* *Elément qui permet d'enregistrer les notices auteurs dans le catalogue des bibliothèques universitaires*