



HAL
open science

Vers des pratiques durables en pépinière: contrôle des populations de ravageurs par l'utilisation de plantes fleuries. Contrôle des adventices en pleine terre par la mise en place d'enherbement

Célestin Faruel

► **To cite this version:**

Célestin Faruel. Vers des pratiques durables en pépinière: contrôle des populations de ravageurs par l'utilisation de plantes fleuries. Contrôle des adventices en pleine terre par la mise en place d'enherbement. Sciences agricoles. 2012. dumas-00755233

HAL Id: dumas-00755233

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-00755233v1>

Submitted on 20 Nov 2012

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



AGROCAMPUS OUEST

CFR Angers
2, rue André Le Nôtre
49045 ANGERS Cedex 01
Tél : 02 41 22 54 54

Ets Emmanuel Lepage

Chemin de la Fontaine, Rue des Perrins,
49130, Les Ponts de Cé
Tél : 02 41 44 93 51

Mémoire de Fin d'Études

**Diplôme d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences
Agronomiques, Agroalimentaires, Horticoles et du Paysage ***

Année universitaire : 2011-2012

Spécialisation ou option : Horticulture - Gestion Durable du Végétal (GDV)

Vers des pratiques durables en pépinière

- Contrôle des populations de ravageurs par l'utilisation de plantes fleuries
- Contrôle des adventices en pleine terre par la mise en place d'enherbement.

Par : Célestin Faruel

*Volet à renseigner par l'enseignant responsable de l'option/spécialisation**

définitive)

Bon pour dépôt (version

Date :/...../..... Signature :
Non

Autorisation de diffusion : Oui

Devant le jury :

Soutenu à Angers, Le 10/10/21012

Sous la présidence de* : Jean-Charles MICHEL

Maître de stage* : Jean Yves RUELLE

Enseignant référent : Yann TRICAULT

Autres membres du jury : Josiane LE CORFF, Eric DUCLAUD

"Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent que la responsabilité de son auteur et non celle d'AGROCAMPUS OUEST".

Fiche de diffusion du mémoire

Préciser les limites de la confidentialité ⁽²⁾ :

➤ Confidentialité absolue : oui non

(ni consultation, ni prêt)

↙ Si oui 1 an 5 ans 10 ans

➤ A l'issue de la période de confidentialité **ou** si le mémoire n'est pas confidentiel,

Merci de renseigner les éléments suivants :

Référence bibliographique diffusable⁽³⁾ : oui non

Résumé diffusable : oui non

Mémoire consultable sur place : oui non

Reproduction autorisée du mémoire : oui non

Prêt autorisé du mémoire : oui non

.....

Diffusion de la version numérique du résumé : oui non

↙ Si oui, l'auteur⁽¹⁾ complète l'autorisation suivante :

Je soussigné(e) _____, propriétaire des droits de reproduction dudit résumé, autorise toutes les sources bibliographiques à le signaler et le publier.

Date :

Signature :

Rennes/Angers, le

Le maître de stage⁽⁴⁾,

L'auteur⁽¹⁾,

L'enseignant référent,

(1) auteur = étudiant qui réalise son mémoire de fin d'études

(2) L'administration, les enseignants et les différents services de documentation d'AGROCAMPUS OUEST s'engagent à respecter cette confidentialité.

(3) La référence bibliographique (= Nom de l'auteur, titre du mémoire, année de soutenance, diplôme, spécialité et spécialisation/Option)) sera signalée dans les bases de données documentaires sans le résumé.

(4) Signature et cachet de l'organisme.

Remerciements :

Je tiens particulièrement à remercier l'ensemble du personnel des pépinières Lepage, et plus particulièrement Jean Yves Ruelle et Christian Crépin, pour m'avoir accueilli au cours de mes 3 années d'apprentissage, et m'avoir permis de réaliser mon mémoire de fin d'étude dans les meilleures conditions possibles.

Je remercie également Yann Tricault, qui m'a beaucoup aidé dans la mise en œuvre de cette étude. Mes remerciements vont également à Madame Josiane LeCorff, qui nous a particulièrement aidé à définir un sujet dans un contexte urgent.

Table des matières

Présentation de l'entreprise et de son contexte économique	
Présentation de l'entreprise	1
Contexte économique : marché de la plante vivace à destination du paysage	1
Introduction	2
Partie I : Utilisation d'enherbements pour limiter le recours aux désherbants sur des cultures de pieds mères de pleine terre.	4
I.1. Introduction	4
I.2. Synthèse bibliographique sur l'enherbement	
I.2.1 Impact des Adventices sur les cultures, stratégies de gestion.	5
I.2.2 Intérêts et limites à l'utilisation d'enherbements.	6
Impact de l'enherbement sur le développement des adventices	6
Impact de l'enherbement sur les propriétés du sol	6
Limites à l'utilisation d'enherbements	7
I.3 Matériel et méthodes	
Matériel technique	8
Dispositif expérimental et modalités	8
Variables mesurées	8
Traitement statistique	9
I.4 Résultats	
I.4.1 Installation de l'enherbement	10
I.4.2 Concurrence vis-à-vis des adventices	11
I.4.3 Qualité des pieds mères	11
I.4.4 Coûts de mise en œuvre :	12
I.5 Discussion	13
I.6 Conclusion	13
Partie II : Mise en place de plantes fleuries pour favoriser le maintien des populations d'auxiliaires.	
II.1 Introduction	15
II.2 Bibliographie	
II.2.1 Les Pucerons	
Généralités	16
Morphologie	16
Cycle de vie :	16
Comportement de recherche et de dispersion	17
Dégâts	17

II.2.2 Auxiliaires des pucerons	
Les Coccinelles	18
Les Hémiptères	18
Les Névroptères	19
Les Cécidomyies aphidiphages	19
Les Syrphes	20
Les Hyménoptères parasitoïdes	21
II.2.3 Apports de ressources florales dans une stratégie de lutte par conservation	
Lutte par conservation	22
Prédateurs omnivores aux stades adultes	22
Auxiliaires floricoles aux stades adultes	22
Limites à l'utilisation de plantes fleuries	23
II.3 : Matériel et méthodes	
Matériel technique et végétal:	25
Dispositif expérimental et modalités	25
Variables mesurées	25
Traitement statistique	26
II.4 : Résultats de l'essai :	26
II.4.1 Floraison des plantes fleuries	26
II.4.2 Présence de pucerons :	26
II.4.3 Effet de la présence de plantes fleuries sur le nombre de prédateurs pour 100 pucerons	27
II.4.4 Effet de la présence de plantes fleuries sur le nombre de parasitoïdes pour 100 pucerons	28
II.4.5 Évolution des populations de pucerons, prédateurs et parasitoïdes	28
II.5 Discussion	29
II.6 Conclusion	31
Partie III : Synthèse et perspectives	
Discussion	32
Conclusion	33

Glossaire et liste d'abréviations

AMM : Autorisation de mise en marché pour les produits phytosanitaires

MPS : Certification environnementale en horticulture développée par la Hollande

Plante bleue : Certification environnementale en horticulture développée par la France

Dioécique : Cycle de vie s'effectuant sur deux ou plusieurs plantes

Monoécique : Cycle de vie s'effectuant sur une seule plante

Parthénogénèse : Reproduction asexuée donnant naissance à des clones

Aphidiphage : Se dit d'un organisme qui consomme des pucerons

Liste des annexes

Annexe I – Situation du site de réimplantation des pépinières Lepage	39
Annexe II – Itinéraire technique pour la production d'un Geranium vivace multiplié par division	40
Annexe III – Plan du site actuel des pépinières Lepage	41
Annexe IV – Analyse des sols du site actuel des Pépinières Lepage (Petite Fontaine).	42 et 43
Annexe V – Relevé des données de l'essai sur les enherbements	44
Annexe VI – Aspect des enherbements par modalité	45
Annexe VII – Analyse des sols du futur site d'implantation des Pépinières Lepage (Sorges)	46
Annexe VIII – Principaux ravageurs des vivaces	47 et 48
Annexe IX – Feuille vierge de relevé des auxiliaires	49
Annexe X – Données retravaillées pur l'analyse statistique sur les plantes fleuries	50 et 51
Annexe XI – Script utilisé sous R	52

Liste des illustrations

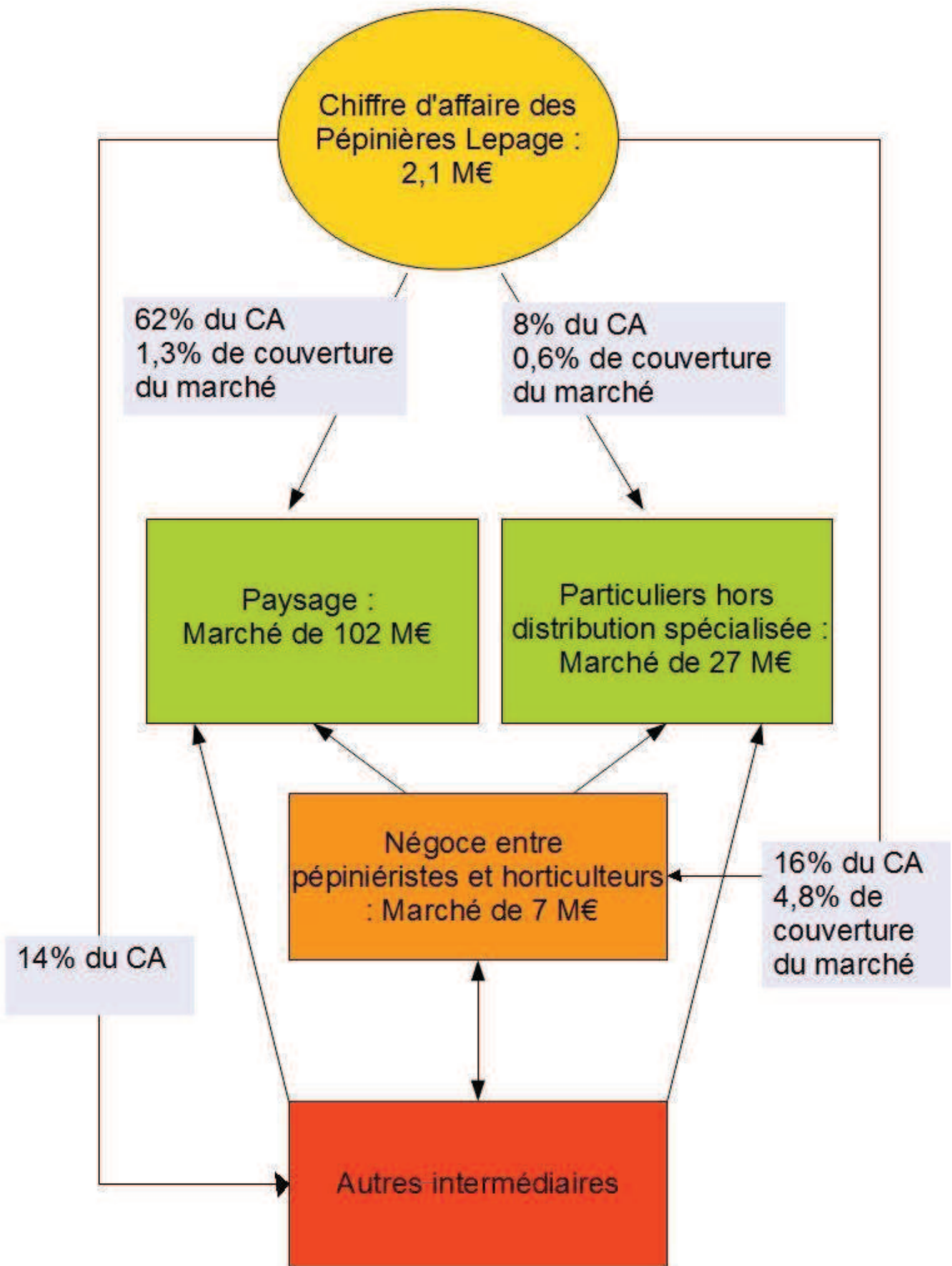
Figures :

1 – Répartition du chiffre d’affaire des pépinières Lepage et de leurs parts de marché sur la saison 2011/2012.	1
2 – Évolution de la consommation de produits phytosanitaires en France.	2
3 – Principales substances actives détectées dans les cours d’eau en France métropolitaine en 2010	2
4 – Préparation du terrain et culture en pleine terre de pieds mères destinés à la division.	4
5 – Répartition des volumes (en g ou mL) de substances actives dés herbantes utilisées selon leur usage sur la saison 2010/2011 au sein des pépinières Lepage.	4
6 – Répartition des volumes (en g ou mL) de substances actives dés herbantes utilisées par substance, sur la saison 2010/2011, au sein des pépinières Lepage.	4
7 – Schéma du dispositif d’essais sur les enherbements.	8
8 – Boîte de dispersion du % de recouvrement par l'enherbement, par modalité et par date de notation.	10
9 – Boîte de dispersion du % de recouvrement par les adventices, par modalité et par date de notation.	11
10 – Répartition des populations d'adventices en % moyen du recouvrement total par les adventices .	11
11 – Développement de colonies de pucerons à cycles dioécique et monoécique.	17
12 – Schéma représentatif de la morphologie d’un puceron.	17
13 – <i>Aphis nerii</i> et <i>Macrosiphum albifrons</i> .	17
14 – Cycle de vie d’une coccinelle	18
15 – Coccinelle adulte.	18
16 – Nymphe de coccinelle	18
17 – Cycle de vie d’une punaise prédatrice.	18
18 – <i>Anthocoridae</i> aspirant un <i>Aphis nerii</i> .	18
19 – Cycle de vie d’une Chrysope.	19
20 – Larve de Chrysope et restes d’un <i>Macrosiphum albifrons</i> consommé.	19
21 – Nymphe de Chrysope.	19

22 – Cycle de vie d’une Cécidomyie.	19
23 – Larve de Cécidomyie et restes d’un puceron.	19
24 – Cycle de vie d’une Syrphe.	20
25 – Larve d’ <i>Episyrphus balteatus</i> et larve de syrpe non identifiée.	20
26 – Pupa de Syrpe.	20
27 – Syrphes adultes.	20
28 – Cycle de vie d’un endoparasitoïde de puceron	21
29 – Momies de pucerons.	21
30 – Cycle de vie d’un ectoparasitoïde de chenille	21
31 – Hyménoptères (<i>Chalcidoidea</i>)	21
32 – Hyménoptères (<i>Ichneumonoidea</i>)	21
33 – Schéma du dispositif de l’essai sur l’utilisation de plantes fleuries.	25
34 – Nombre de pucerons moyen par plante (<i>Asclepias</i>) selon la modalité présence ou absence de plantes fleuries.	26
35 – Nombre de prédateurs pour 100 pucerons selon la modalité présence ou absence de plantes fleuries.	27
36 – Nombre d’observations par type de prédateur en fonction de la présence de plantes fleuries.	27
37 – Nombre de parasitoïdes pour 100 pucerons selon la modalité présence ou non de plantes fleuries.	28
38 – Dynamique des populations de pucerons, prédateurs et parasitoïdes en absence de plantes fleuries.	29
39 – Dynamique des populations de pucerons, prédateurs et parasitoïdes en présence de plantes fleuries.	29

Tableaux :

I – Principales adventices de pleine terre au sein des pépinières Lepage.	5
II – Périodes de levées des principales adventices annuelles en grandes cultures et cultures qui leurs sont favorables.	5
III – Intérêts et limite à l'utilisation de quelques espèces de graminées pour la mise en place d'enherbements.	6
IV – Composition des modalités d'enherbements testées.	8
V – Comparatif des coûts de mise en œuvre d'enherbement selon le matériel utilisé.	12
VI – Coûts liés au désherbage chimique des pieds mères.	12
VII – Comparatif des principaux avantages et inconvénients liés à l'utilisation d'enherbement ou à la gestion des adventices par désherbage chimique.	13
VIII – Produits utilisés au cours de la saison 2010/2011 pour lutter contre les ravageurs.	15
IX – Auxiliaires utilisés au cour de la saison 2010/2011.	15
X – Principaux auxiliaires des pucerons.	17
XI – Possibilités de parasitisme des principaux groupes de parasitoïdes.	21
XII – Effet de l'apport de plantes fleuries sur les principaux auxiliaires omnivores au stade adulte	22
XIII – Ressources florales citées dans la littérature comme ayant eu un impact positif sur la dynamique des populations d'auxiliaires.	22
XIV – Plantes utilisées comme support pour le développement de colonies de pucerons.	25
XV – Plantes utilisées comme ressources florales.	25
XVI–Auxiliaires relevés dans le cadre de l'essai.	25
XVII – Floraison des ressources florales au cours de l'essai.	26
XVIII – Descriptif des données sur le nombre moyen de pucerons par plante.	26
XIX – Descriptif des données pour le nombre de prédateurs pour 100 pucerons.	27
XX – Descriptif des données pour le nombre de parasitoïdes pour 100 pucerons.	28



1 – Répartition du chiffre d'affaire des pépinières Lepage et de leurs parts de marché sur la saison 2011/2012. (Faruel C.)

Présentation de l'entreprise et de son contexte économique :

Présentation de l'entreprise

Les pépinières Lepage ont été créées il y a plus de 50 ans par Emmanuel Lepage à Angers. Depuis, Luc-André Lepage, puis Christian Crépin à partir de 2003, lui ont succédé et la pépinière a été déplacée sur la commune des Ponts de Cé.

L'entreprise produit chaque année près de 1,5 million de plantes vivaces commercialisées en godets, réparties à travers une gamme de 2500 espèces et variétés. Elle emploie une vingtaine de personnes et réalise pour la saison 2011/2012, un chiffre d'affaire de 2,1 M€. La production est principalement destinée au marché du paysage, marché sur lequel l'entreprise réalise 62% de son chiffre d'affaire (voir Fig. 1).

Les pépinières Lepage ont connu un fort développement ces 10 dernières années. Sur les 3 dernières années, ce développement s'est ralenti du fait des capacités limitées de l'outil de production.

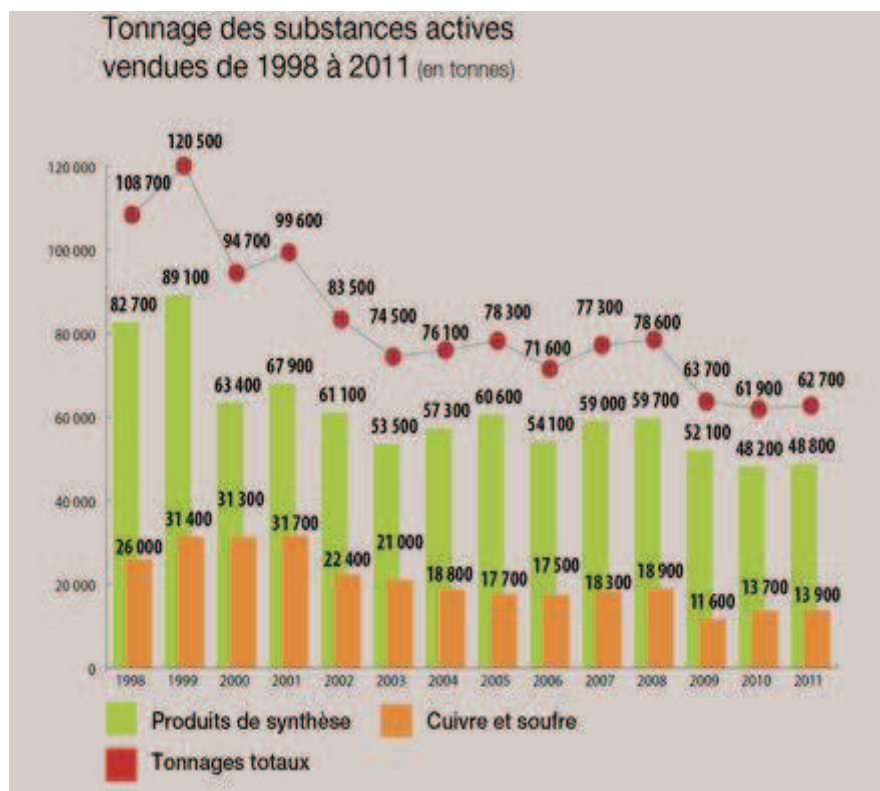
Contexte économique : marché de la plante vivace à destination du paysage

Les vivaces utilisées par les paysagistes sont essentiellement en godet, et depuis quelques années en conteneur de 1 à 2,5L, ce qui explique l'augmentation en valeur des ventes de plantes vivaces (France Agrimer, 2010).

La fourniture de végétaux au marché du paysage représente 1,13 milliard d'euros (données UNEP 2011 et France Agrimer 2011). Près de 90% des paysagistes disent utiliser des vivaces, pour un montant représentant 10% de la valeur de leurs achats en végétaux (Antoine, Bost, Charmetant et Soulie, 2012).

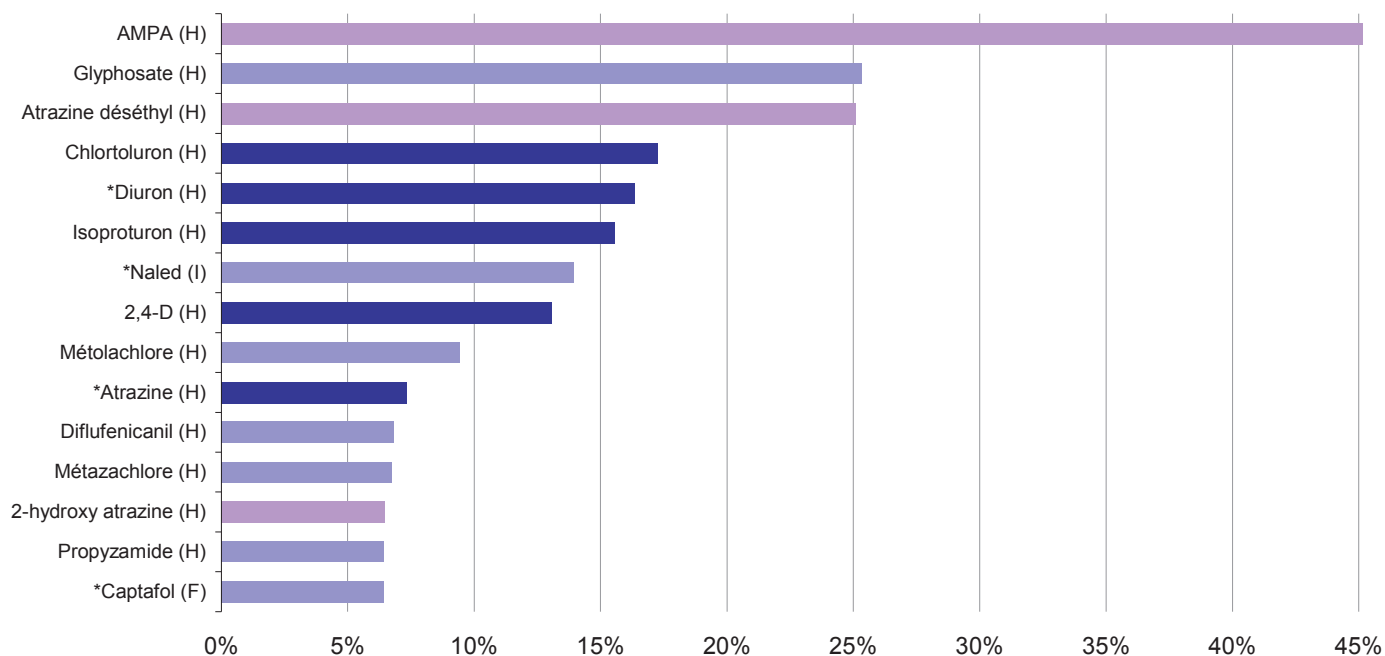
En recoupant les informations délivrées par les différentes études sur les végétaux d'extérieur et sur le marché du paysage, on peut estimer que l'utilisation de vivaces par le marché du paysage en France représente près de 102 millions d'euros de chiffre d'affaire.

A l'image du secteur global de l'horticulture, la balance commerciale de la plante vivace en France est largement déficitaire (Eurostats, 2007). Les producteurs Français bénéficient donc potentiellement de la possibilité de reconquérir des parts de marché vis à vis de l'importation.



2 – Évolution de la consommation de produits phytosanitaires en France. (Données Eurostats/ECPA 2010).

Les pesticides les plus quantifiés dans les cours d'eau de métropole en 2010 (en % d'analyses quantifiées de la substance)



Note : * molécules interdites ; en violet : les métabolites ; en bleu foncé : les substances dotées de normes de qualité environnementale (NQE).

H : Herbicide ou son résidu, I : Insecticide, F : Fongicide

Sources : agences de l'eau.

Traitements : SOeS.

3 – Principales substances actives détectées dans les cours d'eau en France métropolitaine en 2010 (% des analyses où la substance est détectée). (Ministère de l'Agriculture).

Introduction

Depuis plusieurs décennies, les pesticides se sont imposés dans la plupart des systèmes de culture afin de lutter contre les organismes nuisibles aux cultures. Leur efficacité remarquable et la simplicité de leur mise en œuvre ont permis à l'agriculture moderne d'atteindre des rendements élevés pour un coût de production maîtrisé. Aujourd'hui, la France est le 4ème consommateur de produits phytopharmaceutiques au niveau mondial, et utilise en moyenne 3,2 Kg de matières actives par hectare de terre cultivable (UIPP, Eurostats/ECPA, 2010). Cette consommation est cependant en recul depuis quelques années, comme l'indique la figure 2.

Malgré leur efficacité, l'utilisation de ces produits est de plus en plus décriée, du fait de leur toxicité pour l'environnement et de leur impact sur la santé humaine. En effet, les substances actives des produits phytopharmaceutiques sont aujourd'hui disséminées dans l'air, l'eau le sol et se retrouvent dans l'alimentation. Leur persistance dans les cours d'eau et les nappes souterraines peut entraîner une augmentation de la concentration en matière active, jusqu'à rendre l'eau impropre à la consommation. En 2007, en France métropolitaine, des pesticides étaient détectés dans 91% des stations de mesure en eaux superficielles et 59% en eaux souterraines (SOES, 2010). La figure 3 présente les principales substances actives et leurs produits de dégradation présents dans les cours d'eau Français.

Par ailleurs, il est aujourd'hui admis qu'une exposition répétée à ces substances actives favorise l'apparition de cancers et de divers troubles (neurologiques, reproductifs, système endocrinien, immunitaire, ophtalmologiques...).

Face à ces conséquences auparavant insoupçonnées, la société actuelle souhaite s'orienter vers une agriculture plus respectueuse de l'environnement et des hommes. Cette attente se traduit aujourd'hui par diverses mesures ayant pour but la diminution de l'utilisation des produits phytosanitaires tout en maintenant un niveau de performance agricole élevé : Directive cadre sur l'eau, Plan écophyto 2018, Plan Végétal Environnement, retraits de substances actives, durcissement des conditions d'obtention d'autorisation de mise en marché de nouvelles substances actives (AMM), formation des applicateurs de produits phytosanitaires, développement d'indicateurs de prévision des risques...

Les consommateurs souhaitent également être des acteurs directs de cette évolution, en ayant la possibilité de comparer l'impact des produits sur l'environnement. Ceci se concrétise en horticulture ornementale par la mise en place de certifications telles que MPS et Plante Bleue, qui sont de plus en plus amenées à être des critères de sélection pour l'obtention de marchés publics (éco-conditionnalité).

Les pépinières Lepage participent depuis quelques années à la certification MPS (développée par les producteurs Hollandais) et obtiennent la note A depuis sa mise en place. Plante bleue correspond à la certification française « haute valeur environnementale » appliquée à l'horticulture ornementale. Cette certification semble être plus représentative de l'engagement des entreprises que la certification MPS. Comme pour MPS, cette certification s'appuie sur les volumes d'intrants utilisés (eau, phytos, carburants...), mais nécessite pour les responsables de production ou les employés de justifier de leurs capacités à prendre une décision en s'appuyant sur leur formation et diverses méthodes d'évaluation et d'outils d'aides à la décision. Elle nécessite également de s'engager dans une démarche d'amélioration continue des pratiques. Par ailleurs, cette certification intègre la prise en compte de l'environnement de l'entreprise : connaissance des différentes zones du site de production et prise en compte dans le fonctionnement de l'entreprise, mise en place de dispositifs végétalisés...

La mise en place du Plan Végétal Environnement s'accompagne d'une liste de communes où les enjeux de reconquête de la qualité des eaux sont considérés comme prioritaires. La commune des Ponts de Cé, sur laquelle se situe le site actuel des pépinières Lepage est ainsi classée en zone de priorité 1.

Actuellement engagée dans une procédure d'expropriation, l'entreprise sera réinstallée sur la commune de Sorges, faisant partie des Ponts de Cé, sur une zone proche des cours d'eau (Fosse de Sorges, Authion) (voir l'Annexe I) et sur des terrains essentiellement sableux susceptibles d'être soumis à d'importants phénomènes de lessivage.

Les démarches permettant le commencement des travaux sont actuellement en attente de validation du dossier d'installation par la police de l'eau, qui pourrait éventuellement interdire l'utilisation de produits phytosanitaires sur le site.

Face aux exigences des certifications environnementales, notamment Plante Bleue, à laquelle les pépinières Lepage devraient adhérer dans les années à venir, face également aux risques de pollutions de l'eau sur le futur site de production et aux éventuelles restrictions de la police de l'eau, et enfin face à une législation amenée à se durcir ; les pépinières Lepage ont souhaité réfléchir à une conception de l'outil de production et à des méthodes permettant de réduire, voir de se passer, de l'utilisation de produits phytosanitaires sur leur futur site de production. Il s'est donc posé la problématique suivante : **Quels moyens mettre en œuvre pour réduire l'utilisation de produits phytosanitaires sur le futur site des pépinières Lepage ?**

Des études précédentes sur la durabilité de l'entreprise, réalisées dans le cadre de mon apprentissage, ont mis en évidence les principales utilisations de produits phytosanitaires et les principaux leviers d'actions possibles pour diminuer leur utilisation. Nous avons donc décidé d'orienter ce mémoire de fin d'étude sur deux axes :

⇒ **L'utilisation d'enherbements pour limiter le recours aux désherbants sur des cultures de pieds mères de pleine terre.**

Les objectifs de cet essai seront de conduire une culture de pieds mères de pleine terre, destinés à la division, sans intervention chimique pour désherber les passe-pieds. Cette technique devra permettre de contrôler efficacement les adventices sans engendrer de perte de qualité pour les pieds mères, tout en maintenant des coûts de production raisonnables.

⇒ **La mise en place de plantes fleuries pour favoriser le maintien des populations d'auxiliaires.**

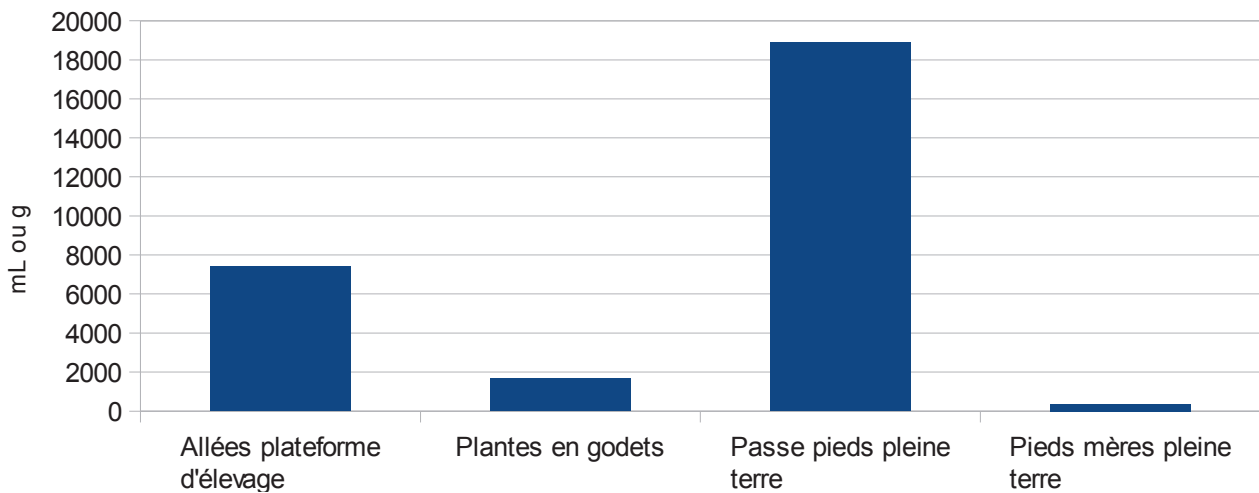
On cherchera ici à mener à bien des cultures de vivaces en godets sans intervention chimique vis à vis de leurs ravageurs. Les plants devront être de bonne qualité afin d'être commercialisables, en maintenant les populations de ravageurs à un seuil de nuisibilité acceptable.

Ce mémoire de fin d'étude traitera de ces deux axes séparément, d'abord des enherbements, puis de l'utilisation de plantes fleuries. Pour chacun des axes, la réponse à la problématique s'appuiera sur un état des lieux des pratiques, puis sur une synthèse bibliographique. Les essais mis en place permettront ensuite d'estimer, à travers l'analyse des résultats, la discussion et les conclusions de l'intérêt des pratiques dans la situation précise des pépinières Lepage.

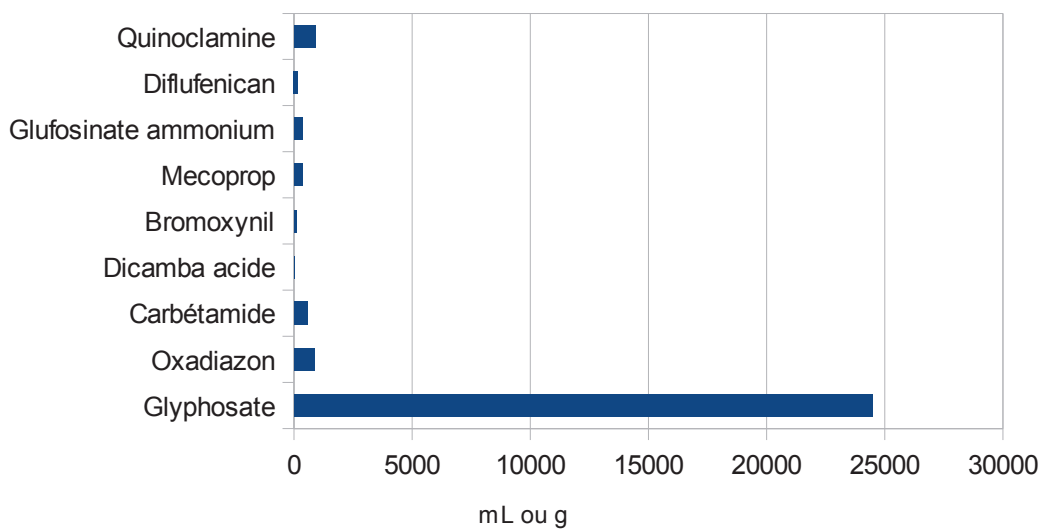
Pour finir, une conclusion générale fera le point sur les perspectives d'utilisation de ces techniques et sur leur intérêt pour l'entreprise.



4 – Préparation du terrain et culture en pleine terre de pieds mères destinés à la division.
(Pépinières Lepage).



5 – Répartition des volumes (en g ou mL) de substances actives désherbantes utilisées selon leur usage sur la saison 2010/2011 au sein des pépinières Lepage (Vivaces, 12 ha). (Faruel C).



6 – Répartition des volumes (en g ou mL) de substances actives désherbantes utilisées par substance, sur la saison 2010/2011, au sein des pépinières Lepage. (Vivaces, 12 ha) (Faruel C).

Partie I : Utilisation d'enherbements pour limiter le recours aux désherbants sur des cultures de pieds mères de pleine terre.

I.1. Introduction

Afin d'assurer le cycle de production de la gamme de plantes proposée par les pépinières Lepage, il est nécessaire de planter et entretenir un important parc de pieds mères sur lesquels seront prélevés des boutures, ou qui seront arrachés afin d'être divisés (voir l'itinéraire technique d'une plante de division en annexe II).

Les pieds mères destinés au bouturage sont plantés sur bâche biodégradable pour une durée moyenne de 3 ans. Les pieds mères destinés à la division sont également plantés sur bâche biodégradable mais pour une durée de 1 à 2 ans seulement.

Chaque rang de plantation est séparé par un « passe-pieds » de 70 cm (voir illustration, Fig. 4).

Le désherbage des passe-pieds représente la principale source d'utilisation de désherbants de synthèse (Fig. 5). En effet les passe-pieds sont désherbés 2 à 3 fois par an avec du glyphosate, qui représente l'essentiel des substances actives utilisées (Fig. 6) et qui permet d'assurer un contrôle efficace des adventices sur l'inter rang.

Les autres utilisations de désherbants concernent le désherbage des allées de la plate forme d'élevage, et dans une moindre mesure, le passage d'un anti-germinatif sur une partie des plantes en godets, le désherbage des cultures de graminées avec un anti-dicotylédones, ainsi que l'entretien des abords de la pépinière (voir le plan de la pépinière en Annexe III).

Les pieds-mères mères proprement dits ainsi que les plantes en godets sont désherbées manuellement.

Sur le futur site de production des pépinières Lepage, les allées de la plateforme d'élevage de plantes en godets devraient être constituées de matériaux empêchant les adventices de s'y installer.

Seuls les passe-pieds des cultures de pieds mères en pleine terre constituent donc un véritable enjeu en terme de réduction de l'utilisation de désherbants. Cette partie traitera donc de la problématique suivante : **L'enherbement des passe-pieds de culture de pieds-mères peuvent ils permettre de se passer de désherbants ?**

La réponse apportée à cette problématique s'appuiera dans un premier temps sur une synthèse bibliographique sur les adventices et sur l'intérêt des enherbements afin de limiter leur développement. Enfin, la mise en œuvre d'essais d'enherbements et leur analyse, ainsi que l'analyse des coûts liés à cette mise en place permettra de jauger leur intérêt au sein des pépinières Lepage.

Amaranthus hybridus	Polygonum aviculare
Capsella rubella	Polygonum lapathifolium
Chenopodium album	Portulaca oleracea
Cirsium arvensis	Rumex crispus
Conyza canadensis	Senecio vulgaris
Digitaria sanguinalis	Solanum nigrum
Fallopia convolvulus	Sonchus arvensis
Geranium dissectum	Stellaria media
Malva neglecta	Trifolium repens
Matricaria perforata	Urtica dioïca
Poa annua	Veronica persica

I – Principales adventices de pleine terre au sein des pépinières Lepage. (Faruel C).

Tableau 2 - Périodes de levée et cultures affectées de la flore adventice annuelle

	PÉRIODES DE LEVÉE				PRINCIPALES CULTURES AFFECTÉES					
	automne	hiver	printemps	été	céréales & féverole	lentilles, pois chiche,...	trèfle, luzerne	soja	tournesol	maïs
Graminées annuelles										
Vulpin des champs	●	●	●		●	—				
Bromes	●	●	●		●	●				
Avoine folle	●	●	●		●	●				
Pâturin annuel	●	●	●	●	●	●	●			
Phalaris paradoxal	●	●	●		●	●				
Ray-grass d'Italie	●	●	●	●	●	●	●			
Digitaire sanguine			●	●			●	●	●	●
Panic pied-de-coq			●	●			●	●	●	●
Sétaires			●	●			●	●	●	●
Dicotylédones annuelles										
Gailler gratteron	●	●	(●)		●					
Véronique à f. de lierre	●	●	(●)		●					
Véronique des champs	●	●	(●)		●	●	—			
Pensée des champs	●	●	(●)		●	●	—			
Anthémis et matricaires	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Capselle bourse-à-pasteur	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Pavot coquelicot	●	●	●	●	●	●	—			
Moutarde des champs	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Rapistre rugueux	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Ravenelle	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Véronique de Perse	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Euphorbe réveil-matin	●	●	●	●	●	●	—			
Géranium disséqué	●	●	●	●	●	—	—	—	—	—
Ammi élevé	●		●	●	—	●				
Renouée liseron		(●)	●	●	—	●		—		
Renouée des oiseaux		(●)	●	●	—	●	—		—	
Chénopode blanc			●	●		—		●	●	●
Arroche étalée			●	●		—		●	●	●
Mercuriale annuelle	(●)		●	●				●	●	●
Renouée persicaire			●	●				●	●	●
Renouée à fe. de patience			●	●				●	●	●
Morelle noire				●				●	●	●
Amarante réfléchie et A. hybride				●				●	●	●
Datura stramoine				●				●	●	●
Lampourde à gros fruits				●				●	●	●

● : présence régulière (●) : levées possibles mais négligeables — : présence dans la culture possible mais rare ou en faible quantité

II – Périodes de levées des principales adventices annuelles en grandes cultures et cultures qui leurs sont favorables. (Rodriguez A., 2005).

I.2. Synthèse bibliographique sur l'enherbement

I.2.1 Impact des Adventices sur les cultures, stratégies de gestion.

Les herbes adventices sont considérées comme nuisibles principalement à cause de la compétition qu'elles exercent sur la culture vis-à-vis de la lumière, des minéraux et de l'eau (Doré et al., 2006). Elles peuvent être préjudiciables même à faible densité car en montant à graine, elles conduisent à une augmentation du stock semencier du sol, « réserve » de semences d'adventices susceptibles de lever les années suivantes.

On peut distinguer deux types de dégâts liés au développement d'adventices :

- Nuisibilité primaire : perte de rendement, perte de qualité, diminution du débit de chantier (récolte, arrachage...).
- Nuisibilité secondaire : Refuge pour certaines maladies ou parasites de la culture, augmentation du stock de semences du sol.

Les adventices annuelles et bisannuelles représentent l'essentiel des espèces d'adventices des cultures et se multiplient généralement par voie sexuée. Les adventices vivaces quant à elles peuvent généralement se multiplier par reproduction sexuée ou végétative (fragments de rhizomes, racines...), ce qui rend leur gestion difficile en cas de fortes infestations.

Les productions horticoles en pleine terre pouvant être très variées (vivaces, arbustes, arbres...), et les systèmes de culture spécifiques à chaque entreprise, il n'existe pas de données fiables sur les espèces d'adventices rencontrées en pépinière. Toutefois, le tableau I présente les espèces d'adventices rencontrées au sein des pépinières Lepage sur le site de Petite Fontaine ou sont implantés les essais d'enherbements. Les adventices présentes sont globalement semblables à celles retrouvées en grande culture (Tableau II).

La flore adventice d'une parcelle est constituée de diverses espèces végétales qui ne se développent pas à la même période et dans les mêmes conditions (Tab. II). La bonne connaissance de leurs caractéristiques (conditions de levée, quantité de semences produites...) permet d'élaborer des stratégies permettant de casser le cycle biologique des adventices afin de limiter leur infestation et réduire le stock semencier du sol.

Ces stratégies de gestion s'appuient principalement sur l'utilisation de désherbants ou sur le désherbage mécanique, notamment sur les cultures annuelles. En ce qui concerne les cultures pluriannuelles telles que les vergers, les vignes ou encore certaines pépinières, d'autres stratégies de gestion peuvent être envisagées, en particulier la mise en place d'enherbements, qui permettent d'assurer un contrôle des adventices suffisant et limite l'utilisation d'herbicides.

Au sein des pépinières Lepage, les cultures de pieds-mères s'étalent généralement sur 2 ans, et constituent donc un système de culture situé entre la culture annuelle et la culture pérenne. La plantation sur bâche empêche tout désherbage mécanique. L'utilisation d'enherbements peu concurrentiels et nécessitant peu d'entretien semble donc être l'unique alternative au désherbage chimique des passe-pieds.

	Intérêts	Limites
Dactyle	Reste vert en été Bonne pérennité Résistance à la sécheresse Résiste aux coupes rases	Installation lente
Fétuque élevée	Végétation précoce Bonne pérennité Bonne résistance aux maladies Résistance à la sécheresse et aux excès d'eau Résiste bien au piétinement	Peu dense Installation lente
Fétuque ovine	Reste verte en été Gazon ras Pousse lente Peu d'entretien	Installation lente Très sensible au piétinement
Fétuque traçante	Reste verte en été Très bonne pérennité	Peu dense Repousses importantes Très sensible au piétinement
Ray grass anglais	Reste vert en hiver Bonne pérennité S'installe rapidement Agressif vis-à-vis des espèces concurrentes Bonne résistance à la sécheresse Résiste très bien au piétinement	Jaunit à la chaleur et au sec (reverdit avec les pluies d'automne) Arrêt de la végétation au dessus de 25°C Sensibilité aux rouilles Repousses importantes

III – Intérêts et limite à l'utilisation de quelques espèces de graminées pour la mise en place d'enherbements. (GIE Fleurs et Plantes du Sud Ouest, 2007).

I.2.2 Intérêts et limites à l'utilisation d'enherbements.

Impact de l'enherbement sur le développement des adventices :

Un recouvrement du sol permet de contrôler le développement de populations d'adventices en recouvrant les surfaces à nu qui auraient pu être colonisées par les adventices. Plusieurs techniques sont l'application de ce principe : engrais verts, paillages naturels ou plastiques, enherbements....

L'utilisation d'enherbements a été largement développée sur le vignoble français, ainsi que dans les exploitations arboricoles. Aujourd'hui, cette technique semble être une alternative intéressante au désherbage chimique en pépinière comme en témoigne les activités de l'ASTREDHOR sur le sujet (essais en pépinière de fruitiers avec différents mélanges de graminées et essais sur culture de pivoines en pleine terre avec un trèfle nain, nombreux autres essais en cours par différentes stations du réseau).

Les Graminées composent la plupart des enherbements implantés sur vigne ou en arboriculture. Elles permettent, entre autres, d'améliorer la structure superficielle du sol.

Le tableau III présente les caractéristiques principales des quelques espèces de graminées les plus couramment utilisées lors de la mise en place d'enherbements. Le Ray Grass semble être une espèce particulièrement intéressante de par sa facilité d'installation, mais présente une trop grande sensibilité aux rouilles et aux conditions climatiques. A l'inverse, les fétuques et les dactyles sont des espèces particulièrement résistantes mais nécessitent un temps d'installation important.

D'après Valantin-Morison et al., 2008, les prairies temporaires de Ray Grass, Dactyle, Fétuque (espèces habituellement utilisées pour l'enherbement des vignes et vergers) permettent en une seule année de réduire l'abondance, la richesse et la diversité des types d'adventices.

Les légumineuses permettent d'enrichir le sol en azote. Elles sont favorables à l'établissement de mycorhize mais attirent les campagnols (Gomez, 2009).

L'enherbement des passe-pieds au sein des pépinières Lepage pourrait donc permettre de lutter efficacement contre les adventices en occupant l'espace et en concurrençant les adventices sur l'eau, la lumière et les éléments nutritifs disponibles. Dans le cas d'un enherbement tondu, la tonte permet également de limiter fortement le nombre de montées à graine des adventices et donc le stock semencier du sol, limitant ainsi le désherbage manuel qui devra être effectué sur le rang.

Impact de l'enherbement sur les propriétés du sol :

Structure :

L'implantation d'un enherbement permet un apport de matière organique aux horizons superficiels du sol via le renouvellement de la biomasse racinaire du couvert et lors de sa destruction (Samie, 1995 ; Grégoire et Tournebize, 2004 ; Celette et Wery, 2005). Il favorise aussi une meilleure aération du sol, une plus grande porosité et donc une plus grande réserve utile. La couverture du sol par un enherbement permet aussi de limiter l'impact des aléas climatiques sur le sol tels que l'érosion et les phénomènes de battance (Grégoire et Tournebize, 2004 ; Gomez, 2009).

La portance du sol se trouve également améliorée en présence d'un couvert végétal (Gomez, 2009), favorisant ainsi le passage des engins, notamment des arracheuses, tout en limitant le tassement qu'ils entraînent. (Dubois, 1999).

Lessivage :

En améliorant la structure du sol et en limitant l'impact des précipitations sur le sol, l'enherbement permet une meilleure rétention des éléments du sol, et contribue donc à limiter le lessivage d'éléments tels que l'azote. De plus l'enherbement utilise lui-même une partie de ces éléments pour assurer son propre développement, ce qui limite, la encore, leur lessivage.

Limites à l'utilisation d'enherbements :

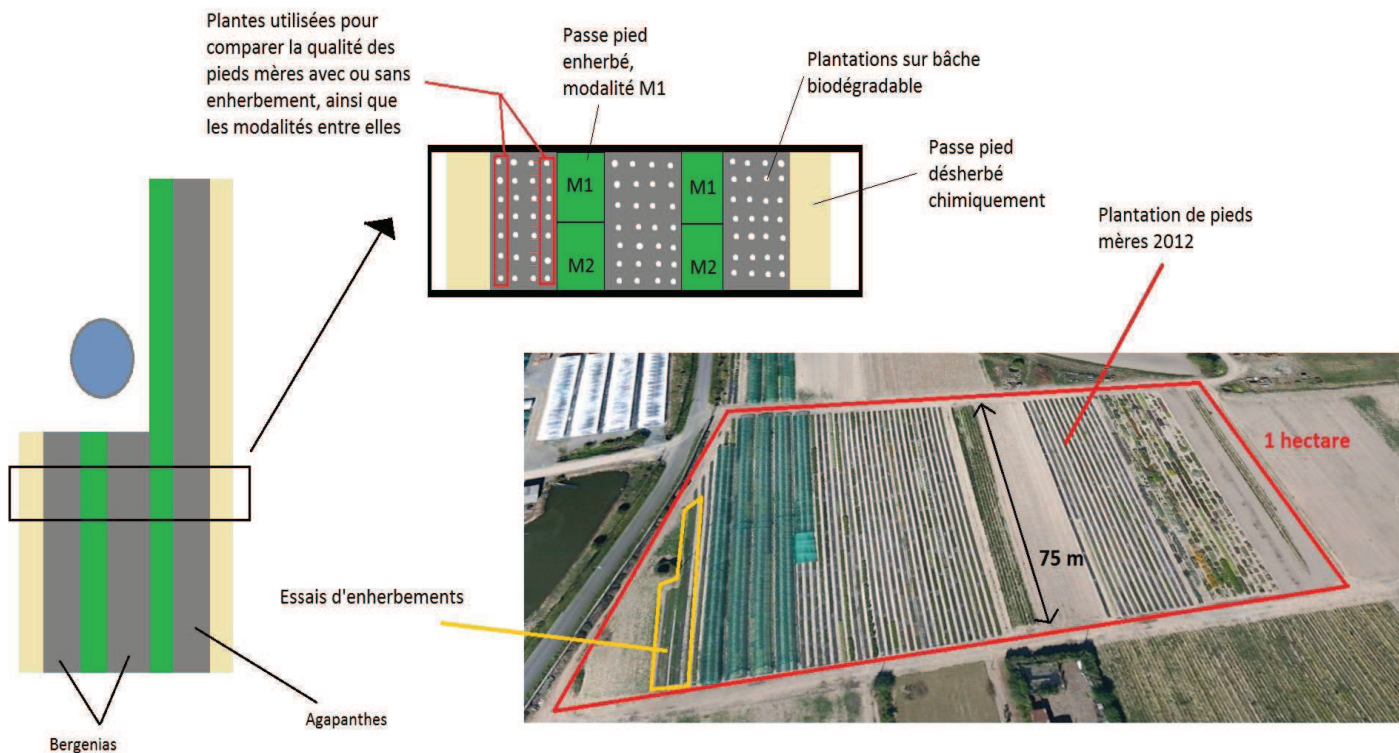
On évalue généralement l'efficacité d'un enherbement en observant leur capacité à maîtriser les adventices mais également leur effet sur la culture (compétition hydrique et azotée, qualité de la production, Gomez, 2009), or, de nombreuses expérimentations ont montré que l'enherbement pouvait entraîner une baisse du rendement en terme de qualité et/ou de quantité.

En effet, l'enherbement favorise l'assèchement du sol puisqu'un sol enherbé évapore 10 fois plus d'eau qu'un sol nu. (Bessis, 2010). L'enherbement peut donc favoriser les phénomènes de concurrence pour l'eau et l'azote comme cela a été démontré à de nombreuses reprises avec la vigne (Celette, 2007). Cet effet de l'enherbement a aussi été relevé sur les essais menés par l'ASTREDHOR sur fruitiers et sur pivoines. D'autres essais, réalisés par l'Agroscope sur des cultures de Framboisiers, soulignent également ce problème (Ançay et Delabays, 2006).

Cette concurrence varie cependant fortement selon le type d'enherbement utilisé, son entretien et sa durée de mise en place. D'après Gary et Celette, 2007, les cultures et notamment la vigne, pourraient répondre à cette concurrence en redistribuant leur système racinaire plus en profondeur. Cette information peut s'avérer intéressante puisque les essais menés au sein des pépinières Lepage portent sur des végétaux destinés à la division, pour lesquels la profondeur d'enracinement peut être considérée comme un critère de qualité.

L'enherbement peut également maintenir un microclimat humide favorable aux gelées blanches printanières. Ce risque peut être limité en réalisant une première tonte printanière avant le départ en végétation des cultures.

Afin d'assurer l'installation rapide et homogène de l'enherbement, le sol devra être travaillé et semé avec du matériel spécifique. Un faux semis peut également s'avérer judicieux afin de limiter le développement des adventices lors de l'installation de l'enherbement.



7 – Schéma du dispositif d'essais sur les enherbements (Faruel C.).

IV – Composition des modalités d'enherbements testées (Faruel C.).

Modalité	Nom	Composition	g/m ²
M1	Trèfle Blanc	Trifolium repens 'Winter White'	3
M2	Luzerne	Medicago sativa 'Zenith'	5
M3	Gazon "Grands espaces" + trèfle Blanc	16% Fétuque rouge traçante 'Maxima1' 32% Fétuque élevée 'Tomahawk' 16% Raygrass Anglais 'Transate' 16% Raygrass Anglais 'Eterlou' 20% Trifolium repens 'Winter White'	20 0,6
M4	Gazon "Sport et terrain sec"	20% Fétuque rouge traçante 'Maxima1' 20% Raygrass Anglais 'Brio' 60% Fétuque élevée 'Borneo'	25
M5	Gazon "Super rustique"	25% Raygrass Anglais 'Eterlou' 25% Fétuque élevée 'Tomahawk' 25% Raygrass Anglais 'Transate' 25% Fétuque rouge traçante 'Maxima1'	25

Rappel des objectifs de l'essai

Cet essai a pour but d'identifier l'enherbement le plus performant dans les conditions de culture des pieds mères, c'est à dire celui qui concurrencera le mieux les adventices et le moins les pieds mères. Il sera aussi jugé sur les coûts engendrés par sa mise en place et son entretien.

I.3 Matériel et méthodes

Matériel technique :

L'essai se déroule sur une durée de 2 ans, du 25 Mai 2012, date du semis des enherbements, à Avril 2014, date de l'arrachage de la parcelle. Il se déroule sur les passe-pieds de planches de pieds mères en pleine terre, plantées d'*Agapanthus* et de *Bergenia* en Mars 2012, sur une bâche biodégradable en amidon de maïs. Ces pieds-mères sont destinés à être arrachés en Avril 2014. Cette plantation succède à un Raygrass utilisé comme engrais vert.

Les parcelles sont irriguées par aspersion et ont été amendées par un amendement organique (Végévert Base, 250Kg/ha). Le sol est sableux, ses caractéristiques précises sont détaillées en annexe IV. A partir du 6 Juillet, toutes les modalités sont tondues tous les 15 jours, après avoir effectué le relevé des données.

Dispositif expérimental et modalités :

Cinq modalités d'enherbements sont testées. Le tableau IV présente la composition de ces modalités.

Le trèfle blanc (M1) et la luzerne (M2) ont été sélectionnés pour leur supposée faible concurrence azotée. Il n'a pas été possible de se procurer de semences de trèfle nain avant la mise en place de l'essai. Les différents gazons ont été sélectionnés selon leur composition afin de mettre en évidence l'intérêt et les limites des différentes espèces qui les composent. Le mélange gazon et trèfle blanc (M3) présente un mélange équilibré entre les fétuques (48%), les raygrass (32%) et le trèfle (20%). Le gazon M4 est composé à 80 % de fétuques, alors que le gazon M5 est composé à 50% de Raygrass et 50% de fétuques.

L'essai est conduit sur 3 blocs qui constituent ainsi 3 répétitions pour chaque modalité.

Chaque parcelle élémentaire mesure 5m par 0,7m (3.5m²), et est ensemencée par l'une des modalités (Illustration en Fig. 7).

Variables mesurées :

Installation de l'enherbement et concurrence vis à vis des adventices :

Les pourcentage de recouvrement par l'enherbement et par les adventices sont estimés selon la méthode de Braun-Blanquet. Les relevés sont effectués sur des placettes de 70cm par 1m, disposées aléatoirement sur chaque répétition. (1 relevé par répétition). Les relevés sont effectués tous les 15 jours à partir de la semaine 27 (6 Juillet).

Qualité des pieds mères :

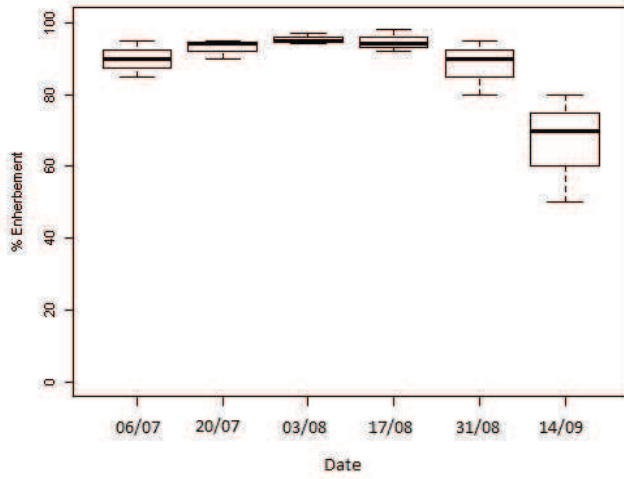
Afin de gagner du temps, une première observation globale sera effectuée visuellement à la fin de la première année d'essai, afin de déterminer si il y a ou non une différence de qualité entre les pieds mères enherbés et les pieds mères non enherbés. Si aucune différence n'est constatée à l'issue de la 1ère année, l'estimation de ce paramètre est reportée à l'arrachage des pieds mères. Si une différence est constatée dès la 1ère année, on procédera à une notation de chaque pieds-mères situés sur les parties extérieures des planches (le plus proche des passe-pieds) afin d'effectuer une analyse statistique. La note sera comprise entre 0 et 2, 0 représentant un pied mère mort ou inutilisable, 1, un pied mère de qualité satisfaisante, 2 un pied mère de bonne qualité. On comparera la qualité des pieds mères selon les modalités utilisées et également selon la présence ou non d'enherbement.

Traitement statistique :

On utilisera le test de Kruskal-Wallis pour vérifier qu'il y a une différence significative entre les modalités pour l'installation de l'enherbement et le pourcentage de recouvrement par les adventices. L'analyse des moyennes et l'interprétation des graphiques permettront de définir les modalités les plus efficaces pour le contrôle des adventices.

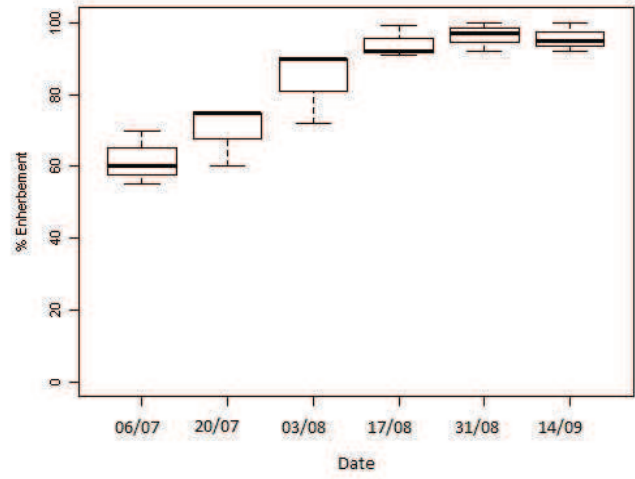
Trèfle Blanc

M1



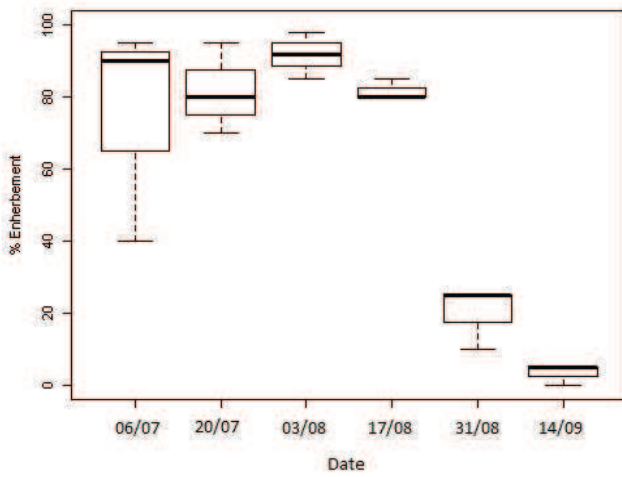
Gazon "grands espaces" + trèfle blanc

M3



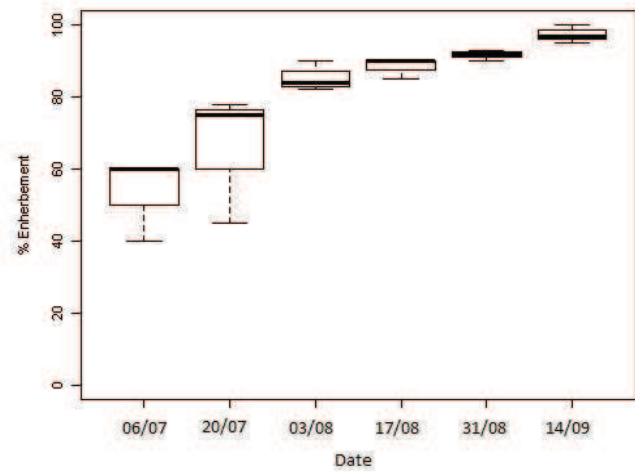
Luzerne

M2



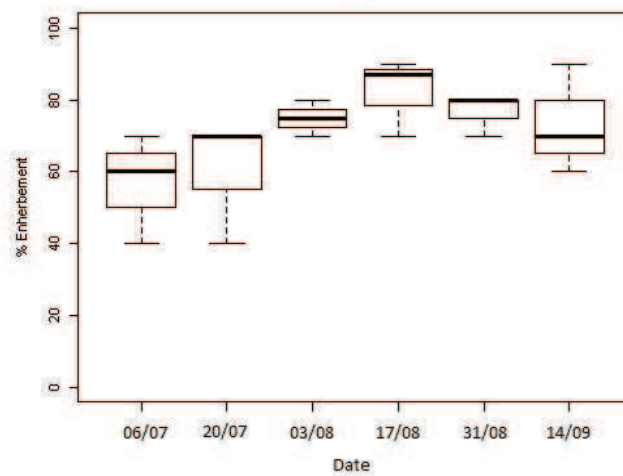
Gazon "sport et terrain sec"

M4



Gazon "super rustique"

M5



8 – Boîte de dispersion du % de recouvrement par l'enherbement, par modalité et par date de notation (Faruel C.).

I.4 Résultats

I.4.1 Installation de l'enherbement

Le relevé des données est disponible en annexe V.

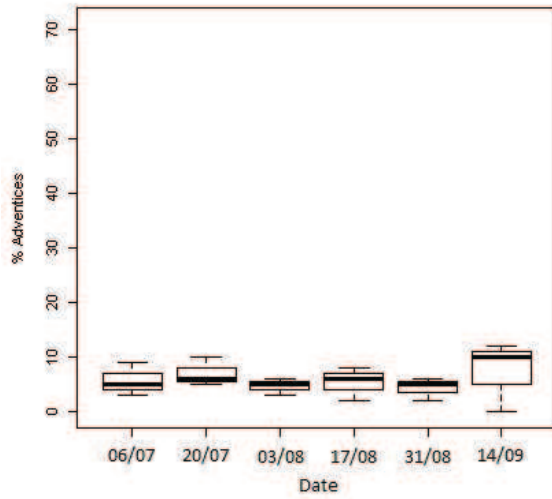
D'après les résultats du test de Kruskal-Wallis ($P_value = 0,0014, <0,5$), il y a une différence significative entre les pourcentages de recouvrement des différentes modalités par l'enherbement avec un niveau de confiance de 95%.

La figure 8 représente les boîtes de dispersion des résultats, par modalité et par semaine de notation. Les enherbements à base de légumineuses (M1 et M2) assurent une installation rapide de l'enherbement. Cependant, les tontes répétées épuisent rapidement ces enherbements. Le % de recouvrement de la luzerne diminue très fortement à partir de la 3ème tonte (03/08) jusqu'à atteindre des pourcentages de recouvrement très faibles (moins de 10% de la surface) à la fin de l'essai. Le % de recouvrement du trèfle, quant à lui, diminue moins rapidement.

A l'inverse, les enherbements à base de graminées s'installent plus lentement. Les tontes répétées permettent de densifier les couverts et favorisent leur installation. La modalité M5 présente des difficultés à s'implanter durablement, du fait d'une trop forte sensibilité à la rouille. (Voir illustration en annexe VI).

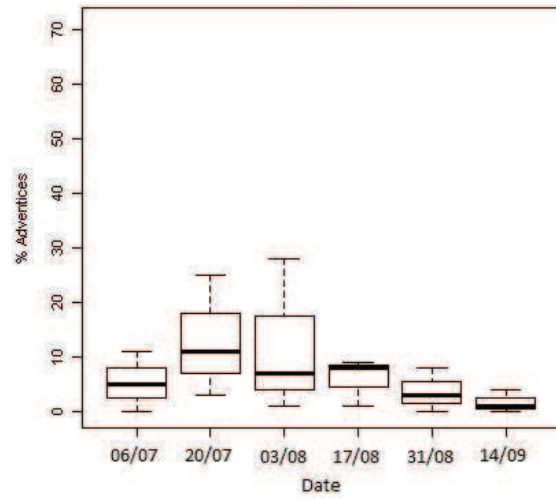
Trèfle Blanc

M1



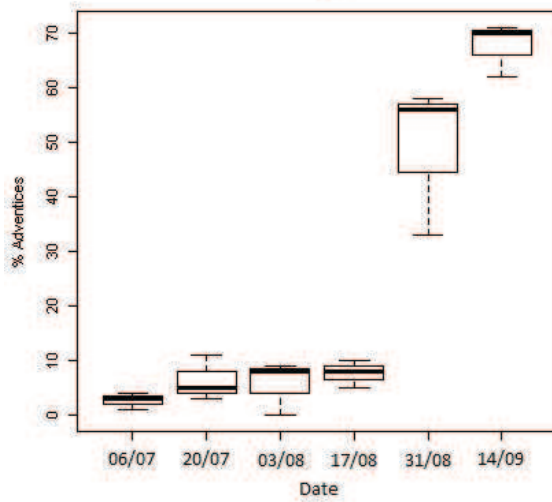
Gazon "grands espaces" + trèfle blanc

M3



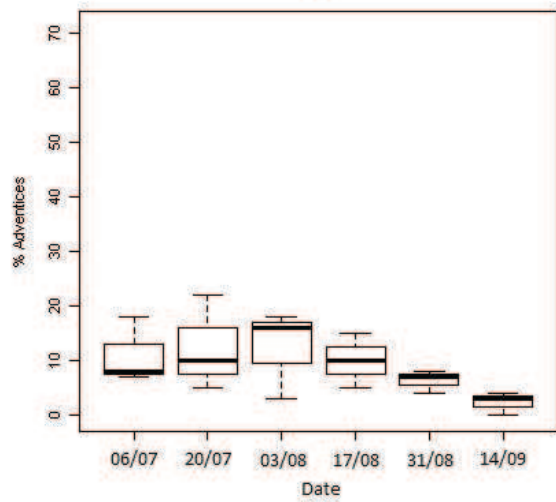
Luzerne

M2



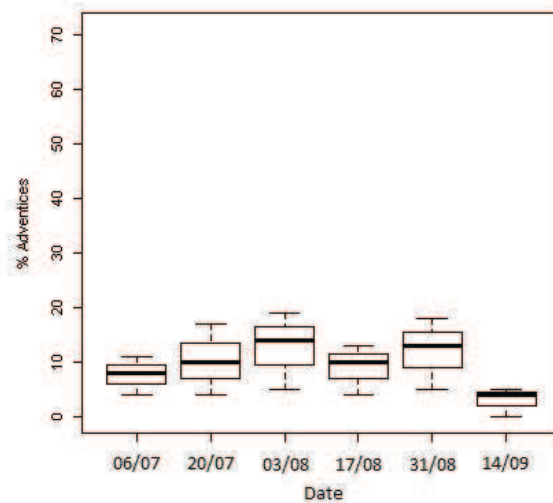
Gazon "sport et terrain sec"

M4



Gazon "super rustique"

M5



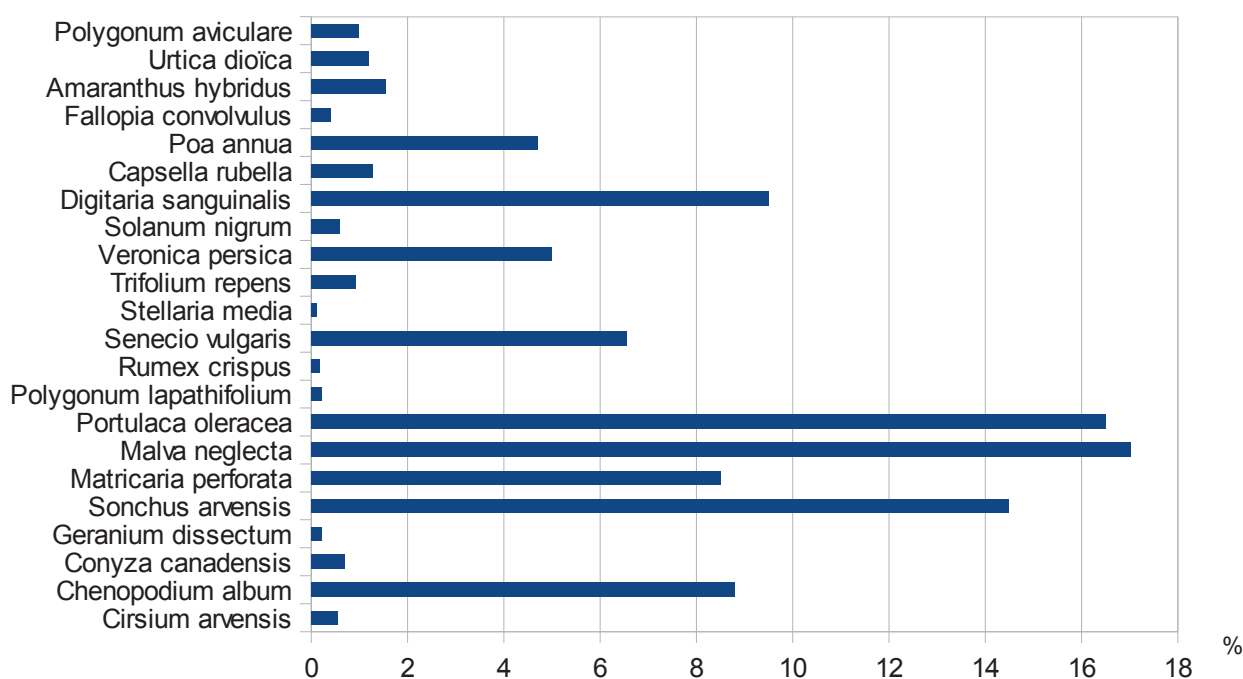
9 – Boîte de dispersion du % de recouvrement par les adventices, par modalité et par date de notation (Faruel C.).

I.4.2 Concurrence vis-à-vis des adventices

D'après les résultats du test de Kruskal-Wallis, il n'y a pas de différence significative sur le pourcentage de recouvrement par les adventices (P-Value=0.1641, >0,5). La figure 9 montre pourtant des différences en ce qui concerne l'évolution des % de recouvrement par les adventices.

Le trèfle (M1) exerce le meilleur contrôle des adventices au cours de l'essai. La luzerne (M2) exerce un contrôle intéressant les premières semaines de l'essai mais celui-ci se dégrade à mesure que la luzerne s'épuise du fait des tontes répétées.

Les enherbements à base de graminées conduisent à des niveaux de contrôle des adventices comparables. Leur % de recouvrement par les adventices diminue au cours de l'essai



10 – Répartition des populations d'adventices en % moyen du recouvrement total par les adventices (Faruel C.).

Au cours de l'essai, 22 espèces d'adventices ont été dénombrées (figure 10). Les principales espèces d'adventices relevées ont été : *Portulaca oleracea* (16,5%), *Malva neglecta* (17%), *Sonchus arvensis* (14,5%), *Digitaria sanguinalis* (9,5%), *Chenopodium album* (8,8%) et *Matricaria perforata* (8,5%).

I.4.3 Qualité des pieds mères

Visuellement, aucune différence de qualité n'a été relevée pour cette année. Il n'y a donc pas eu de notation individuelle des pieds mères ni d'analyse.

On notera cependant qu'il a été nécessaire de couper les stolons du trèfle qui s'étendaient sur la bêche, et qui constituaient un risque de dégradation important de la qualité des pieds mères.

V – Comparatif des coûts de mise en œuvre d'enherbements selon le matériel utilisé (Faruel C.).

Coûts pour la mise en place et l'entretien d'enherbements	Tondeuse classique + engazonneuse		Tondeuse sur tracteur plus engazonneuse	
Location engazonneuse	80,00	€/J	80,00	€/J
Rendement engazonneuse	1000,00	m ² /h	1000,00	m ² /h
Nombre de tontes (de Mai à Octobre)	10,00	Tontes/an	10,00	Tontes/an
Vitesse de tonte	1075,00	m ² /h	4000,00	m ² /h
Largeur de tonte	0,43	m	0,50	m ² /h
Coût moyen par heure de main d'œuvre	15,00	€/h	15,00	€/h
Coût des semences	4,00	€/Kg	4,00	€/Kg
Densité semis	0,025	Kg/m ²	0,025	Kg/m ²
Largeur passe pieds	0,70	m	0,50	m
Largeur planche	0,90	m	0,90	m
Surface plantée avec bâche biodégradable	20000,00	m ²	17500,00	m ²
Surface renouvelée chaque année	10000,00	m ²	8750,00	m ²
Surface planche	11250,00	m ²	11250,00	m ²
Surface passe pieds	8750,00	m ²	6250,00	m ²
Surface passe pieds renouvelée chaque année	4375,00	m ²	3125,00	m ²
Nb jour nécessaires à l'enherbement (1J=8h)	0,55	Jour	0,39	h
Nb de jour de location	1,00	Jour	1,00	
Coût location engazonneuse	80,00	€	80,00	
Coût de MO pour l'enherbement	65,63	€	46,88	€
Coût semences	437,50	€	312,50	€
Coût pour la mise en place de l'enherbement	583,13	€	439,38	€
Temps nécessaire pour chaque tonte	18,93	h	3,13	h
Temps total pour l'entretien de l'enherbement	189,29	h	31,25	h
Coût de l'entretien de l'enherbement	2839,37	€	468,75	€
Coût total de l'enherbement	3422,50	€	908,13	€

VI – Coûts liés au désherbage chimique des pieds mères (Faruel C.).

Coût de l'entretien en chimique		
Coût moyen par heure de main d'œuvre	15	€/h
Largeur passe pieds	0,70	m ² /h
Largeur planche	0,90	m
Surface plantée avec bâche biodégradable	20000,00	m ²
Coût des désherbants	465,0752	€
Temps de MO pour pulvérisation	30	h
Coût MO pour pulvérisation	450,00	€
Coût total du désherbage chimique	915,08	€

I.4.4 Coûts de mise en œuvre :

En observant le développement des enherbements au cours de l'essai, il a été possible d'estimer à 10 tontes annuelles le nombre de tontes nécessaires pour entretenir les enherbements à base de graminées. A partir de cette donnée, et en se basant sur les données des constructeurs pour différents matériels, il a été réalisée une estimation des coûts qu'engendreraient la mise en place d'enherbements (Tab. V). Ces coûts seront ensuite comparés à ceux liés au désherbage chimique des pieds mères (Tab. VI).

Mise en place de l'enherbement:

Le travail du sol précédant la mise en place des enherbements n'est pas ici comptabilisé puisqu'il peut être réalisé en même temps que la préparation des planches de culture, simplement par l'ajout de griffes au dérouleur de bâche. Il n'engendre donc pas de surcoût par rapport à l'itinéraire de culture classique.

Le semis sera réalisé avec une engazonneuse, outil indispensable pour assurer un semis homogène et une bonne implantation de l'enherbement. Le prix d'une engazonneuse est généralement situé autour de 7000€, cependant, au vu de la faible utilisation qui en sera faite, il sera plus intéressant de la louer auprès d'entreprises spécialisées dans la fourniture de produits horticoles ou directement auprès de paysagistes (80€ par jour).

Le prix des semences représente une part importante du coût total lié à la mise en place d'un enherbement, il s'élève à un peu plus de 500€ pour 1 hectare de plantations (4375 m² de passe-pieds).

Entretien de l'enherbement :

L'entretien de l'enherbement (tonte) peut être effectué avec une simple tondeuse, ou avec un outil fait sur mesure, à partir de deux tondeuses d'enjambeur montées sur un cadre attelé au tracteur. Un tel outil nécessiterait un investissement d'environ 7000€ (2500€ par tondeuse, plus le montage sur un cadre).

Le tableau V montre qu'en utilisant les tondeuses d'enjambeur, on peut réduire par plus de 5 le coût d'entretien de l'enherbement par rapport à l'utilisation d'une simple tondeuse. On atteint ainsi un coût de mise en œuvre et d'entretien raisonnable, comparable à celui engendré par le désherbage chimique des passe-pieds (Tab. VI).

VII – Comparatif des principaux avantages et inconvénients liés à l'utilisation d'enherbement ou à la gestion des adventices par désherbage chimique (Faruel C.).

	Désherbage chimique	Enherbement
Efficacité	Bonne efficacité	Efficacité variable selon l'enherbement et les conditions de sa mise en place.
Aspect environnemental	Risque important de lessivage : risques de pollution Impact sur la santé des applicateurs	Pas d'utilisation de phytosanitaires mais utilisation de plus de carburants Lessivage moindre
Aspect sol	Risques de battance, peu de vie du sol.	Améliore la structure du sol, empêche les phénomènes de battance, apport de matière organique.
Aspect portance	Faible portance en hiver	Bonne portance, facilite l'arrachage hivernal.
Coûts de mise en oeuvre	Faibles	Faibles à élevés selon l'équipement utilisé

I.5 Discussion

Le trèfle, qui semble être l'espèce la plus prometteuse en termes de contrôle des adventices ne pourra être retenu du fait de sa vigueur trop importante. En effet, en l'absence d'un entretien spécifique, les stolons s'étalent sur la bâche et pourraient gêner la croissance des pieds-mères. De plus, il a besoin d'être tondu très régulièrement, et finit par s'épuiser. On lui préférera donc un simple gazon, résistant à la rouille, ou mieux, un mélange trèfle et gazon (M3) qui permet de bénéficier de la vigueur du trèfle lors de l'installation de l'enherbement. Par la suite, des tontes courtes permettent aux graminées de prendre le dessus sur le trèfle, limitant ainsi son expansion.

L'essai n'a pas permis pour l'instant de mettre en évidence une différence de qualité sur les pieds mères. Cette évaluation devra être réalisée à l'arrachage des pieds mères. D'autres essais devront également être réalisés sur différents types de pieds mères, présentant des caractéristiques différentes, tels que des graminées (importants besoins en éléments nutritifs) ou des couvre sols (enracinement généralement superficiel...) afin de vérifier l'absence ou la faible concurrence de l'enherbement vis à vis des pieds mères.

Enfin, au printemps, il faudra vérifier que le microclimat formé par l'enherbement ne favorise pas les gelées blanches de manière préjudiciable aux pieds mères. Les Agapanthes utilisées dans cet essai sont des plantes réputées sensibles aux gels, elles devraient donc permettre de bien évaluer les risques liés à l'utilisation d'enherbements sur des pieds-mères en limite de rusticité.

Les références bibliographiques sur un tel système de culture n'existent pas à ma connaissance, les essais d'enherbements en pépinière étant généralement réalisés sur des cultures d'arbres d'alignement ou d'arbustes, mais pas sur herbacées. Seul un essai sur des pivoines réalisé par le SCRADH, (ASTREDHOR : référence : SC/11/FC/05) peut réellement permettre une comparaison. Les résultats obtenus semblent prometteurs puisque l'implantation de micro-trèfle (variété « Pirouette ») avait permis de contrôler les adventices sans tontes, même si une baisse de qualité et de rendement (fleurs coupées) était signalée pour la deuxième année d'implantation. Dans le cadre de nos essais, le trèfle blanc s'est révélé trop vigoureux. L'utilisation d'un micro-trèfle pourrait donc permettre de contourner ce problème.

I.6 Conclusion

L'essai réalisé au sein des pépinières Lepage a pu montrer qu'il était envisageable d'utiliser des enherbements sur les passe-pieds afin de se passer d'herbicides. La généralisation de cette technique nécessite cependant des investigations complémentaires, en particulier en ce qui concerne l'éventuelle concurrence que l'enherbement pourrait exercer sur les cultures.

L'utilisation de matériel spécifique (engazonneuse) pour l'implantation des enherbements peut contribuer à favoriser leur bonne installation et donc leur efficacité.

Par ailleurs, l'investissement dans des outils de tontes spécifiques devrait permettre de ramener les coûts de l'enherbement des pieds-mères à des coûts semblables à l'utilisation de désherbants chimiques. Le coût de ces investissements (environ 7000 euros), qui peuvent être subventionnés par le Plan Végétal Environnement (PVE) à hauteur de 40%, est à comparer avec les coûts annexes liés à l'utilisation de désherbants chimiques : achat, entretien et contrôle périodique du pulvérisateur, frais de formations à l'utilisation de produits phytosanitaires, gestion des emballages et des fonds de cuves, éventuellement installation d'une station de remplissage...

L'utilisation d'enherbements devrait permettre, pour des coûts de production égaux, de se détacher d'une réglementation sur l'utilisation d'herbicides contraignante et amenée à se durcir.

Par ailleurs, les enherbements assurent d'autres fonctions que le contrôle des adventices (Tab. VII). Ils permettent de limiter le lessivage des éléments minéraux du sol, et peuvent contribuer à améliorer la structure du sol, notamment en apportant de la matière organique sur les premiers centimètres. Ces derniers points semblent particulièrement intéressants puisque le futur site d'implantation de la pépinière se situe sur une zone où les sols sont très pauvres en matière organique (1.2%) et sont favorables au lessivage (sols sableux) (Annexe VII).

Le risque de tassement des sols lié aux passages répétés d'engins pour assurer la tonte est nul dans le cas des pépinières Lepage puisque les sols sableux ne sont pas sensibles aux tassements (Mourey, Pischetta et Lefebvre, 2009).

Enfin, la mise en place d'enherbements est sans impact sur la santé humaine, contrairement à l'exposition régulière aux substances actives des herbicides.

VIII – Produits utilisés au cours de la saison 2010/2011 pour lutter contre les différents ravageurs rencontrés sur vivaces (Faruel C.).

	Quantité utilisée (mL ou g)	Substance active (g)	
Pearl Protech	115	Deltamethrine	1,73
Fuoro (retiré 31/12/2011)	3	Lufénuron	0,15
Pirimor G	21	Pyrimicarbe	10,5
Admiral	2	Pyriproxifène	0,2
		Total	12,6

IX – Auxiliaires utilisés au cour de la saison 2010/2011 au sein des pépinières Lepage sur 1000m² (pieds mères sous tunnels) (Faruel C.).

Type d'auxiliaire	Auxiliaires utilisés	Ravageurs visés
Parasitoïdes	<i>Aphelinus abdominalis</i>	Pucerons
	<i>Aphidius colemani</i>	
	<i>Aphidius ervi</i>	
	<i>Encarsia formosa</i>	Mouches mineuses, aleurodes
Acariens prédateurs	<i>Hypoaspis miles</i>	Sciarides
	<i>Amblyseius californicus</i>	Tétranyques
	<i>Amblyseius swirskii</i>	
Cécidomyie	<i>Aphidoletes aphidimyza</i>	Pucerons

Partie II : Mise en place de plantes fleuries pour favoriser le maintien des populations d'auxiliaires.

II.1 Introduction

Les pépinières Lepage produisent une large gamme de plantes vivaces en godets, soit près de 2500 espèces et variétés réparties à travers une centaine de familles botaniques.

Cette importante diversité ne laisse pas de place aux infestations de ravageurs. Les dégâts sont généralement ponctuels, et confinés à quelques espèces de plantes.

Par ailleurs le marché du paysage est un marché où les critères de qualité sont principalement liés à la capacité de reprise des plantes (enracinement, nombre de départs, ramification...). Les plantes sont généralement expédiées rabattues, l'aspect visuel du végétal à la réception n'a que peu d'importance. Quelques morsures ou autres dégâts n'entraînent pas de dépréciation des plantes, contrairement à ce que l'on pourrait observer sur le marché de la distribution spécialisée.

Les interventions phytosanitaires contre les ravageurs sont donc très limitées. A titre d'exemple, le tableau VIII présente les quantités de produits utilisés au cours de la saison 2010/2011. Moins de 15g de matière active ont été utilisées pour produire près de 1.5 million de plantes sur une surface de 12 hectares.

Les ravageurs sont variés, à l'image de la production (voir les principaux ravageurs des vivaces en annexe VIII). Globalement, les ravageurs les plus récurrents et qui sont susceptibles de faire l'objet d'interventions phytosanitaires sont : les pucerons, les altises, les otiorhynques et un micro-lépidoptère émergent : *Tebenna micalis*.

Sur les cultures extérieures, une importante population d'auxiliaires s'est établie et limite les attaques importantes à quelques ravageurs, généralement très spécifiques (tenthrède de l'ancolie, puceron du laurier rose, puceron du Lupin...).

Les pieds mères sous tunnels, autrefois régulièrement attaqués par divers ravageurs (acariens, pucerons, tordeuses...) font aujourd'hui l'objet de lâchers d'auxiliaires et ne nécessitent que de très rares interventions phytosanitaires (liste des auxiliaires utilisés dans le tableau IX).

Sur la phase de multiplication, les attaques, notamment de pucerons, peuvent causer des dégâts importants puisque les jeunes plants, généralement faiblement enracinés, sont plus sensibles et s'épuisent rapidement.

Bien que l'utilisation d'insecticides puisse sembler dérisoire, afin de pouvoir maîtriser les foyers de ravageurs sans utiliser d'insecticides, il nous a paru nécessaire d'être capable d'orienter l'action des auxiliaires naturellement présents sur les foyers de ravageurs. Pour ce faire, l'utilisation de plantes fleuries en pots nous a semblé être la méthode la plus appropriée. Les pucerons, qui représentent les ravageurs les plus importants des plantes vivaces, et qui ont de nombreux auxiliaires prédateurs et parasitoïdes (Tab.10), permettront de répondre à la problématique suivante : **L'utilisation de plantes fleuries en pot au sein de cultures non fleuries peut-elle permettre de maîtriser efficacement les populations de ravageurs et ainsi se passer de l'utilisation d'insecticides?**

Une première partie sera consacrée à une synthèse bibliographique sur les pucerons et leurs principaux auxiliaires, ainsi qu'à l'intérêt des ressources florales pour différents auxiliaires.

La seconde partie portera sur l'utilisation de plantes fleuries dans le cadre d'essais menés au sein des pépinières Lepage et permettra d'apporter des améliorations au dispositif afin d'envisager, à terme, de se passer d'insecticides.

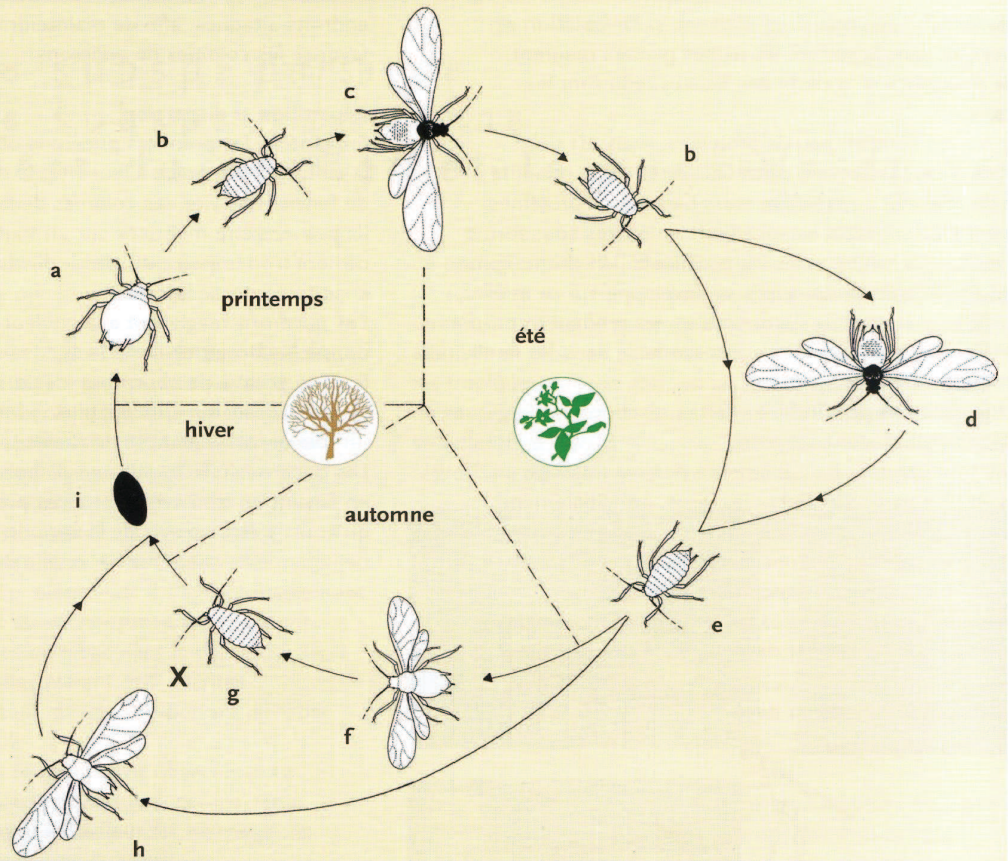
Cycle de développement et caractères morphologiques

Les pucerons

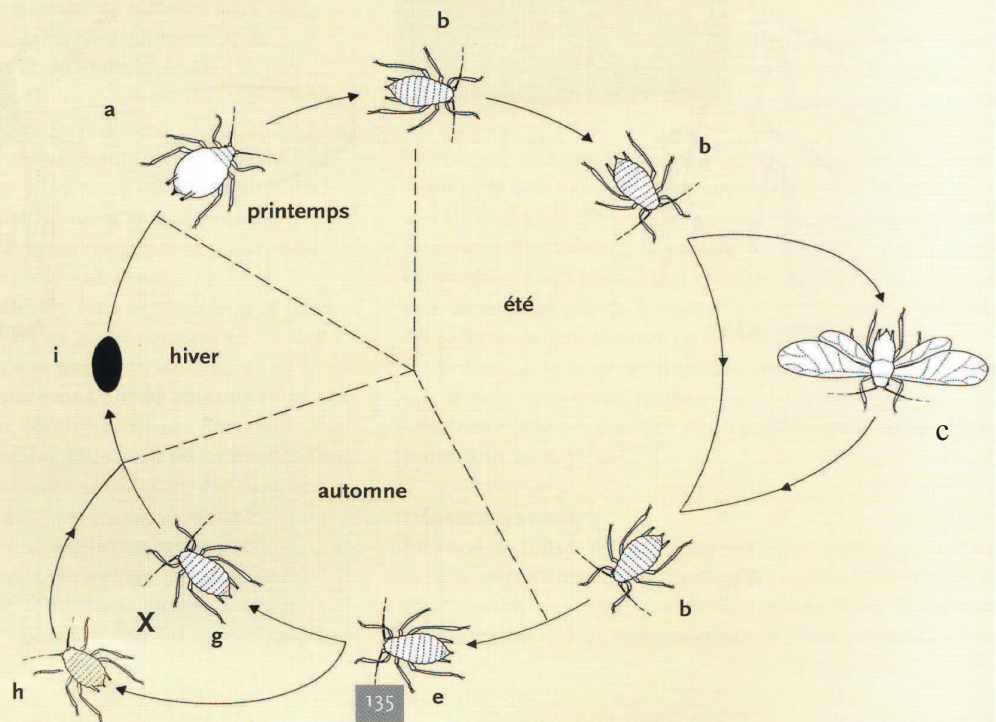
Cycle de développement d'un puceron avec changement de plante hôte (d'après Jones, 1942)

Plante hôte primaire

Plante hôte secondaire



Cycle de développement d'un puceron sans changement de plante hôte (d'après Jones, 1942)



11 – Développement de colonies de pucerons à cycles dioécique et monoécique (Malais and Ravensberg, 2006).

a : fondatrice, b : femelle vivipare aptère, c et d : femelle vivipare migrante, e : femelle à descendance sexuée, f : femelle virginipare ailée, g : femelle pondreuse, h : mâle, i : œuf, X : accouplement.

II.2 Bibliographie

II.2.1 Les Pucerons

Généralités :

Les pucerons font partie de l'ordre des *Hémiptera*, et du sous ordre des *Sternorrhyncha* qui regroupe un grand nombre de ravageurs (Pucerons, Aleurodes, Cochenilles, Psylles).

Ils sont regroupés dans la famille des *Aphidoidea* qui compte près de 4700 espèces, dont une centaine sont considérées comme nuisibles. Certaines espèces très polyphages alors que d'autres sont inféodées à une espèce, un genre ou une famille de plantes. Ils se nourrissent de sève et ont une capacité de reproduction exceptionnelle, ce qui fait des pucerons une des familles de ravageurs les plus importantes pour tout types de cultures (céréales, fruits, légumes, ornementales).

Morphologie (Fig 12) :

Ils mesurent généralement entre 1 et 4 mm et peuvent prendre des teintes très variées.

Ils possèdent une paire d'antenne située entre les deux yeux, des pièces buccales formant un rostre (insecte de type piqueur-suceur), qui est situé sous le puceron lorsqu'il ne se nourrit pas. La plupart des pucerons sont aptères. Selon les cycles de vie des colonies de pucerons, certains mâles et femelles peuvent être ailés. A l'extrémité de l'abdomen se trouve le cauda, qui permet de diriger l'écoulement du miellat, substance sucrée issue de l'alimentation des pucerons. On trouve des cornicules sur l'abdomen de nombreuses espèces de pucerons.

Les pucerons sont des insectes hétérométaboles, ce qui signifie que le jeune puceron est semblable à l'adulte, sa croissance s'accompagne de mue (4 en général).

Cycle de vie :

Les colonies de pucerons ont des cycles de développement complexe, variable selon les espèces, et les conditions dans lesquelles évoluent les colonies de pucerons (Voir figure 11).

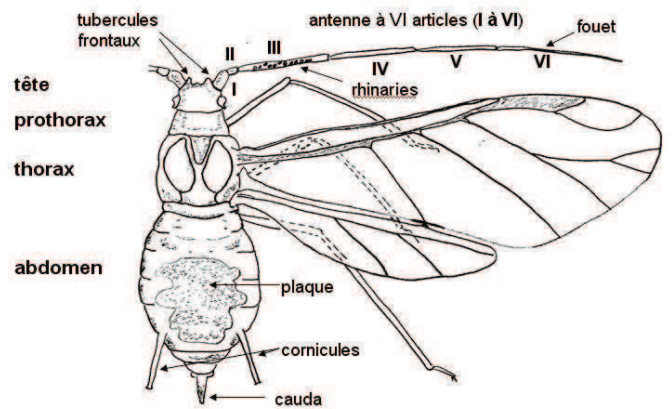
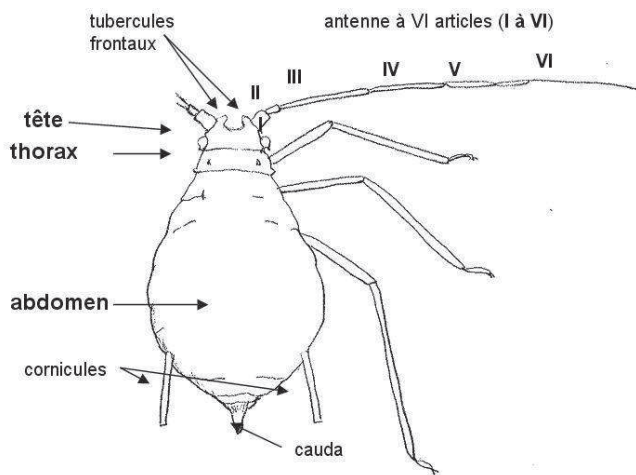
Au cours du printemps et de l'été, les colonies de pucerons sont constituées uniquement de femelles virginipares qui se reproduisent par parthénogenèse. Ce sont donc des clones, qui sont rapidement aptes à se reproduire (environ une semaine en conditions optimales). Leur vitesse de reproduction très élevée (chaque femelle peut produire entre 40 et 100 descendants, à raison de 3 à 10 par jour) peut rapidement conduire à de fortes infestations. Lorsque la densité d'une colonie est trop importante, des femelles virginipares ailées apparaissent afin de coloniser d'autres parties de la plante ou d'autres plantes de la même espèce.

A l'approche de l'automne, les femelles virginipares donnent naissance à des individus sexués. On distingue alors deux types de cycle :

- des espèces qui migrent sur une plante hôte d'espèce différente à l'automne (dioécie), les individus sexués sont alors ailés.
- des espèces qui effectuent leur cycle complet sur la même espèce de plante (monoécie), les individus sexués sont aptères.

Les individus sexués s'accouplent, et la femelle pondra ses œufs avant l'hiver. Au printemps, ces œufs éclore pour donner naissance à des fondatrice de colonies virginipares.

Chez les espèces dioéciques apparaissent au début de l'été des femelle virginipares ailés qui colonisent une autre espèce de plante hôte pour passer l'été.



12 – Schéma représentatif de la morphologie d'un puceron. (INRA).

X – Principaux auxiliaires des pucerons (Faruel C.).

Auxiliaires			Disponibilité dans le commerce	Ravageur
Hyménoptères	Aphelinus	abdominalis	x	Pucerons x
	Aphidius	colemani	x	x
	Aphidius	matricariae	x	x
	Aphidius	ervi	x	x
	Diaeretiella	rapae	x	x
	Praon	volucre	x	x
	Ephedrus	cerasicola	x	x
	Aphidoletes	aphidomyza	x	x
Cécidomyes			x	x
Syrphes			x	x
Cocinelles	Adalia	bipunctata	x	x
	Adalia	decempunctata		x
	Harmonia	axyridis	x	x
	Coccinella	septempunctata		x
	Scymnus	spp		x
Chrysopes	Chrysoperla		x	x
Hémérobes	Micromus		x	x
Punaises prédatrices	Macrolophus	pygmaeus	x	x
	Nesidiocoris	tenuis	x	x
	Orius		x	x
Acariens	Hypoaspis	miles	x	Pucerons des racines
	Hypoaspis	aculeifer		Pucerons des racines
Champignons entomopathogènes	Verticillium	lecanii	x	x



13 – Aphis nerii et Macrosiphum albifrons (Faruel C.).

Selon les conditions environnementales, le cycle des pucerons est réalisé de manière complète ou incomplète :

- Cycle complet (holocyclique) : une phase sexuée et une phase parthénogénique. Ce type de cycle correspond à des conditions environnementales extérieures (hivernage sous forme d'œuf).
- Cycle incomplet (anholocyclique) : reproduction uniquement parthénogénique. Ce type de cycle correspond à des conditions environnementales favorables (pas de phase d'hivernage), tel que les cultures sous serre chauffées l'hiver ou à des hivers doux.

Comportement de recherche et de dispersion :

Les premiers pucerons observés sur une culture sont généralement dispersés et les colonies ne présentent que peu d'effectifs. Cependant leur capacité de reproduction leur permet de rapidement former des colonies denses. Des pucerons aptères peuvent se déplacer sur de faibles distances et coloniser les plantes voisines, cependant, ce sont les ailés, qui apparaissent lorsque la colonie est trop importante par rapport à la plante, qui permettent une dispersion importante des colonies et entraînent de fortes infestations.

Les pucerons réagissent principalement à la couleur pour trouver des plantes qui leur conviennent. Ils ont une préférence pour les couleurs jaune / verdâtres, qui correspondent à des tissus jeunes. L'odorat n'intervient dans la recherche de plante hôte qu'à courte distance (moins d'un mètre).

Dégâts :

Les pucerons se nourrissent de sève élaborée. Ils effectuent une piqûre de gustation afin de s'assurer que la sève leur convient. Dans ce cas, ils effectuent une piqûre nutritionnelle qui peut entraîner des dégâts importants.

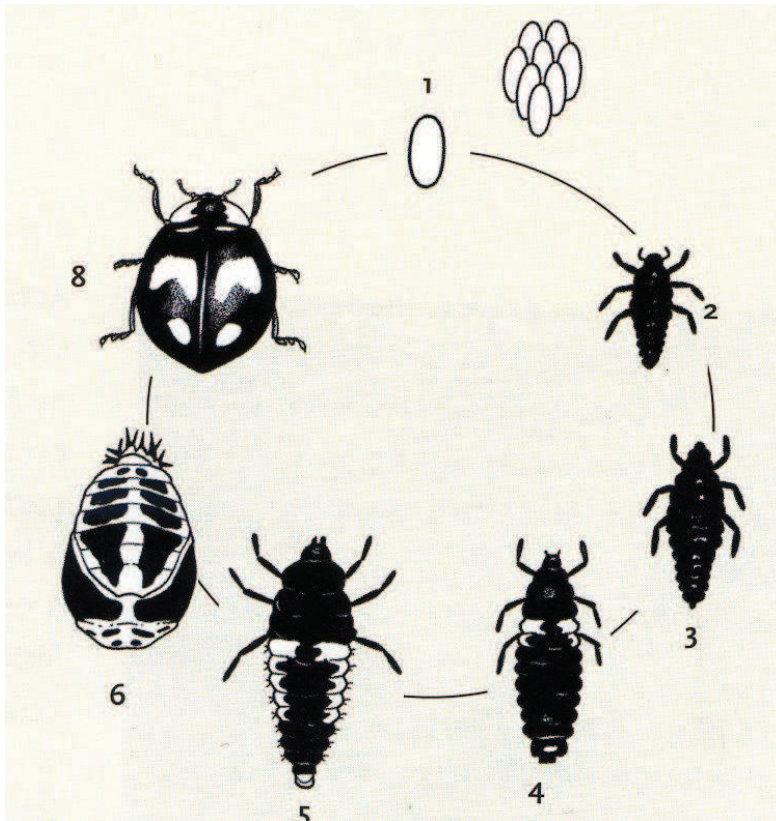
En prélèvent de la sève, les pucerons entraînent des déséquilibres hormonaux qui sont à l'origine de retard de croissance, de recroquevillements et déformations des feuilles. Si la plante est trop jeune, la chute des feuilles et la croissance limitée entraînent la mort de la plante.

La sève des plantes contenant peu de protéines, les pucerons doivent en ingérer une grande quantité afin de subvenir à leurs besoins. Les excédents sucrés sont rejetés sous forme de miellat, substance collante qui souille les feuillages, les fleurs et les fruits. Le miellat entraîne le développement de la fumagine, champignon noirâtre, qui rend impropre à la commercialisation les plantes ornementales, les fruits et les légumes. La fumagine entraîne aussi une réduction de la photosynthèse.

Certaines plantes peuvent développer des réactions « allergiques » aux toxines contenues dans la salive des pucerons, ce qui entraîne des malformations des bourgeons.

Les pucerons peuvent également être vecteurs de virus, qui sont un risque important pour certaines cultures (concombre, tomate, pomme de terre...).

En production de vivaces, on rencontre de nombreuses espèces en lien avec la diversité des plantes produites. Au sein des pépinières Lepage, les espèces de pucerons principales sont des espèces plutôt spécialisées telles que : *Aphis nerii* (Fig.13) sur *Asclepias*, *Macrosiphum albifrons* (Fig. 13) sur *Lupinus*, *Macrosiphoniella absinthii* sur *Artemisia*, *Macrosiphum hellebori* sur *Helleborus*...



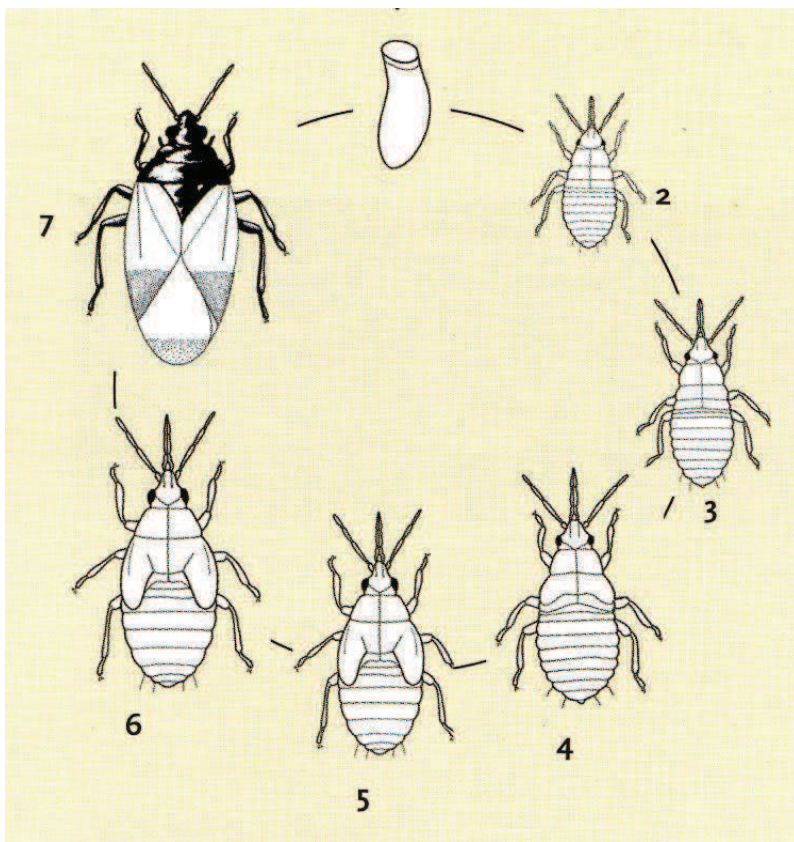
14 – Cycle de vie d'une coccinelle (Malais and Ravensberg, 2006).
1 – Œuf, 2, 3, 4, 5- Stades larvaires, 6- Nymph, 8- Adulte



15 – Coccinelle adulte (Faruel C.)



16 – Nympe de coccinelle (Faruel C.)



17 – Cycle de vie d'une punaise prédatrice (Malais and Ravensberg, 2006).
1 – Œuf, 2, 3, 4, 5, 6 – Stades juvéniles, 7 -Adultes



18 – *Anthocoridae* aspirant un *Aphis nerii* (Faruel C.)

II.2.2 Auxiliaires des pucerons

Les Coccinelles

Les coccinelles (*Coccinellidae*) font partie de l'ordre des Coléoptères. On en dénombre près de 5000 espèces, dont la plupart sont prédatrices, en particulier de pucerons et d'acariens.

Parmi les espèces les plus fréquemment rencontrées en lutte biologique, on peut citer : *Harmonia axyridis*, *Adalia bipunctata* et *decempunctata*, *Coccinella septempunctata*....

Les larves (Fig. 14), nymphes (Fig. 15) et adultes (Fig. 16) de Coccinelles sont souvent observées et facilement reconnaissables.

Morphologie

Les coccinelles peuvent être de couleurs variées, généralement de couleurs vives (rouge , orange ou jaune), ponctuée de points noirs. Elles mesurent entre 8 et 15mm, sont de forme arrondie, possèdent des pattes et des antennes courtes ainsi qu'une petite tête avec de grands yeux.

Les œufs sont de forme cylindrique et mesurent environ 2mm de longueur.

Les larves sont noires et aplaties, ornées de rayures ou de points jaunes à rouges.

Alimentation

De nombreuses espèces se nourrissent de pucerons mais également d'acariens et de cochenilles. En cas de manque de proies, elles peuvent consommer du pollen, du nectar et du miellat.

Les Hémiptères

Les punaises prédatrices se rencontrent fréquemment dans les cultures. Les 3 familles de punaises prédatrices les plus importantes sont les Anthocorides, les Mirides et les Nabides.

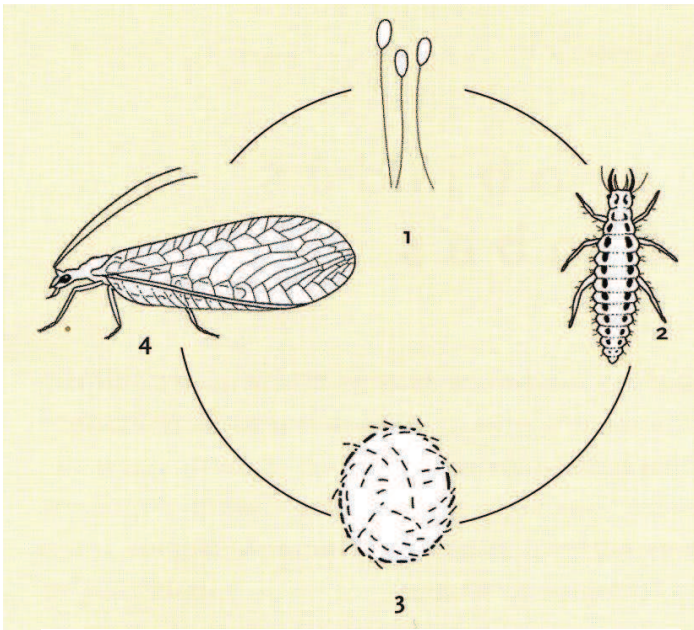
On rencontre couramment les genres *Macrolophus*, *Dicyphus*, *Dearecoris*, *Anthocoris*, ainsi que *Orius*, qui peuvent être parmi les prédateurs les plus importants dans certaines cultures (Hogg et al, 2011). Les différents stades de développement sont très proches (Fig. 17).

Morphologie

Le corps des punaises prédatrices est généralement aplatis et leurs ailes sont repliées à plat au repos. Leur appareil buccal en forme de trompe est caractéristique. Il est composé d'aiguilles piquantes logées dans une gaine.

Alimentation :

Les punaises prédatrices peuvent consommer acariens, pucerons (Fig. 18), aleurodes, œufs et chenilles de papillons, larves de mouches mineuses et de thrips... La plupart des espèces peuvent également se nourrir temporairement de sève, de nectar ou de pollen pour se maintenir.



19 – Cycle de vie d'une Chrysope (Malais and Ravensberg, 2006).

1 – Œuf, 2 – Larve, 3 – Nymphe, 4 - Adulte

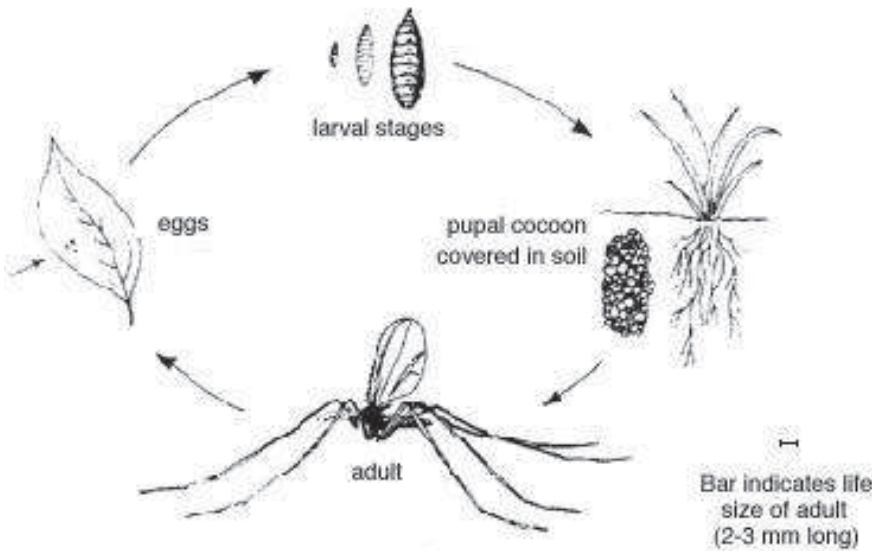


20 – Larve de Chrysope et restes d'un *Macrosiphum albifrons* consommé (Faruel C.).



21 – Nymphe de Chrysope (Faruel C.).

Life cycle of the aphid midge, *Aphidoletes aphidimyza*



22 – Cycle de vie d'une Cécidomyie (Hoffmann and Frodsham, 1993).



23 – Larve de Cécidomyie et restes d'un puceron (Faruel C.).

Les Névroptères

Les Chrysopes et les Hémérobés appartiennent à l'ordre des Névroptères. A l'état larvaire, ce sont des prédateurs importants de pucerons. Les Hémérobés sont actives à des températures plus basses que les Chrysopes, ce qui permet de les utiliser plus facilement en extérieur.

Morphologie

Le corps des Névroptères est allongé et mesure de 20 à 30mm de long. Leurs couleurs sont généralement marron pour les Hémérobés ou verte pour les Chrysopes. Les Névroptères possèdent de grandes ailes finement nervurées, formant un toit au repos (voir la figure 19).

Les larves mesurent 7 à 8mm et sont jaunes/grises à brunes avec des bandes longitudinales rouges. (Fig. 20)

Les Nymphes sont de petites capsules sphériques fixées aux feuilles par des soies (Fig. 21).

Alimentation

Les larves s'attaquent aux pucerons, aux acariens, aux aleurodes, aux thrips ou à d'autres insectes (œufs de lépidoptères, cochenilles...), mais elles peuvent aussi s'attaquer à leurs congénères. Elles consomment tout ce qu'elles peuvent aspirer avec leurs pièces buccales mais ont généralement des préférences selon leur espèce.

Les adultes se nourrissent de pollen, de nectar et de miellat. Certaines espèces peuvent toutefois consommer des pucerons à l'état adulte.

Les Cécidomyies aphidiphages

Mouches (ordre des Diptères) dont les larves sont capables de consommer plus de 70 espèces de pucerons différentes. La principale espèce de Cécidomyie aphidiphage est *Aphidoletes aphidimyza*.. En PBI, cet auxiliaire est utilisé sur tous types de cultures du fait de sa capacité à se nourrir de diverses espèces de pucerons. Elle est généralement utilisée en combinaison avec des hyménoptères parasitoïdes.

Morphologie

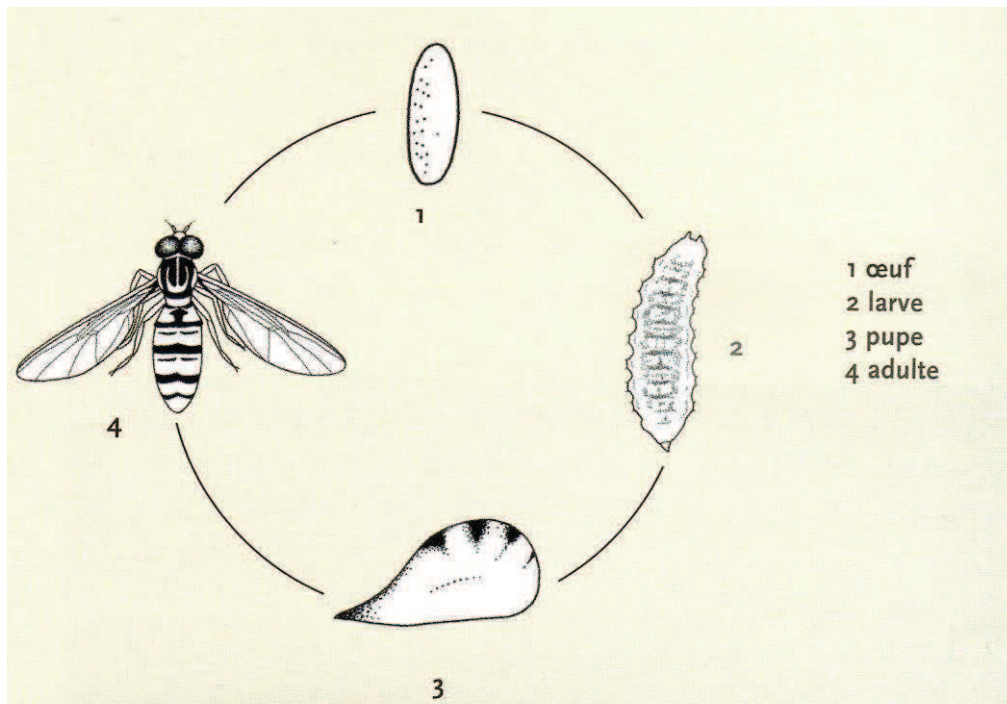
Les Cécidomyies ont des larves allongées, semblables à des vers, de 2 à 3mm, de couleur orangée à rouge (Fig. 23).

Les Adultes ressemblent à de petits moustiques avec leurs longues pattes. Ils possèdent également de longues antennes et des ailes finement nervurées (Fig. 22).

Alimentation

Les larves ont besoin de 5 pucerons par jour au minimum pour se développer mais selon l'abondance de pucerons disponibles, elles peuvent en tuer jusqu'à 100 par jour en leur injectant une toxine qui les paralyse et les dissout en moins de 10 minutes. Le développement des populations d'*Aphidoletes aphidimyza* ne peut se faire qu'en présence de pucerons : les femelles ne pondent qu'au sein de colonies de pucerons déjà assez développées puisque les larves ne peuvent pas se nourrir au delà de 6 cm de leur lieu d'éclosion.

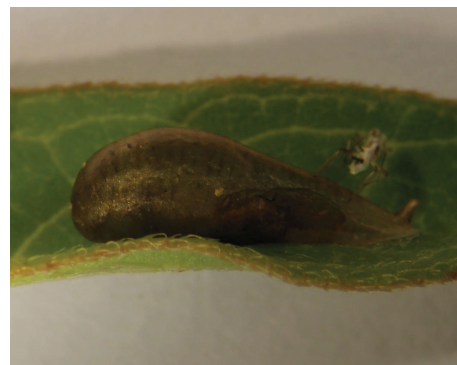
Les adultes se nourrissent de miellat.



24 – Cycle de vie d'une Syrphie (Malais and Ravensberg, 2006).
1 - Œuf, 2 - larve, 3 - Pupe, 4 - Adulte



25 – Larve d'*Episyrphus balteatus* et larve de syrphie non identifiée (Faruel C.).



26 – Pupe de Syrphie (Faruel C.).



27 – Syrphes adultes (Faruel C.).

Les Syrphes

La famille des *Syrphidae* compte de nombreuses espèces de syrphes (505 connues en France d'après Speight et Sarthou, 2006), dont une partie sont entomophages à l'état larvaire. Ce sont des auxiliaires intéressants, notamment contre les pucerons. Il existe de très nombreuses espèces, reconnaissables à leurs couleurs, semblables au guêpes, ainsi que par leur vol stationnaire.

On distingue 3 groupes dont les larves sont prédatrices (*Syrphinae*, tribu des *Pipizini* et les genres *Volucella* et *Microdon*).

Morphologie

Les larves de syrphes sont allongées et de couleurs variables (Fig. 25). Leurs pupes ont une forme en « goutte d'eau » (Fig. 26). Les adultes mesurent de 2 à 25mm selon les espèces, avec des colorations généralement semblables aux guêpes. La tête est aussi large que le thorax. (Fig. 27)

Cycle de développement (Fig. 24).

On distingue deux types de comportement de ponte chez les Syrphes :

Celles qui sont aphidiphages mais qui peuvent être cannibale en absence de proies, pondent plusieurs œufs à la fois sur les plantes susceptibles d'héberger des pucerons. Ces espèces sont appelées phytotropes.

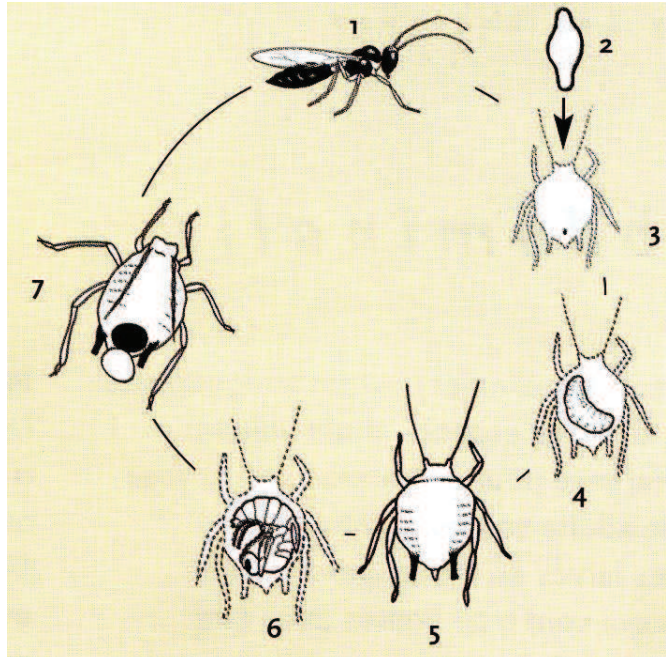
Les espèces strictement aphidiphages pondent des œufs isolés au sein des colonies de pucerons. Ces espèces sont appelées aphidotropes.

Les Syrphes sont actives dès la fin de l'hiver sur les cultures, ce qui leur permet d'avoir un impact important sur le développement des colonies de pucerons.

Alimentation

Les larves de syrphes prédatrices se nourrissent généralement de pucerons (jusqu'à 400 au cours de leur développement), mais elles peuvent aussi consommer des cochenilles, des aleurodes et des psylles.

Les adultes se nourrissent de nectar, de pollen et de miellat.



28 – Cycle de vie d'un endoparasitoïde de puceron (Malais and Ravensberg, 2006).

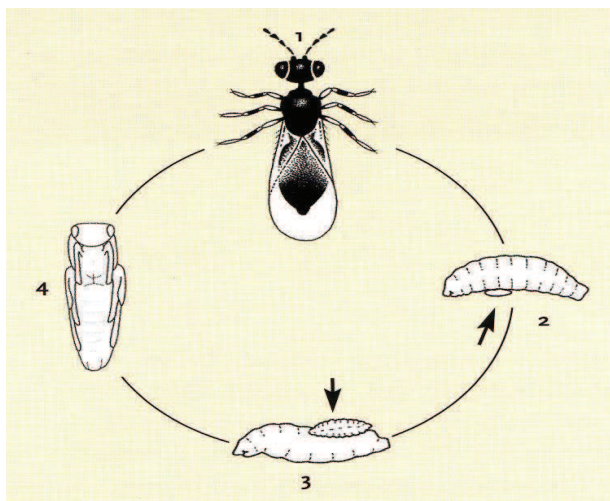
1 – Adulte, 2,3 - Œuf, 4 - larve, 5 – Momie de puceron, 6 – Nymphose, 7 – Momie désoperculée



29 – Momies de pucerons (Faruel C.)



31 – Hyménoptères (*Chalcidoidea*) (Faruel C.)
(Faruel C.).



30 – Cycle de vie d'un ectoparasitoïde de chenille
(Malais and Ravensberg, 2006).

1 – Adulte, 2 - Œuf, 3 - larve, 4 – Nymphose



32 – Hyménoptères (*Ichneumonoidea*) (Faruel C.)
(Faruel C.).

Les Hyménoptères parasitoïdes

Les hyménoptères parasitoïdes sont un groupe d'insectes qui compte de nombreux insectes principalement répartis au sein de deux super familles, celle des Ichneumonoidea (Fig. 32), qui regroupe les Ichneumonidae (environ 60000 espèces) et les Braconidae (environ 40000 espèces) et celle des Chalcidoidea (Fig. 31), qui regroupe également un nombre très important d'espèces.

Morphologie

Il existe une importante diversité sur le plan morphologique au sein des Hyménoptères parasitoïdes. On les reconnaît toutefois par le net étranglement qui sépare le thorax de l'abdomen. On distingue les différents groupes par la nervation de leurs ailes.

- Ichneumonidae : 5 à 20mm, parfois plus. 2^{ème} nervure récurrente présente.
- Braconidae : moins de 15mm. 2^{ème} nervure récurrente absente.
- Chalcidoidea : 1 à 2mm en moyenne. Nervation des ailes très réduite.

Hôtes et alimentation

Les femelles pondent à l'intérieur (endoparasitisme) ou sur l'insecte hôte (ectoparasitisme). La larve se développe au dépend de l'hôte, et provoque généralement sa mort par épuisement pour les ectoparasites (Fig. 30), et/ou en transperçant leur hôte pour les endoparasites (Fig. 28).

Les adultes se nourrissent de nectar, de pollen et de miellat.

Les Hyménoptères parasitoïdes peuvent parasiter la plupart des insectes (Tab. XI) ainsi que d'autres invertébrés (ex : Arachnides). Beaucoup d'entre eux sont déjà utilisés en lutte biologique, que ce soit en cultures sous abris (*Aphidius*, *Dacnusa*, *Aphelinus*, *Encarsia*, *Praon*, *Diglyphus*....) ou en extérieur (*Trichogramma* ...).

Les pucerons parasités ont généralement une couleur et une forme assez caractéristique. On les appelle « momies » (Fig. 29).

XI – Possibilités de parasitisme des principaux groupes de parasitoïdes (Faruel C.)

	<i>Ichneumonidae</i>	<i>Braconidae</i>	<i>Chalcidoidea</i>
Arachnides			X
Lépidoptères	X	X	X
Hyménoptères	X		X
Homoptères		X	X
Hémiptères		X	X
Diptères		X	X
Coléoptères	X	X	X
Orthoptères			X
Hyperparasitisme	X	X	X

XII – Effet de l'apport de plantes fleuries sur les principaux auxiliaires omnivores au stade adulte (Faruel C.)

	Effet sur la reproduction des auxiliaires	Effet sur le cycle de vie d'un individu		
	allongement de la période d'oviposition et / ou augmentation du taux de ponte	Permet l'allongement de la durée de vie de l'individu	Raccourci la durée de développement nécessaire à l'auxiliaire avant de pouvoir se reproduire	Est source de nourriture alternative aux proies
Acariens prédateurs	Mc Murtry and Scriven G.T, 1996 ; Van Rijn and Tanigoshi, 1999	Mc Murtry and Steven, 1996 ; Ogawa and Osakabe, 2008	Vantornhout et al., 2004	Van Rijn and Tanigoshi, 1999
Punaises prédatrices	Vandekerkhove and DeClerq, 2010 ; Puramino and Alomar, 2012 ; Portillo et al., 2012	Puramino and Alomar, 2012. Portillo et al., 2012	Vandekerkhove and DeClerq, 2010	Puramino and Alomar, 2012
Coccinelles	Lundgren and Seagraves, 2011	Lundgren and Seagraves, 2011		Harmon et al., 2000
Névroptères	Robinson et al., 2008	Robinson et al., 2008	Patt et al, 2003 ; Robinson et al., 2008	Robinson et al., 2008 ; Limburg and Rosenheim, 2001

XIII – Ressources florales citées dans la littérature comme ayant eu un impact positif sur la dynamique des populations d'auxiliaires (Faruel C.)

Type d'auxiliaires	Plante	Famille botanique	Références bibliographiques
Acarien prédateur	<i>Ricinus communis</i> (L.)	Euphorbiaceae	Van Rijn and Tanigoshi, 1999
Coccinelles	<i>Anethum graveolens</i> (L.)	Apiaceae	Patt et al., 1997
Coccinelles	<i>Coriandrum sativum</i> (L.)	Apiaceae	Patt et al., 1997
Coccinelles	<i>Taraxacum campyloides</i> (G.E. Haglund)	Asteraceae	Harmon et al., 2000
Hyménoptères	<i>Aegopodium podagraria</i> (L.)	Apiaceae	Wäckers, 2004
Hyménoptères	<i>Anethum graveolens</i> (L.)	Apiaceae	Patt et al., 1997
Hyménoptères	<i>Apium graveolens</i> (L.)	Apiaceae	Winkler et al., 2009
Hyménoptères	<i>Centaurea cyanus</i> (L.)	Asteraceae	Winkler et al., 2009
Hyménoptères	<i>Conium maculatum</i> (L.)	Apiaceae	Ide and Lanfranco, 2001
Hyménoptères	<i>Coriandrum sativum</i> (L.)	Apiaceae	Patt et al., 1997 ; Irvin et al., 1999 ; Vattala et al., 2006
Hyménoptères	<i>Daucus carota</i> (L.)	Apiaceae	Ide and Lanfranco, 2001
Hyménoptères	<i>Fagopyrum esculentum</i> (Moench)	Polygonaceae	Baggen et al., 1998 ; Irvin et al., 1999 ; Lee et al., 2004 ; Wratten et al., 2003 ; Vattala et al., 2006
Hyménoptères	<i>Lobularia maritima</i> (L.)	Brassicaceae	Berndt and Wratten, 2005
Hyménoptères	<i>Origanum vulgare</i> (L.)	Lamiaceae	Wäckers, 2004
Névroptère	<i>Fagopyrum esculentum</i> (Moench)	Polygonaceae	Robinson et al., 2008
Punaise prédatrice	<i>Achillea millefolium</i> (L.)	Asteraceae	Ferre, 2011
Punaise prédatrice	<i>Calendula officinalis</i> (L.)	Asteraceae	Lambion, Sarthou et Warlop, 2009
Punaise prédatrice	<i>Erodium manescavii</i> (Coss.)	Geraniaceae	Lambion, Sarthou et Warlop, 2009
Punaise prédatrice	<i>Inula helenium</i> (L.)	Asteraceae	Lambion, Sarthou et Warlop, 2009
Punaise prédatrice	<i>Lobularia maritima</i> (L.)	Brassicaceae	Hogg et al., 2011
Punaise prédatrice	<i>Tanacetum vulgare</i> (L.)	Asteraceae	Ferre, 2011
Punaise prédatrice	<i>Urtica dioica</i> (L.)	Urticaceae	Ferre, 2011
Punaise prédatrice	<i>Lobularia maritima</i> (L.)	Brassicaceae	Puramino and Alomar, 2012
Syrphes	<i>Achillea millefolium</i> (L.)	Asteraceae	Colley and Luna, 2000 ; Ferre, 2011
Syrphes	<i>Agastache rugosa</i> (Fischer & Meyer)	Lamiaceae	Colley and Luna, 2000
Syrphes	<i>Coriandrum sativum</i> (L.)	Apiaceae	Morris et al., 2000 ; Colley and Luna, 2000 ; MacLeod, 1992
Syrphes	<i>Fagopyrum esculentum</i> (Moench)	Polygonaceae	MacLeod, 1992 ; Van Rijn et al., 2006
Syrphes	<i>Foeniculum vulgare</i> (Mill.)	Apiaceae	Colley and Luna, 2000
Syrphes	<i>Lobularia maritima</i> (L.)	Brassicaceae	Hogg et al., 2011
Syrphes	<i>Phacelia tanacetifolia</i> (Benth.)	Hydrophyllaceae	Hickman et al., 1996
Syrphes	<i>Potentilla fruticosa</i> (L.)	Rosaceae	Ferre, 2011
Syrphes	<i>Tanacetum vulgare</i> (L.)	Asteraceae	Ferre, 2011
Tachinidae	<i>Daucus carota</i> (L.)	Apiaceae	Al-Dobai et al., 2012

II.2.3 Apports de ressources florales dans une stratégie de lutte par conservation :

Lutte par conservation

La lutte biologique par conservation repose sur l'action conjuguée d'un cortège d'auxiliaires naturellement présents dans l'environnement. Elle consiste à mettre en œuvre des méthodes permettant d'attirer et maintenir ces auxiliaires dans ou à proximité directe des cultures afin d'en assurer une bonne protection vis à vis des ravageurs. Ces méthodes consistent généralement en des aménagements particuliers favorisant la présence des auxiliaires. On peut envisager ces aménagements à deux échelles :

- aménagement à l'échelle de la parcelle (apport de ressources florales, bandes fleuries...)
- aménagement à l'échelle du paysage (bosquets, haies, prairies permanentes...)

Prédateurs omnivores aux stades adultes (Tab. XII) :

De nombreux prédateurs omnivores peuvent se nourrir de pollen et/ou de nectar, qu'il soit floral ou extrafloral.

Ces ressources sont notamment utilisées par les auxiliaires en absence de proies afin de se maintenir ou en complément de leur alimentation habituelle afin d'améliorer leurs performances reproductives (durée de la période d'oviposition et nombres d'œufs déposés quotidiennement), leur longévité, ou encore accélérer leur vitesse de développement.

L'apport de ressources florales sur une parcelle doit donc permettre de maintenir des populations de prédateurs omnivores, même lorsque leurs proies sont rares. Cet apport doit également permettre d'influer la dynamique des populations de ces prédateurs en améliorant leurs capacités de reproduction ainsi que leur propre développement (taille, longévité, vitesse d'atteinte du stade adulte...).

Auxiliaires floricoles aux stades adultes (Tab XIII) :

Syrphes

L'activité des Syrphes (notamment les périodes de vol), ainsi que leur durée de vie relativement longue nécessitent un apport important d'énergie, qu'elles trouvent en se nourrissant de pollen, nectar ainsi que de miellat. Un apport de ressources florales sur des parcelles cultivées permet donc d'inciter les syrphes à rechercher des proies sur les cultures. (Colley et al., 2000 ; Morris et al., 2000 ; Pineda and Marcos-Garcia, 2008).

Le nectar et le pollen sont nécessaires à la maturation des gonades mâles et femelles. (Schneider, 1948). Les syrphes ne peuvent donc se reproduire que lorsque que du pollen est disponible (Van Rijn et al., 2006). Elles consomment du pollen et du nectar avant de pondre, notamment la 1^{ère} semaine après leur émergence, ce qui leur permet ensuite de pondre pendant une semaine, même en absence de ressources florales. Ensuite, elles alternent entre sites de pontes et sites d'alimentation en nectar et en pollen afin de maintenir un bon niveau de maturation des œufs et de prolonger leur activité (Van Rijn et al., 2006).

Le choix des plantes sources de nourriture dépend en partie de la profondeur de la corolle (Gilbert, 1981) et probablement de la valeur nutritive des ressources florales.

Les inflorescences larges, et les corolles courtes et plates comme celles des Apiacées sont particulièrement intéressantes pour les Syrphes car le nectar est alors plus accessible. Les fleurs jaunes et les fleurs blanches sont stimulatrices pour leur nutrition. (Cowgill 1989 ; Lunau and Wacht, 1994 ; Sutherland et al., 1999).

Les syrphes peuvent également consommer du miellat, notamment lorsqu'elles ne disposent pas de ressources florales à proximité. Van Rijn et al, dans son essai de 2006, montre que le miellat de pucerons du chou favorise la survie d'*Episyrphus balteatus* lorsqu'elle recherche un site d'oviposition sur une culture de chou.

Tachinidae

Les *Tachinidae* adultes se nourrissent de nectar et de pollen et ont les mêmes préférences que les syrphes, en se nourrissant principalement sur les Asteracées, Apiacées et Rosacées (Tooker et al., 2006). En Effet, la plupart des *Tachinidae* semblent, à l'instar des Syrphes, posséder des pièces buccales courtes (S. Al-Dobai et al., 2012).

Hyménoptères

Les hyménoptères parasitoïdes émergent souvent avec des ressources en sucre très limitées. (Steppuhn and Wäckers, 2004, Lee et al. 2004). La plupart ont donc besoin de ressources sucrées, comme du nectar ou du pollen, pour couvrir leurs besoins nutritifs. (Steppuhn and Wäckers, 2004). Un apport de nectar (floral ou extra-floral) et de pollen permet donc d'augmenter la durée de vie des parasitoïdes et leur efficacité à réduire les populations d'auxiliaires. (Baggen and Gurr, 1998 ; Lee et al., 2004 ; Lee and Heimpel, 2005 ; Winkler et al., 2006 ; Heimpel et al 1997 ; Araj et al, 2008 ; Pemberton and Lee, 1996)

Même si de nombreux parasitoïdes visitent les fleurs pour se nourrir de nectar (Kevan & Backer, 1983), beaucoup sont limités aux fleurs ouvertes et accessibles du fait de leur morphologie et leurs pièces buccales réduites. (Jervis et al., 1993 ; Patt et al., 1997 ; Winkler et al., 2009 ; Sivinski et al., 2011).

La mauvaise adéquation entre l'architecture florale de la plante et la morphologie du parasitoïde peut donc expliquer les différences de longévité selon la plante nourricière qui ont été montrées dans certaines études. (Patt et al., 1997 ; Jervis, 1998).

De nombreuses études ont montré que les Apiacées sont une source de nourriture intéressante pour différents parasitoïdes, du fait de leur corolle plate et de leurs nectaries bien exposées.

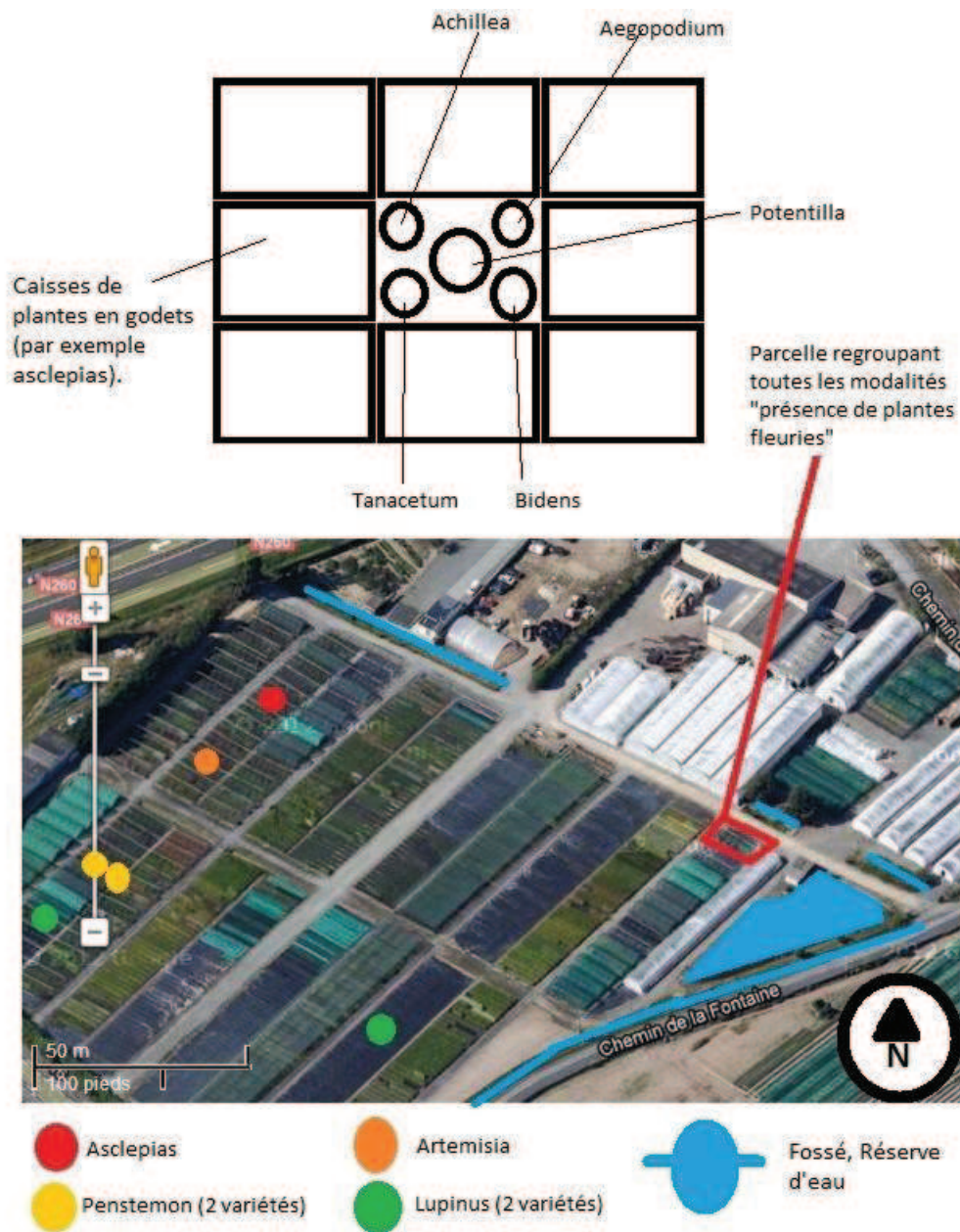
Limites à l'utilisation de plantes fleuries

L'apport de ressources florales peut dans certain cas nécessiter des essais afin de vérifier que ces apports ne favorisent pas également les populations de ravageurs, notamment de Lépidoptères (Lavandero et al., 2006 ; Winkler et al., 2009). L'apport de nectar extrafloral peut être une solutions alternative au nectar floral dans la mesure où il est facilement accessible pour de nombreux parasitoïdes (Bugg et al., 1989 ; Röse et al, 2006, Stapel et al., 1997).

Globalement, on retiendra que les principales ressources florales ayant montré un intérêt sont des Apiacées, le sarrasin, la *Lobularia*, ainsi que divers plantes à fleurs « aplaties » telles que l'*Achillea*, le *Tanacetum*, et la *Potentilla*.

Les critères de sélection des ressources florales sont liés à la couleur et l'odeur de la fleur (composés volatiles), sa taille ainsi que l'accessibilité du nectar. Chaque auxiliaire peut avoir des exigences spécifiques, généralement liées à l'adéquation entre ses pièces buccales et la structure des fleurs de la ressource florale.

Les plantes retenues dans le cadre de l'essai sont donc toutes des plantes citées dans la bibliographie comme potentiellement intéressantes. Elles sont également sélectionnées en fonction de leur capacité à être conduite en pot et en fonction de leur disponibilité.



33 – Schéma du dispositif de l'essai sur l'utilisation de plantes fleuries (Faruel C.)

<i>Artemisia 'Powis Castle'</i>
<i>Penstemon 'Midnight'</i>
<i>Penstemon 'Mother of Pearl'</i>
<i>Asclepias incarnata</i>
<i>Lupinus arboreus</i>
<i>Lupinus 'Minarette'</i>

<i>Potentilla fruticosa</i>
<i>Tanacetum vulgare</i>
<i>Achillea millefolium</i>
<i>Aegopodium podagraria</i>
<i>Bidens ferulifolia</i>

XIV – Plantes utilisées comme support pour le développement de colonies de pucerons (Faruel C.)

XV – Plantes utilisées comme ressources florales (Faruel C.)

Prédateurs mobiles	Prédateurs peu mobiles
Punaises prédatrices	Larves de Névroptères
Névroptères adultes	Larves de Syrphes
Coccinelles adultes	Larves de Cécidomyies
	Larves de coccinelles
	Pucerons parasités (Momies)

XVI – Auxiliaires relevés dans le cadre de l'essai (Faruel C.)

Rappel des objectifs de l'essai

L'essai qui suit a pour objectif de vérifier l'intérêt d'implanter des plantes fleuries afin de contrôler les populations de ravageurs sans utiliser d'insecticides mais en renforçant l'action des auxiliaires naturellement présents sur l'exploitation.

II.3 : Matériel et méthodes :

Matériel technique et végétal:

L'essai se déroule sur une durée d'environ 2 mois. Les notations s'effectuent toutes les semaines à partir du 18 Juillet.

La parcelle où se déroulent les essais est hétérogène pas la diversité des espèces cultivées mais ne présente pas de zone majeure susceptible d'attirer les auxiliaires. On notera tout de même que la parcelle est bordée à l'Ouest par une haie monospécifique de Thuyas, au Sud par une haie monospécifique de Charmes et à l'Est et au Nord par des fossés ainsi qu'une réserve d'eau, le tout étant régulièrement entretenu et présentant un intérêt limité pour les auxiliaires.

Plantes hôtes de ravageurs

Les plantes utilisées (Tab. XIV) sont rempotées dans un substrat spécial vivaces. Elles sont irriguées par aspersion et entretenues régulièrement afin d'être commercialisées à partir de Septembre.

Elles sont rempotées entre fin Juin et début Juillet, et les premières notations commencent en semaine 29, le 18 Juillet. Les plantes sont irriguées par aspersion et désherbées manuellement. Aucun traitement phytosanitaire ne leur est appliqué.

Ensembles fleuris

Les plantes utilisées en tant que ressources florales sont visibles dans le tableau XV. Elles sont empotées mi-Juin, individuellement, en pot de 3L. Les plantes fleuries sont disposées au centre de chaque modalité « présence de plantes fleuries », comme décrit dans la figure 33.

Dispositif expérimental et modalités

Les modalités sont : « Présence de ressources florales » et « Absence de ressources florales ».

Les modalités sont séparées de plusieurs dizaines de mètres (Fig. 33). Il n'y a pas de répétitions.

Les Parcelles élémentaires sont constituées de 280 plantes en godet au milieu desquelles sont placées les ressources florales pour la modalité « présence de plantes fleuries ».

L'essai est répété pour chacune des plantes visibles dans le tableau XIV.

Variables mesurées

Les notations (feuille vierge de relevé en Annexe IX) sont, dans la mesure du possible, réalisées dans des conditions météorologiques constantes d'une semaine à l'autre : 20 à 25°, pas de vent, ciel dégagé.

La floraison des ressources florales est également notée.

Pucerons : comptage sur 9 plantes prises au hasard (3 plantes, pour 3 caisses différentes).

Auxiliaires peu mobiles : comptage sur 9 plantes, les mêmes que celles où sont dénombrés les pucerons.

Auxiliaires mobiles : comptage sur une durée de 3 minutes par modalité pour chaque variété.

Seuls les prédateurs actifs, aptes à consommer des ravageurs sont pris en compte dans cette étude.

Le Tableau XVI présente ces auxiliaires et leur catégorie (mobile / peu mobile).

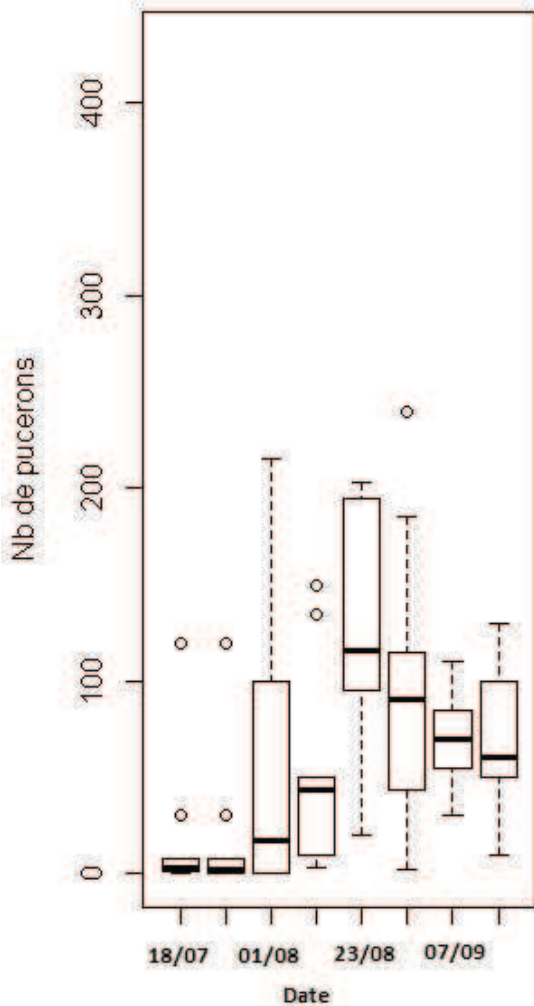
XVII – Floraison des ressources florales au cours de l'essai (Faruel C.)

Floraison	18-jul	26-jul	01-août	16-août	23-août	31-août	07-sept	14-sept
Potentilla fruticosa								
Tanacetum vulgare								
Achillea millefolium								
Aegopodium podagraria								
Bidens ferulifolia								

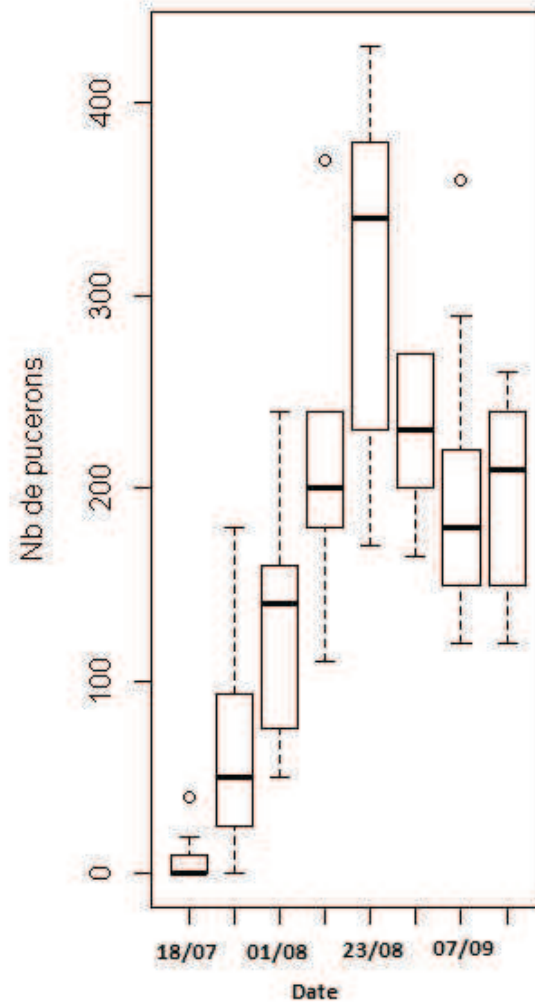
XVIII – Descriptif des données sur le nombre moyen de pucerons par plante. (Faruel C.)

Pucerons par plante	Moyenne	Écart type	Quartiles					Nombre de notations
			0%	25%	50%	75%	100%	
Absence de plantes fleuries	169,26	107,73	0	88,5	175	240	430	72
Présence de plantes fleuries	63,75	63,39	0	5	50	102,5	240	72

Présence de plantes fleuries



Absence de plantes fleuries



34 – Nombre de pucerons moyen par plante (*Asclepias*) selon la modalité présence ou absence de plantes fleuries (Faruel C.)

Traitement statistique

Traitement des données (Données retravaillées en annexe X):

Afin de traiter convenablement les données, on calcule le nombre de parasitoïdes pour 100 pucerons avec la formule suivante : nombre de parasitoïde pour 100 pucerons = Nb moyen de momies / Nb moyen de pucerons par plante la semaine précédente

On calcule également le nombre de prédateurs actifs pour 100 pucerons avec la formule suivante : Nombre de prédateurs = (Moyenne du Nb de prédateurs mobiles par plante + Nb de prédateurs peu mobiles par plantes) / Nb de pucerons par plante) * 100

Ensuite, on réalise une analyse statistique à l'aide de R et des package Rcmdr et Geepack. L'utilisation d'un modèle gee-glm, puis l'analyse des résultats de ce modèle via ANOVA permettra de vérifier si les résultats sont significatifs. (Script utilisé visible en annexe XI)

II.4 : Résultats de l'essai :

II.4.1 Floraison des plantes fleuries (Tab. XVII):

Seules les potentilles étaient fleuries lors des premières notations. Les *Bidens* ont fleuri à partir de la 2^{ème} semaine de notation et les *Tanacetum* et *Achillea*, respectivement à partir de la 3^{ème} et de la 4^{ème} semaine de notation. Les *Aegopodium* n'ont pas fleuri sur la période de notation mais plus tôt, en Juin, malgré différentes sources qui la décrivent comme fleurissant de Mai à Août.

L'*Achillea* a attiré ponctuellement quelques rares pucerons, alors que le *Tanacetum* a attiré de nombreux pucerons de Juin jusqu'à la floraison en Août et a également hébergé l'oïdium. Par ailleurs, certaines autres espèces et variétés de *Tanacetum* présentes sur la pépinière (*Tanacetum vulgare* v. *crispum*, *Tanacetum haradjanii*) ont hébergé *Tebenna micalis*, un microlépidoptère provoquant des dégâts importants sur de nombreuses Asteracées.

II.4.2 Présence de pucerons :

Parmi les différentes variétés de plantes utilisées comme hôtes pour les pucerons, **seules les *Asclepias* ont subi une attaque suffisante conduisant à des résultats exploitables.** Les *Lupinus* ont très ponctuellement hébergé quelques pucerons (*Macrosiphum albifrons*) dans des quantités négligeables, ne permettant pas d'analyse.

L'analyse qui suit ne portera donc que sur les données issues de l'essai sur *Asclepias*.

Effet de la présence de plantes fleuries sur le nombre de pucerons par plante :

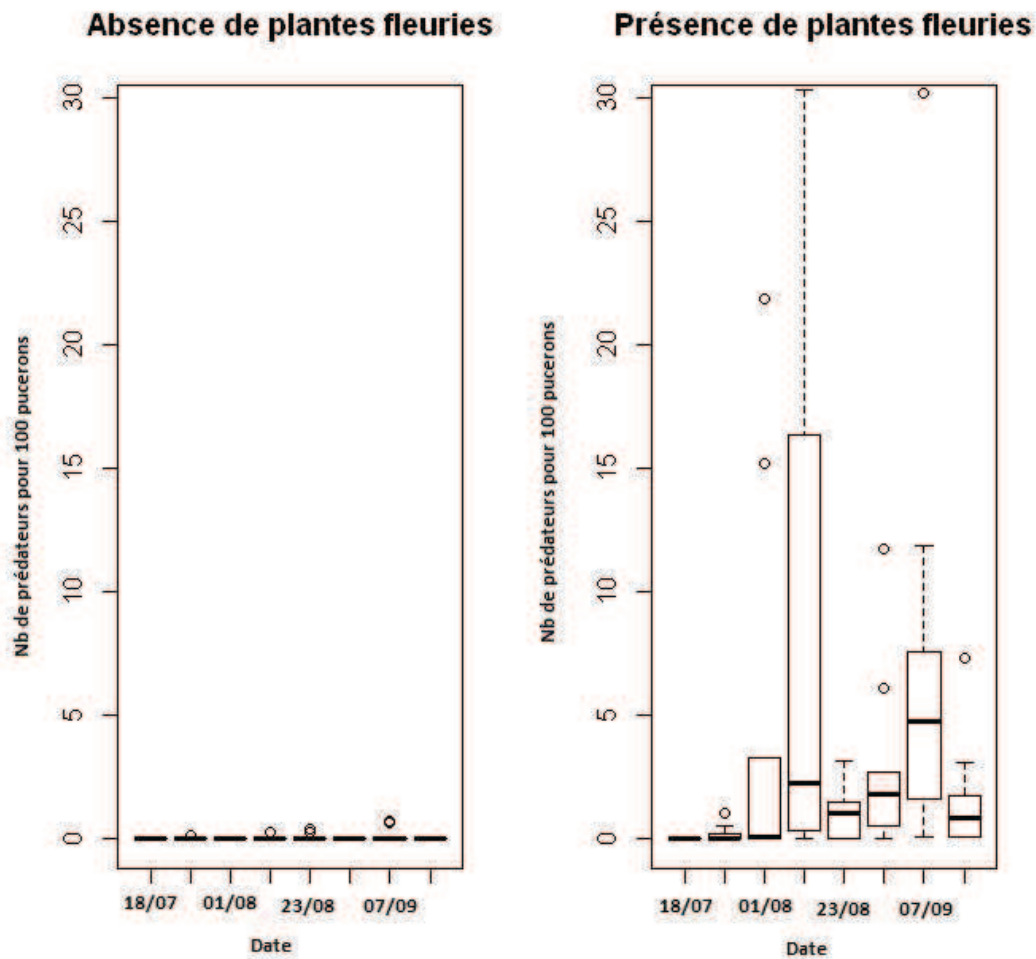
On observe graphiquement (Fig. 34) qu'en présence de plantes fleuries, les populations de pucerons sont plus faibles (pic de 110 pucerons par plante, contre 350 par plante sans plantes fleuries (voir également le tableau XVIII))

L'analyse des résultats par un modèle gee-glm, et la fonction anova du package geepack nous donne une p-value = 0.0018, le résultat est donc significatif à un niveau de confiance de 99%.

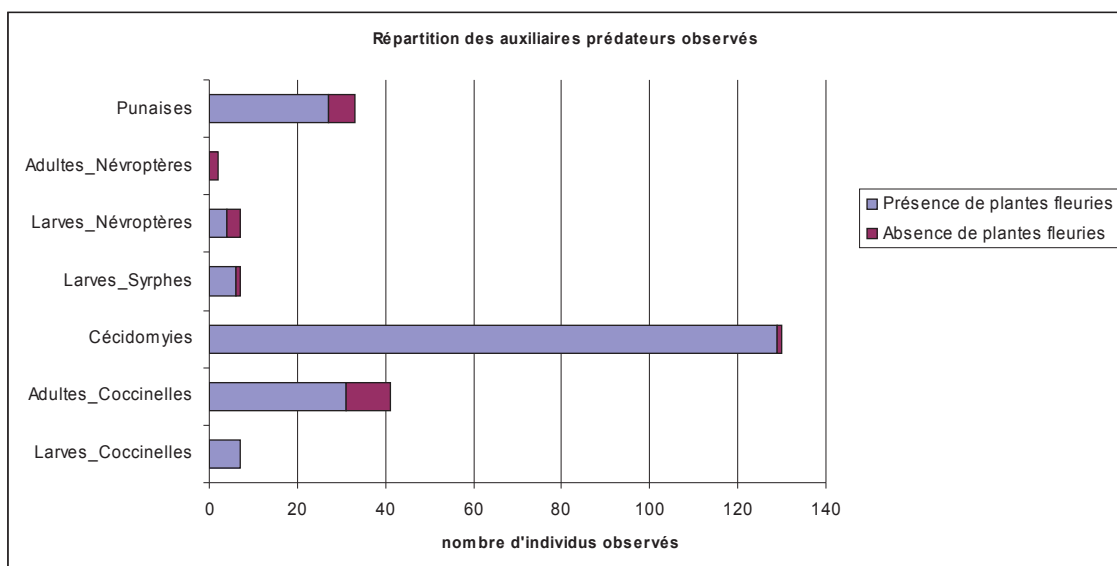
Dans le cadre de l'essai, les populations de pucerons sont réduites en présence de ressources florales, ce qui suppose une action de la part des auxiliaires sur le développement de ces populations de pucerons.

XIX – Descriptif des données pour le nombre de prédateurs pour 100 pucerons (Faruel C.)

Prédateurs pour 100 pucerons	Moyenne	Écart type	Quartiles					Nombre de notations
			0%	25%	50%	75%	100%	
Absence de plantes fleuries	0,04	0,12	0	0,0026	0,0037	0,0092	0,72	72
Présence de plantes fleuries	6,24	27,97	0	0,0091	0,52	2,77	234,4	72



35 – Nombre de prédateurs pour 100 pucerons selon la modalité présence ou absence de plantes fleuries (Faruel C.)



36 – Nombre d'observations par type de prédateur en fonction de la présence de plantes fleuries (Faruel C.)

II.4.3 Effet de la présence de plantes fleuries sur le nombre de prédateurs pour 100 pucerons

On observe graphiquement (Fig. 35) et numériquement (Tab. XIX) que le nombre de prédateurs pour 100 pucerons est plus élevé en présence de plantes fleuries (total de 204 prédateurs observés) que lorsque aucune ressource florale n'est disponible (23 prédateurs observés) (Voir Annexe X).

L'analyse des résultats par un modèle geeglm, et la fonction anova du package geepack nous donne une p-value = 0.08, le résultat n'est donc significatif qu'à un niveau de confiance de 90%, ce qui peut s'expliquer par l'importante variance des résultats en présence de plantes fleuries.

En présence de plante fleurie, les cécidomyies sont les auxiliaires prédateurs les plus présents en termes d'effectifs (63%). Viennent ensuite les coccinelles adultes (15%) et les punaises prédatrices (13%). En l'absence de plantes fleuries, les punaises (26%) et les coccinelles adultes (43%) représentent plus de 2/3 des effectifs de prédateurs observés. (Fig. 36)

L'analyse statistique sous R avec un modèle gee-glm permet de démontrer l'effet de l'apport de ressources florales sur les populations d'auxiliaires lorsqu'on analyse les données relevées par type de prédateurs plutôt que pour l'ensemble des prédateurs:

Les populations de punaises prédatrices (P-value=0.0028), de cécidomyies (P-value=0.0021) et de larves de coccinelles (P-value= $3.051 \cdot 10^{-5}$) sont significativement différentes à un niveau de confiance de 99%.

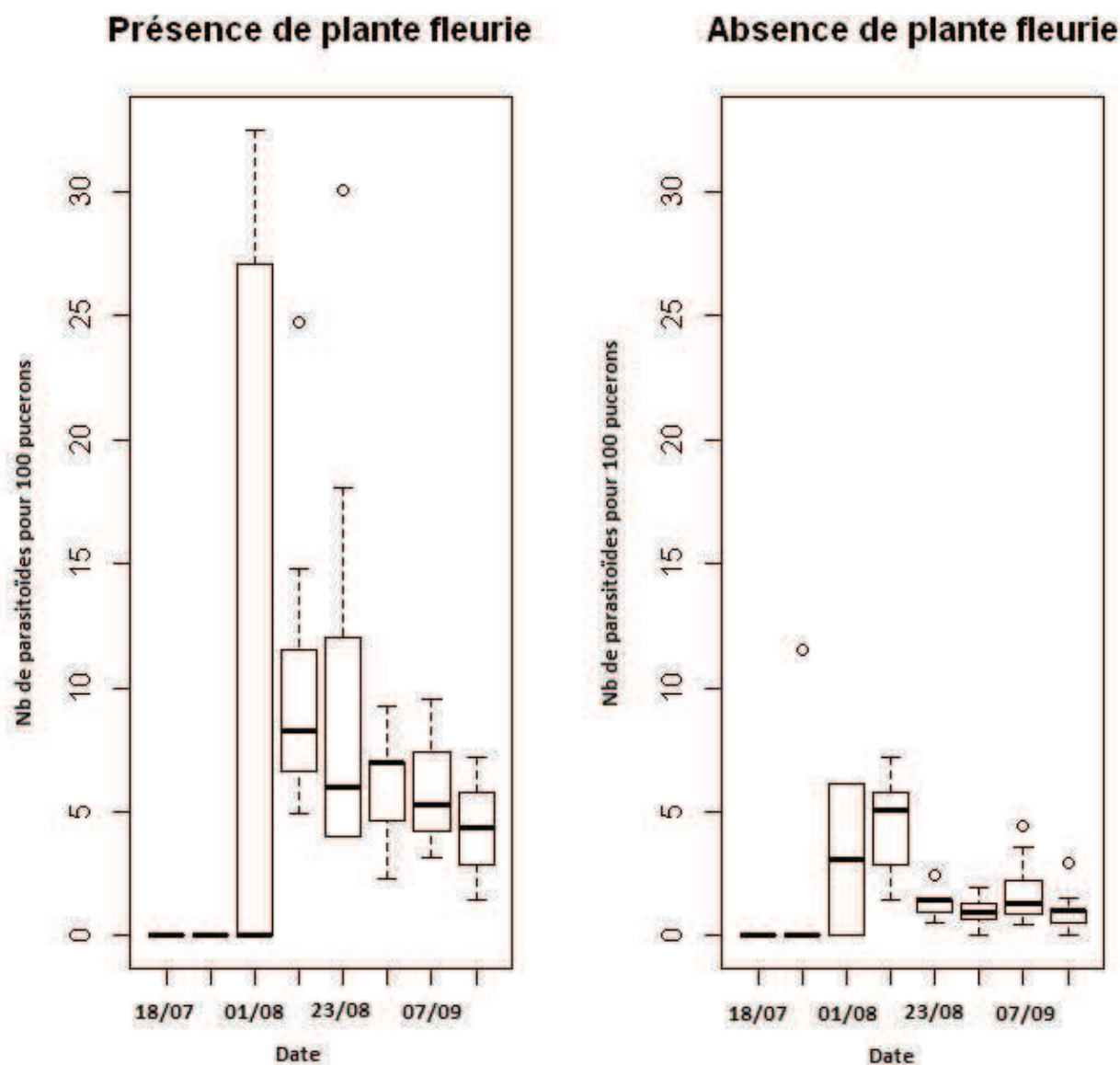
Les populations de coccinelles adultes sont quant à elles significativement différentes avec un niveau de confiance de 95%.

L'apport de ressources florales semble donc avoir favorisé la présence des punaises prédatrices, des cécidomyies et des coccinelles.

Aucune différence significative n'est mise en évidence par les tests pour les populations de Névroptères ni pour les larves de Syrphes du fait d'observations trop peu nombreuses.

XX – Descriptif des données pour le nombre de parasitoïdes pour 100 pucerons (Faruel C.)

Parasitoïdes pour 100 pucerons	Moyenne	Écart type	Quartiles					Nombre de notations
			0%	25%	50%	75%	100%	
Absence de plantes fleuries	1,73	2,24	0	0	0,97	2,21	11,53	72
Présence de plantes fleuries	5,98	7,34	0	0	4,32	7,48	32,53	72



37 – Nombre de parasitoïdes pour 100 pucerons selon la modalité présence ou non de plantes fleuries (Faruel C.)

II.4.4 Effet de la présence de plantes fleuries sur le nombre de parasitoïdes pour 100 pucerons

On observe graphiquement (Fig. 37) que le nombre de parasitoïdes pour 100 pucerons en présence de plantes fleuries est plus important, comme le montre également le tableau XX décrivant les données sur le parasitisme. L'analyse des résultats sous R donne une P-value = 0.0054, le résultat est donc significatif à un niveau de confiance de 99%. L'apport de ressources florales aurait donc permis d'augmenter le parasitisme par les Hyménoptères.

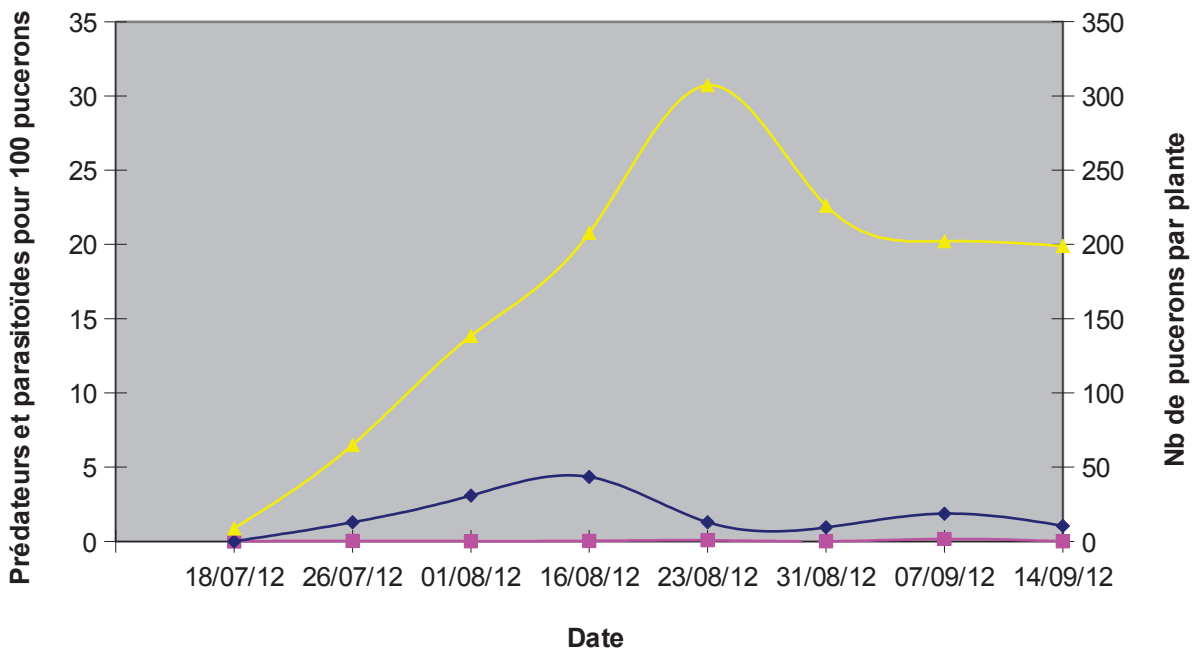
II.4.5 Évolution des populations de pucerons, prédateurs et parasitoïdes (Fig. 38 et 39):

En l'absence de ressources florales, les populations de pucerons semblent faiblement impactées par le parasitisme qui stagne à un taux moyen de 1.73 parasitoïdes pour 100 pucerons, ni par la prédation quasi-nulle (taux moyen de 0.04 prédateurs pour 100 pucerons). La stagnation des populations de pucerons autour de 200 pucerons par plante à partir de la fin Août est donc probablement liée à la capacité limitée des plantes à supporter l'évolution des populations de pucerons plutôt qu'à l'action des auxiliaires.

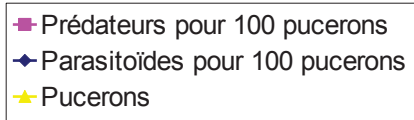
En présence de plantes fleuries, on observe deux pics de populations de pucerons, le 1er Août et 15 jours plus tard, le 23 Août, auxquels les prédateurs semblent « répondre » puisqu'on observe deux pics de prédateurs le 16 Août et le 7 Septembre, soit 1 à 2 semaine après les pics de populations de pucerons. L'évolution des populations de prédateurs en présence de plante fleuries est donc conforme aux courbes de type « proies-prédateurs » décrites par l'équation de Lotka-Volterra.

Le faible nombre de prédateurs et de parasitoïdes observables en présence de plantes fleuries les deux premières semaines de notation peuvent s'expliquer par le manque de ressources florales sur cette période mais également par le temps nécessaire aux populations de prédateurs et de parasitoïdes à localiser les jeunes colonies de pucerons, récemment établies.

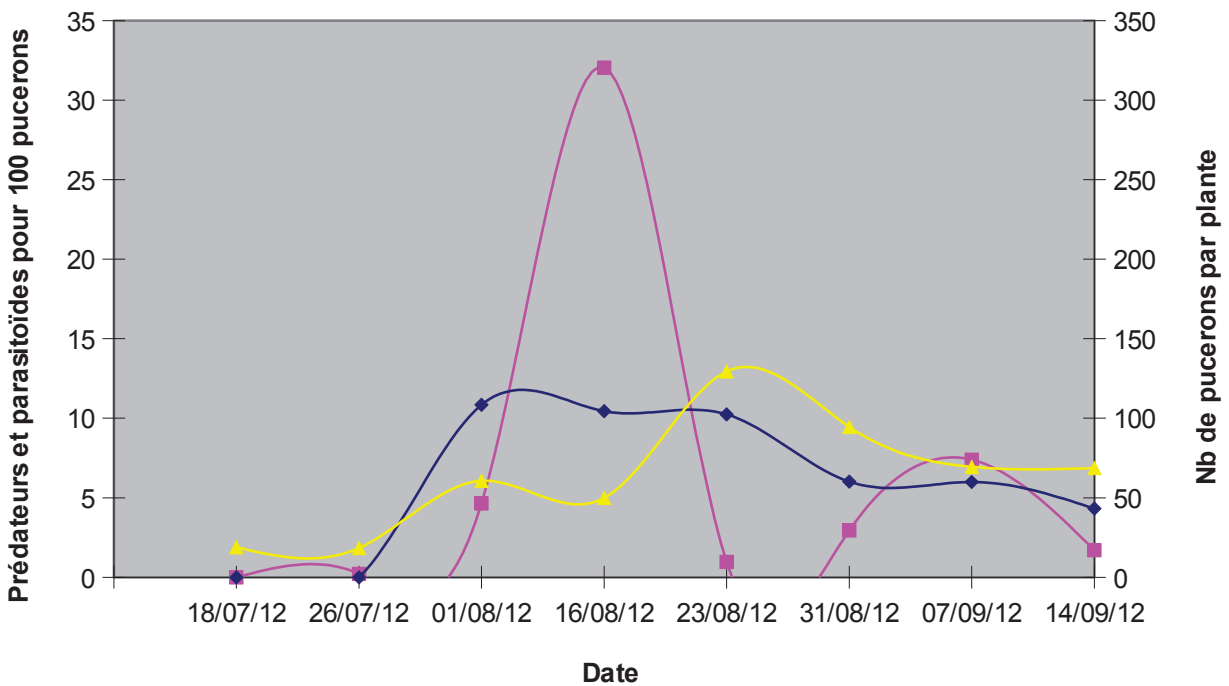
Absence de plante fleurie



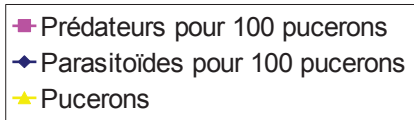
38 – Dynamique des populations de pucerons, prédateurs et parasitoïdes en absence de plantes fleuries (Faruel C.)



Présence de plante fleurie



39 – Dynamique des populations de pucerons, prédateurs et parasitoïdes en présence de plantes fleuries (Faruel C.)



II.5 Discussion

Efficacité des plantes fleuries :

Il faut avant tout souligner que les résultats présentés ne portent que sur un nombre limité de plantes, et sur un seul couple hôte/ravageur (*Aphis nerii* sur *Asclepias*).

Les observations sont également trop peu nombreuses pour conclure formellement en ce qui concerne l'intérêt de l'apport de ressources florales pour les névroptères et les syrphes.

Afin de confirmer les résultats obtenus, il sera donc nécessaire de conduire des essais supplémentaires, en diversifiant les couples hôtes/ravageurs, et idéalement en inoculant le ravageur sur l'hôte afin de s'assurer de l'obtention de résultats utilisables.

Malgré tout, les résultats de l'essai semblent montrer assez nettement que l'apport de plantes fleuries permet de limiter les populations de pucerons grâce à l'augmentation du nombre de prédateurs et de parasitoïdes pour 100 pucerons.

Des résultats aussi nets étant plutôt rare en lutte par conservation, on peut s'interroger sur leur pertinence. Divers facteurs auraient pu fausser les résultats, en particulier des différences de facteurs environnementaux entre les modalités sans plantes fleuries et les modalités avec présence de plantes fleuries. Comme expliqué lors de la présentation de l'essai, la parcelle sur laquelle il a été implanté ne dispose pas en son sein, ni à proximité, d'éléments fortement favorables aux auxiliaires, qui auraient pu fausser les résultats.

La plupart des études réalisées sur l'intérêt de l'apport de ressources florales sont réalisées en cultures de pleine terre, notamment en maraîchage ou en grande culture. Il s'agit alors généralement d'étudier l'impact d'un dispositif (bande fleurie, bande enherbée, haie...) sur le parasitisme et la prédation au sein de la parcelle, à différentes distances (10, 20, 50, 100 mètres...).

Dans cet essai, les plantes étudiées étaient placées dans un rayon de 1,5 mètre autour du dispositif fleuri. Cette forte proximité a pu contribuer à obtenir des résultats aussi nets, alors que les essais menés sur des distances plus longues aboutissent généralement à des résultats plus mitigés.

Cette forte proximité entre le dispositif fleuri et les plantes à protéger correspond pourtant bien aux attentes des pépinières Lepage puisqu'il s'agit de protéger de petites séries de plantes, sur lesquelles on pourra apporter à moindre coût des ressources florales en fonction de la présence de foyers de ravageurs. Il ne s'agit donc pas de quadriller la pépinière de milliers de plantes fleuries, mais plutôt d'orienter l'action des auxiliaires sur les foyers de ravageurs en apportant des plantes fleuries selon les besoins et sur des surfaces très limitées.

Malgré cette nette différence entre les populations de pucerons des modalités « présence de plantes fleuries » et « absence de plantes fleuries », le niveau de contrôle des populations de pucerons s'avère être insuffisant puisqu'une moyenne de 67 pucerons par plante s'est maintenu à la fin de l'essai en présence de plantes fleuries (contre 199 sans plantes fleuries). On peut donc supposer que l'attractivité des plantes fleuries n'a pas été suffisante, en terme de qualité d'une part (choix de l'espèce), et en terme de quantité d'autre part (peu de ressources florales disponibles en début d'essai).

Aspect quantitatif :

Toutes les plantes utilisées dans l'essai sont décrites par la littérature comme aptes à fleurir sur toute la durée de l'essai (Juin à Septembre, Juillet à Septembre pour le *Tanacetum*).

Seule la Potentille a fleuri sur toute la durée de l'essai. Les autres plantes, rempotées trop tardivement (Semaine 22) et/ou avec des plants trop jeunes n'ont pas assuré une floraison sur toute la période de l'essai.

Aspect qualitatif :

D'après la bibliographie, le sarrasin, la coriandre et la *Lobularia* sont parmi les plantes les plus prometteuses pour leur capacité à attirer et à favoriser l'installation d'un grand nombre de prédateurs et parasitoïdes.

Le sarrasin possède des fleurs bien ouvertes et des nectaries qui sécrètent de grandes quantités de nectar riche en sucrose (Vattala, Wratten, Phillips & Wackers, 2006). C'est une source de pollen et de nectar importante pour de nombreux insectes auxiliaires, prédateurs ou parasitoïdes, et il a donc été largement utilisé dans des essais de lutte biologique par conservation. En revanche, la période de floraison du sarrasin est extrêmement courte et il peut vite devenir une mauvaise herbe s'il monte à graine (Hogg et al., 2011).

La période de floraison de *Lobularia maritima* est très étalée. Cette plante est également signalée comme étant capable d'attirer un nombre de parasitoïdes et de prédateurs très important.

Différentes Apiacées, notamment la Coriandre et l'Aneth, sont également cités comme étant particulièrement attractives pour les Hyménoptères parasitoïdes et les Syrphes.

Les Apiacées telles que l'Aneth et la Coriandre, ainsi que la *Lobularia maritima* devraient constituer des ressources florales plus intéressantes pour les auxiliaires que celles utilisées dans le cadre de l'essai. On ne retiendra pas le sarrasin qui pourrait, malgré sa forte attractivité, s'avérer contraignant à l'usage (risque de se ressemer, floraison trop courte).

Bien que plusieurs sources (Ferre, 2011 ; Colley and Luna, 2000) citent l'*Achillea millefolium* comme attractive pour les Syrphes et les Hyménoptères, Wäckers en 2004 la décrit comme repoussante pour les 3 parasitoïdes testés. Des études complémentaires sont donc nécessaires pour vérifier son intérêt. Par ailleurs le *Tanacetum* est susceptible d'héberger plusieurs ravageurs, son utilisation au sein des cultures est donc à éviter.

Limites à l'utilisation de plantes fleuries :

De nombreuses études mettent en évidence une augmentation du parasitisme sur des larves de Lépidoptères en présence de ressources florales (Baggen and Gurr, 1997 ; Irvin et al, 1999 ; Diaz et al., 2012). Cependant, dans de nombreux cas, la présence de ressources florales bénéficie également aux populations de Lépidoptères (Baggen and Gurr, 1997 ; Diaz et al., 2012). Certaines études proposent de contourner ce problème en utilisant des plantes fleuries dont les ravageurs ne peuvent profiter (Araj et al., 2009, Lavandero et al., 2005 ; Lavandero et al., 2006, Généau et al., 2012) du fait d'une incompatibilité de la structure de la fleur avec les pièces buccales du ravageur. Des essais pourraient être menés afin de déterminer une plante fleurie utile aux auxiliaires mais incompatible avec les pièces buccales de *Tebenna micalis*, ravageur qui a causé le plus de dégâts sur l'été 2012 aux Pépinières Lepage.

II.6 Conclusion

Bien que les résultats de l'essai sur *Asclepias* semble prometteur, l'essai devra être répété et amélioré afin de parvenir à limiter les populations de ravageurs sous leurs seuils de nuisibilité.

L'*Asclepias incarnata* semble être une plante particulièrement intéressante dans le cadre d'essais sur le contrôle des populations de pucerons en extérieur de par sa capacité à les attirer même lors d'années peu favorables à leur installation. De plus l'*Asclepias incarnata* est relativement peu impactée par les infestations de pucerons, permettant ainsi l'étude de leurs populations sur des durées assez longues (plusieurs mois). Pour terminer, *Aphis nerii*, le puceron hébergé par l'*Asclepias* est spécifique des Asclepiadacées et Apocynacées, deux familles de plantes peu présentes en production de plantes vivaces. Il ne représente donc qu'un danger très limité pour le reste de la production.

Il faudra aussi diversifier les couples hôtes/ravageurs afin de s'assurer que les dispositifs fleuris peuvent favoriser d'autres auxiliaires que ceux des pucerons.

Afin de mieux rendre compte du potentiel des auxiliaires présents à diminuer, voir à supprimer, les populations de ravageurs, il pourrait être intéressant d'attribuer des coefficients de prédation et de parasitismes aux différents auxiliaires selon le nombre de ravageurs potentiellement consommés/parasités par jour.

Si malgré l'utilisation de ressources florales supposées plus intéressantes (*Lobularia*, Apiacées), les seuils de nuisibilité des ravageurs étaient dépassés, il pourrait être envisagé de réaliser ponctuellement, selon les besoins, des lâchés d'auxiliaires en présence de plantes fleuries. L'augmentation des effectifs d'auxiliaires par lâchers couplés à l'utilisation de plantes fleuries devraient permettre d'assurer un contrôle efficace des ravageurs. Cette technique pourrait plus particulièrement être utilisée sous abri, en production de jeune plants, où les dégâts causés par les ravageurs tels que les pucerons peuvent rapidement conduire à des pertes.

Par ailleurs, "l'orientation" de l'action des auxiliaires sur les foyers de ravageurs par l'utilisation de plantes fleuries peut être placée dans une stratégie plus globale de lutte par conservation, notamment en mettant en place des dispositifs permettant de diversifier, retenir et favoriser les populations d'auxiliaires naturellement présents sur la pépinière. Cette stratégie pourrait, en particulier, conduire à aménager des zones réservoirs d'auxiliaires (haies, bosquets), qui pourraient être réalisés lors de l'aménagement du futur site de production.

Cette stratégie globale viserait donc premièrement la diversification et l'augmentation des effectifs d'auxiliaires présents sur la pépinière par l'aménagement de zones dédiées, puis "l'utilisation" de ces auxiliaires en les orientant et en les maintenant sur les foyers de ravageurs, grâce à l'utilisation de plantes fleuries en pot, déplaçables au besoin.

Partie III : Synthèse et perspectives

Discussion

Mise en place d'enherbements pour limiter le recours aux herbicides :

L'enherbement des passe-pieds avec du gazon ou un mélange de gazon + trèfle semble être un bon moyen pour limiter l'utilisation d'herbicides.

L'essai devra cependant être poursuivi sur une année complémentaire afin de s'assurer que l'enherbement n'agit pas de manière compétitive avec la culture, en provoquant ainsi une baisse de la productivité des pieds mères lors de leur division. Cette évaluation devra également être réalisée sur d'autres types de pieds mères, aux besoins différents, tels que les graminées et les couvre sols.

Il faudra également s'intéresser au fait que l'enherbement peut favoriser les dégâts liés aux gelées blanches. Les Agapanthes constitueront de bons sujets d'observation pour ce risque puisqu'il s'agit de plantes assez sensibles au froid. Les risques de gelées blanches peuvent toutefois être limités par une tonte très courte au printemps, avant le redémarrage des cultures.

Implantation de plantes fleuries au sein des cultures pour favoriser les auxiliaires dans le contrôle des populations de ravageurs :

D'après les résultats de l'essai, l'apport de plantes fleuries au sein des cultures semble bien avoir un intérêt en production horticole puisque la présence de ressources florales a favorisé la dynamique des populations d'auxiliaires, qu'ils soient parasitoïdes ou prédateurs. Étant donné que les résultats n'ont pu être obtenus qu'à partir de l'essai sur les *Asclepias*, et donc sur un nombre limité de plantes, de nouveaux essais devront être menés pour, dans un premier temps, confirmer ces résultats. Dans un second temps, il faudra déterminer des mélanges fleuris suffisamment attractifs pour les auxiliaires afin de réduire les seuils des populations de ravageurs à des niveaux acceptables.

L'essai pourrait également être adapté à la phase multiplication, sous abris, où les enjeux en termes de protection des plantes sont plus importants (jeunes plants plus sensibles aux bio-agresseurs). Certaines Apiacées (Aneth, Coriandre) ainsi que *Lobularia maritima* semblent être des ressources florales prometteuses. L'utilisation de ressources florales pour favoriser les auxiliaires nécessitera d'être vigilant vis à vis du développement des populations de Lépidoptères qui peuvent tirer profit de ces ressources.

Enfin, l'intégration de l'utilisation de plantes fleuries en pot dans une stratégie plus globale de gestion du potentiel des auxiliaires semble être une piste intéressante pour limiter l'utilisation d'insecticides.

Conclusion :

Sous réserve de l'absence d'effet concurrentiel important entre les pieds mères et l'enherbement, il paraît envisageable techniquement et économiquement de procéder à la généralisation de cette méthode.

Par ailleurs l'aménagement et/ou la gestion de zones refuges pour les auxiliaires et l'intégration de l'utilisation de plantes fleuries en pot au sein d'une stratégie visant à utiliser au mieux le potentiel des auxiliaires (diversification, développement des effectifs, orientation sur les foyers de ravageurs) semble être une voie prometteuse en ce qui concerne la gestion des ravageurs sur le futur site de production des pépinières Lepage.

La mise en place, par les pépinières Lepage, de mesures telles que celles présentées dans ce mémoire, permettant de limiter l'utilisation de produits phytosanitaires, devrait permettre d'atteindre un niveau de durabilité élevé, reflété notamment par les certifications environnementales telles que MPS et Plante Bleue. Ces certifications vont être amenées, au cours des prochaines années, à devenir une des composantes importantes dans l'obtention de marchés publics, qui représentent eux-même une part importante du marché des végétaux à destination du paysage.

La mise en place de ces méthodes peut aussi être un moyen pour les pépinières Lepage de continuer à produire en restant en périphérie d'Angers, même sur une zone à risque, mais en limitant au maximum les risques de pollution de l'eau par les produits phytosanitaires.

Enfin, ces méthodes sont également un moyen de s'affranchir de l'utilisation très contrôlée des produits phytosanitaires, de limiter l'exposition du personnel aux substances actives et de contribuer à l'image de marque des pépinières Lepage.

Les pépinières Lepage bénéficient d'un important savoir-faire, d'une bonne image de marque et d'une reconnaissance de la part des acteurs du secteur. L'entreprise évolue sur un marché dominé par les importations, ce qui, à l'heure du « produire local » semble être un bon levier de développement. La gamme des plantes produites est constituée de plantes globalement peu sensibles aux bio-agresseurs et le marché du paysage privilégie la robustesse des plantes à l'aspect esthétique immédiat.

L'entreprise bénéficie donc d'atouts indéniables pour poursuivre son développement en alliant performance environnementale et performance économique. La réimplantation du site de production qui se profile est un projet particulièrement intéressant, qui permet de réfléchir à une cohérence globale du système de culture. La prise en compte des enjeux environnementaux lors de ce déménagement constitue une occasion pour l'entreprise de confirmer sa position de leader national sur le secteur des plantes vivaces à destination du paysage.

Bibliographie

Al-Dobai S., Reitz S., Sivinski J. (2012). **Tachinidae (Diptera) associated with flowering plants: Estimating floral attractiveness**. *Biological Control*, 61, pp.230–239.

Ançay A. et Delabays N. (2006). **Quel enherbement pour les cultures de framboisiers ?** *Revue Suisse Viticole, Arboricole et Horticole*, 38, pp. 363-369.

Antoine L., Bost G., Charmentant S., Soulie C. Etude de marché des végétaux d'extérieur à destination du Paysage. Agrocampus-Ouest, projet option HORVAL, 2012. 35p.

Araj S.E., Wratten S., Lister A., Buckley H. (2008). **Floral diversity, parasitoids and hyperparasitoids - A laboratory approach**. *Basic and Applied Ecology*, 9, pp.588-597.

Baggen L.R., Gurr G.M. (1998). **The influence of food on *copodosoma koehleri* (Hymenoptera : Encyrtidae), and the use of flowering plants as a habitat management tool to enhance biological control of potato moth, *Pthorimaea operculella* (Lepidoptera : Gelechiidae)**. *Biological Control*, 11, pp.9-17.

Berndt L.A., Wratten S.D. (2005). **Effects of alyssum flowers on the longevity, fecundity, and sex ratio of the leafroller parasitoid *Dolichogenidea tasmanica***. *Biological Control*, 32, pp.65–69.

Bessis R, Adrian M., Debord S. (2010). Alimentation hydrique de la vigne, un facteur de l'expression du terroir. Dijon. *Revue des Oenologues*, 137. pp. 9-14.

Bugg R.L., Ellis R.T., Carlson R.W. (1989). **Icheumonidae (Hymenoptera) using extrafloral nectar of faba bean (*Vicia faba* L., Fabaceae) in Massachusetts**. *Biological Agriculture & Horticulture*, 6, pp.107-114.

Celette F. (2007). **Dynamique des fonctionnements hydriques et azotés dans une vigne enherbée sous le climat méditerranéen**. Doctorat Sciences du Sol, Montpellier SupAgro, Montpellier, 182p.

Celette F., Wery J. Chantelot E., Celette J., Gary C. (2005). **Belowground interactions in a vine intercropping system : water relations and growth**. *Plant and Soil*, Vol 276, pp. 205-217.

Colley M.R., Luna J.M. (2000). **Relative attractiveness of potential beneficial insectary plants to aphidophagous hoverflies (Diptera: Syrphidae)**. *Environ. Entomol.*, 29, pp.1054-1059.

Cowgill S. (1989). **The role of non-crop habitats on hoverfly (Diptera: Syrphidae) foraging on arable land**, pp. 1103-1108. In: *Proceedings of the Brighton Crop Protection Conference*. Brighton, 1989, pp.1103-1108

Doré T., Le Bail M., Martin P., Ney B., Roger-Estrade J. (2006). **L'agronomie aujourd'hui**. QUAE, 384p.

Dubois A. (1999) **Effet des modalités de couverture du sol sur la dynamique de l'azote et du carbone dans le vignoble champenois**. Mémoire. ENITA Bordeaux, Bordeaux. 90p.

Enherbement des inters rangs en pépinière fruitière de pleine terre, GIE Fleurs et Plantes du Sud Ouest, 2007, n° 07A3-4.

Ferre, Alain. Caractérisation de l'entomofaune attirée par diverses plantes fleuries. Les Ponts de Cé (FR) : AREXHOR Pays de la Loire, 2011. 16p. PL/10/MF/05-1.

France AGRIMER - Bilan annuel 2011 du commerce extérieur des produits de l'horticulture. 2012.

France AGRIMER - La filière horticole. 2010.

Gary C., Celette F. (2007). **Enherbement et gestion du stress Hydro-azoté de la vigne**. Journée technique de l'IFV - Pulvérisation et entretien du sol en viticulture durable, Toulouse, 11 Décembre 1999.

Gilbert F.S. (1981). **Foraging ecology of hoverflies: morphology of the mouthparts in relation to feeding on nectar and pollen in some common urban species**. Ecol. Entomol., 6, pp.245-262.

Gomez C. (2009), **L'enherbement permanent en AB**, RMT DévAB, Axe1, fiche n°7.

Grégoire C., Toumebize J. (2004). L'enherbement du vignoble Alsacien : un bilan positif vis-à-vis du transfert de nitrates. *Les vignobles de l'est de la France*, 4, pp. 55-65.

Harmon J.P., Ive A.R., Losey J.E., Olson A.C., Rauwald K.S. (2000). **Coleomegilla maculata (Coleoptera: Coccinellidae) predation on pea aphids promoted by proximity to dandelions**. Oecologia, 125, pp.543-548.

Heimpel G.E., Rosenheim J.A., Kattari D. (1997). **Adult feeding and lifetime reproductive success in the parasitoid Aphytis melinus**. Entomologia Experimentalis et Applicata, 83, pp.305-315.

Hickman J.M., Written S.D. (1996). **Use of Phacelia tanacetifolia Strips To Enhance Biological Control of Aphids by Overfly Larvae in Cereal Fields**. Journal of Economic Entomology, 89, pp.832-840.

Hogg B.N., Robert L. (2011). **Attractiveness of common insectary and harvestable floral resources to beneficial insects**. Biological Control, 56, pp.76-84.

Ide S., Lanfranco D. (2001). **Longevity of Orgilus obscurator Ness. (Hymenoptera : Braconidae) under the influence of different food sources**. Revista Chilena de Historia Natural, 74, pp.469-475.

Irvin N.A., Wratten S.D., Chapman R.B., Frampton C.M. (1999). **Effects of floral resources on fitness of the leafroller parasitoid (Dolichogenidea tasmanica) in apples**. In: Proceedings of the 52nd New Zealand Plant Protection Conference, Auckland, 10-12 August 1999 pp.84-88.

Jervis M. (1998). **Functional and evolutionary aspects of mouthpart structure in parasitoid wasps**. Biological Journal of the Linnean Society, 63, pp.461-493.

Jervis M.A., Kidd N.A.C., Fitton M.G., Huddleston T., Dawah H.A. (1993). **Flower-visiting by hymenopteran parasitoids**. Journal of Natural History, 7, pp.67-105.

Jometti M., Jorgensen N., Wratten S. (2010). **Enhancing biological control by an omnivorous lacewing: floral resources reduce aphid numbers at low aphid densities**. Biological control, 55, pp.159-165.

Kevan P.G., Baker H.G. (1983). **Insects as flower visitors and pollinators**. Annual Review of Entomology, 28, pp.407-453.

Lambion J., GRAB, Sarthou J.P., ENSAT-INRA, Warlop F., GRAB. (2009). **Favoriser les auxiliaires naturels en agriculture biologique**. Axe 1 - Fiche n°3 : Favoriser les auxiliaires naturels en AB, RMT DévAB, Paris, 4 p.

Lavandero B., Wratten S.D., Didham R.K., Gurr G.M. (2006). **Increasing floral diversity for selective enhancement of biological control agents: A double-edged sword?** Basic and Applied Ecology, 7, pp.236-243.

Lee J.C., Heimpel G.E. (2005). **Impact of flowering buckwheat on Lepidopteran cabbage pests and their parasitoids at two spatial scales**. Biological Control, 34, pp.290-301.

- Lee J.C., Heimpel G.E., Leibe G.L. (2004). **Comparing floral nectar and aphid honeydew diets on the longevity and nutrient levels of a parasitoid wasp**. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 111, pp.189-199.
- Limburg D.D., Rosenheim J.A. (2001). **Extrafloral nectar and its influence on development and growth of an omnivorous predator, larval, *Chrysoperla plorabunda*** (Neuroptera: Chrysopidae).
- Lunau K., and Wacht S. (1994). **Optical releasers of innate proboscis extension in the hoverfly *Eristalis tenax* L.** (Diptera: Syrphidae). *J. Comp. Physiol.*, 174, pp.575-579.
- Lundgren J.G., Seagraves M.P. (2011). **Physiological benefits of nectar feeding by a predatory beetle**. *Biological Journal of the Linnean Society*, 104, pp.661-669.
- MacLeod A. (1992). **Alternative crops as floral resources for beneficial hover flies (Diptera: Syrphidae)**. In : Brighton Crop Protection Conference - pests and diseases, Brighton, 23–26 November 1992, pp.997-1002.
- Malais M.H., Ravensberg W.J. (2006). **Les ennemis naturels des pucerons**. In: *Connaître et reconnaître la biologie des ravageurs des serres et de leurs ennemis naturels*. Koppert B.V. et Reed Business, Pays Bas, pp147-149.
- McMurtry J.A., Scriven G.T. (1996). **Effect of artificial food on reproduction and development of four species of phytoseiid mites**, *Annals of the Entomological Society of America*, Vol 59, pp.267-269.
- Morris M.C., Li F.Y. (2000). **Coriander (*Coriandrum sativum*) ‘companion plants’ can attract hoverflies, and may reduce pest infestation in cabbages**. *N. Z. J. Crop Hortic. Sci.*, 28, pp.213-217.
- Mourey J.M., Pischedda D., Lefebvre L. (2009). **Diagnostiquer la sensibilité du sol au tassement**. ONF – Fiches techniques Sol n°2.
- Ogawa Y., Osakabe M. (2008). **Development, long-term survival, and the maintenance of fertility in *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) reared on an artificial diet**. *Exp Appl Acarol.*, 45, pp.123-36.
- Patt J.M., Hamilton G.C., Lashomb J.H. (1997b). **Impact of strip-insectary intercropping with flowers on conservation biological control of the colorado potato beetle**. *Advances in Horticultural Science*, 11, pp.175–181.
- Patt J.P., Hamilton G.C., Lashomb J.H. (1997). **Foraging success of parasitoids wasps on flowers: Interplay of insect morphology, floral architecture and searching behavior**. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 83, pp.21-30.
- Pemberton R., Lee J. C. (1996). **The influence of extrafloral nectaries on parasitism of an insect herbivore**. *American Journal of Botany*, 83, pp.1187-1996.
- Pineda A., Marcos-García M.A. (2008). **Use of selected flowering plants in greenhouses to enhance aphidophagous hoverfly populations** (Diptera: Syrphidae). *Ann. Soc. Entomol. Fr.*, 44, pp.487-492.
- Portillo N., Alomar O., Wäckers F. (2012). **Nectarivoy by the plant tissue feeding predator *Macrolophus pygmaeus* Rambur (heteroptera: Miridae) : Nutritional redundancy or nutritional benefit ?** *Journal of Insect Physiology*, 58, pp.397-401.
- Pumarino L., Alomar O. (2012). **The role of omnivory in the conservation of predators : *Orius majusculus* (Heteroptera: Anthocoridae) on sweet Alyssum**. *Biological Control*, 62, pp.24-28.
- Robinson K.A., Jonsson M., Wratten S.D., Wade M.R., Buckley H.L. (2008). **Implications of floral resources for predation by an omnivorous lacewing**. *Basic and Applied Ecology*, 9, pp.172–181.
- Rodriguez A. (2004), Le contrôle de la flore adventice en grandes cultures biologiques. *Alteragri*, 68, pp. 4-7.

Samie B. (1995). **Etude du comportement agronomique et physiologique de la vigne en fonction de l'enherbement permanent et du mode de conduite**. Mémoire. ENITA Bordeaux, Bordeaux. 53 p.

Schneider F. (1948). **Beitrag zur Kenntniss der Generationsverhältnisse und Diapuse rauberischer Schwebfliegen. Mitteilungen der schweizerischen Entomologischen Gesellschaft**, 21, pp.249-285.

Sivinski J., Wahl D., Holler T., Al Dobaï S., Sivinski R. (2011). **Conserving natural enemies with flowering plants : Estimating floral attractiveness to parasitic hymenoptera and attraction's relationship to flower and plant morphology**. *Biological Control*, 58, pp.208-214.

SOES - Les pesticides dans les milieux aquatiques - Données 2007, 2010.

Stapel J.O., Cortesero A.M., De Moraes C.M., Tumlinson J.H., Lewis W.J. (1997). **Extrafloral nectar, honeydew, and sucrose effects on searching behavior and efficiency of *Microplitis croceipes* (Hymenoptera: Braconidae) in cotton**. *Environmental Entomology*, 26, pp.617-623.

Stephuhn A., Wäckers F. L. (2004). **HPLC sugar analysis reveals the nutritional state and the feeding history of parasitoids**. *Functional Ecology*, 18, pp.812-819.

Sutherland J.P., Sullivan M.S., Poppy G.M. (1999). **The influence of floral character on the foraging behaviour of the hoverfly *Episyrphus balteatus***. *Entomologia experimentalis et applicata*, 93, pp.157-164.

Takasu K., Lewis W.J. (1995). **Importance of adult food sources to host searching of the larval parasitoid *Microplitis croceipes***. *Biological Control*, 5, pp.25-30.

Tooker J.F., Hauser M., Hanks L.M. (2006). **Floral host plants of Syrphidae and Tachinidae (Diptera) of central Illinois**. *Ann. Entomol. Soc. Am*, 99, pp.96-112.

UNEP, Les entreprises du paysage -**Chiffre clés du secteur du paysage**, 2011.

Valantin-Morison M., Guichard L., Jeuffroy M.H. (2008). **Comment maîtriser la flore adventice des grandes cultures à travers des éléments de l'itinéraire technique ?** *Innovations Agronomiques*, vol 3. pp. 27-41.

Van Rijn P.C.J., Kooijman J., Wäckers F.L. (2006). **The impact of floral resources on syrphid performance and cabbage aphid biological control**. *IOBC/WPRS Bull.*, 29, pp.149-152.

Van Rijn P.C.J., Tanigoshi L.K. (1999). **Pollen as Food for the Predatory Mites *Iphiseius degenerans* and *Neoseiulus cucumeris* (Acari: Phytoseiidae): Dietary Range and Life History**. *Experimental and Applied Acarology*, 23, pp.785-802.

Van Rijn P.C.J., Tanigoshi L.K. (1999). **The contribution of extrafloral nectar to survival and reproduction of the predatory mite *Iphiseius degenerans* on *Ricinus communis***. *Experimental and Applied Acarology*, 23, pp.281-296.

Vandekerkhove B. and DeClerq P. (2010). **Pollen as an alternative or supplementary food for the Mirid predator *Macrolophus pygmaeus***. *Biological control*, 53, pp.238-242.

Vantornhout I., Minnaert H.L., Tirry L., DeClerq P. (2004). **Effect of pollen, natural prey and factitious prey on the development of *Iphiseius degenerans***. *BioControl*, 49, pp.627-644.

Vattala H.D., Wratten S.D., Phillips C.B., Wäckers F.L. (2006). **The influence of flower morphology and nectar quality on the longevity of a parasitoid biological control agent**. *Biological Control*, 39, pp.179-185.

Wäckers F.L. (1994). **The effect of food deprivation on the innate visual and olfactory preferences in the parasitoid *Cotesia rubecula***. *Journal of Insect Physiology*, 40, pp.641-649.

Wäckers F.L. (2004). **Assessing the suitability of flowering herbs as parasitoids food sources: flower attractiveness and nectar accessibility.** *Biological Control*, 29, pp.301-314.

Winkler K., Wäckers F.L., Bukovinszky-Kiss G., Van Lenteren J.C. (2006). **Sugar resources are vital for *Diadegma semiclausum* fecundity under field conditions.** *Basic and Applied Ecology*, 7, pp.133-140.

Winkler K., Wäckers F.L., Kaufman L.V., Larras V., Van Lenteren J.C. (2009). **Nectar exploitation by herbivores and their parasitoids is a function of flower species and relative humidity.** *Biological Control*, 50, pp.299–306.

Winkler K., Wäckers F.L., Kaufman L.V., Van Lenteren J.C. (2005). **Herbivores and their parasitoids show differences in abundance on eight different nectar producing plants.** In: Proceedings of the Section Experimental and Applied Entomology of the Netherlands Entomological Society, 16, pp.125-130.

Wratten S.D., Lavandero B.I., Tylianakis J., Vattala D., Cigli T., Sedcole R. (2003). **Effects of flowers on parasitoid longevity and fecundity.** In: Proceedings of the 56th Conference of the New Zealand Plant Protection Society Incorporated, pp. 239–245.

Xiao Y., Osborne L.S., Chen J., McKenzie C., Houben K., Irizarry F. (2011). **Evaluation of corn plant as potential banker plant for supporting predatory gall midge, *Feltiella acarisuga* (Diptera: Cecidomyiidae) against *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) in greenhouse vegetable production.** *Crop Protection*, 30, pp.1635-1642.

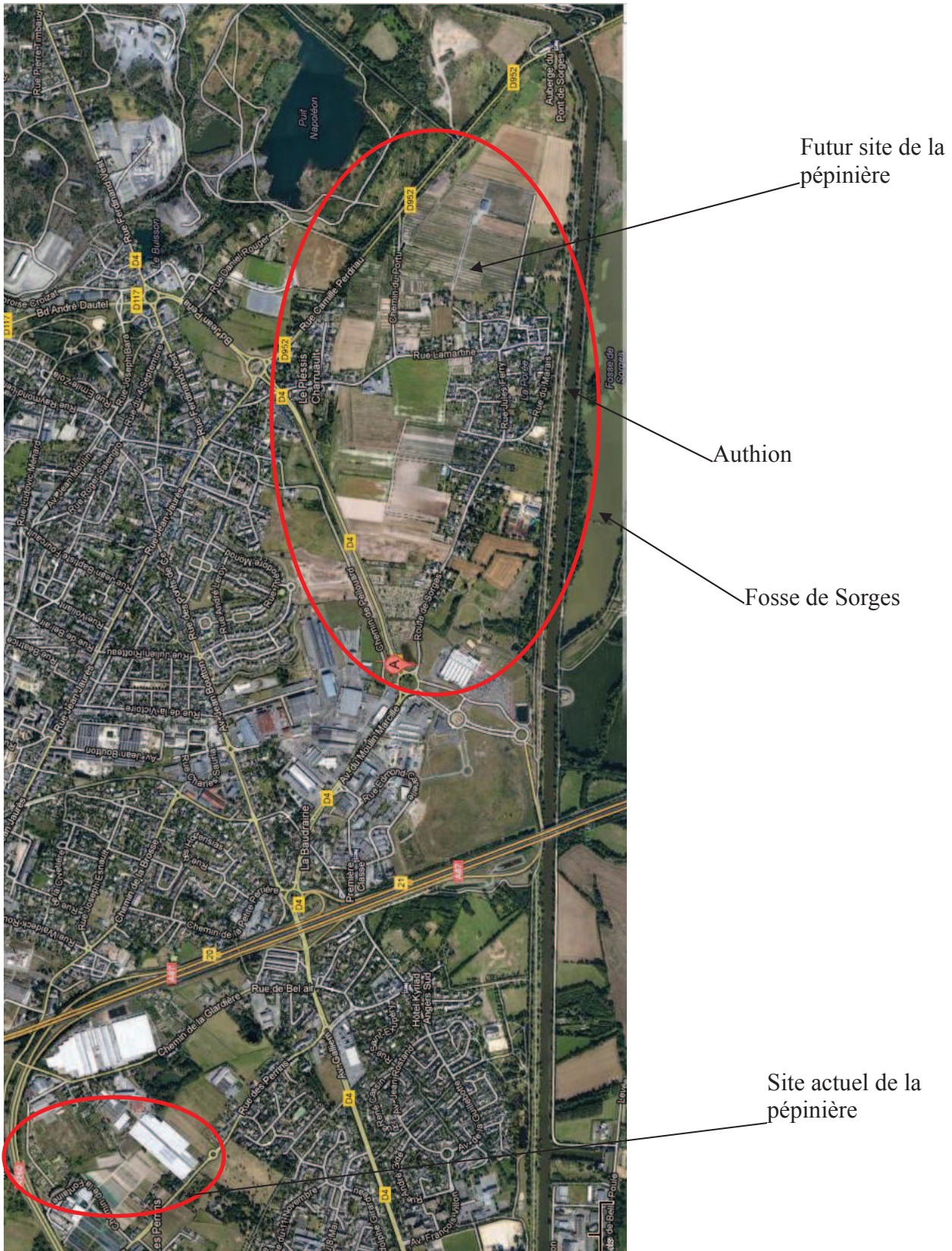
Sitographie

UIPP (page consultée le 15/07/2012). **Chiffres clés du secteur** -Tendance en France. <http://www.uipp.org/Services-pro/Chiffres-cles/Tendances-en-France>

INRA (page consultée le 20/06/2012). **Encyclop'Aphid.** <https://www4.inra.fr/encyclopedie-pucerons/Qu-est-ce-qu-un-puceron/Morphologie>

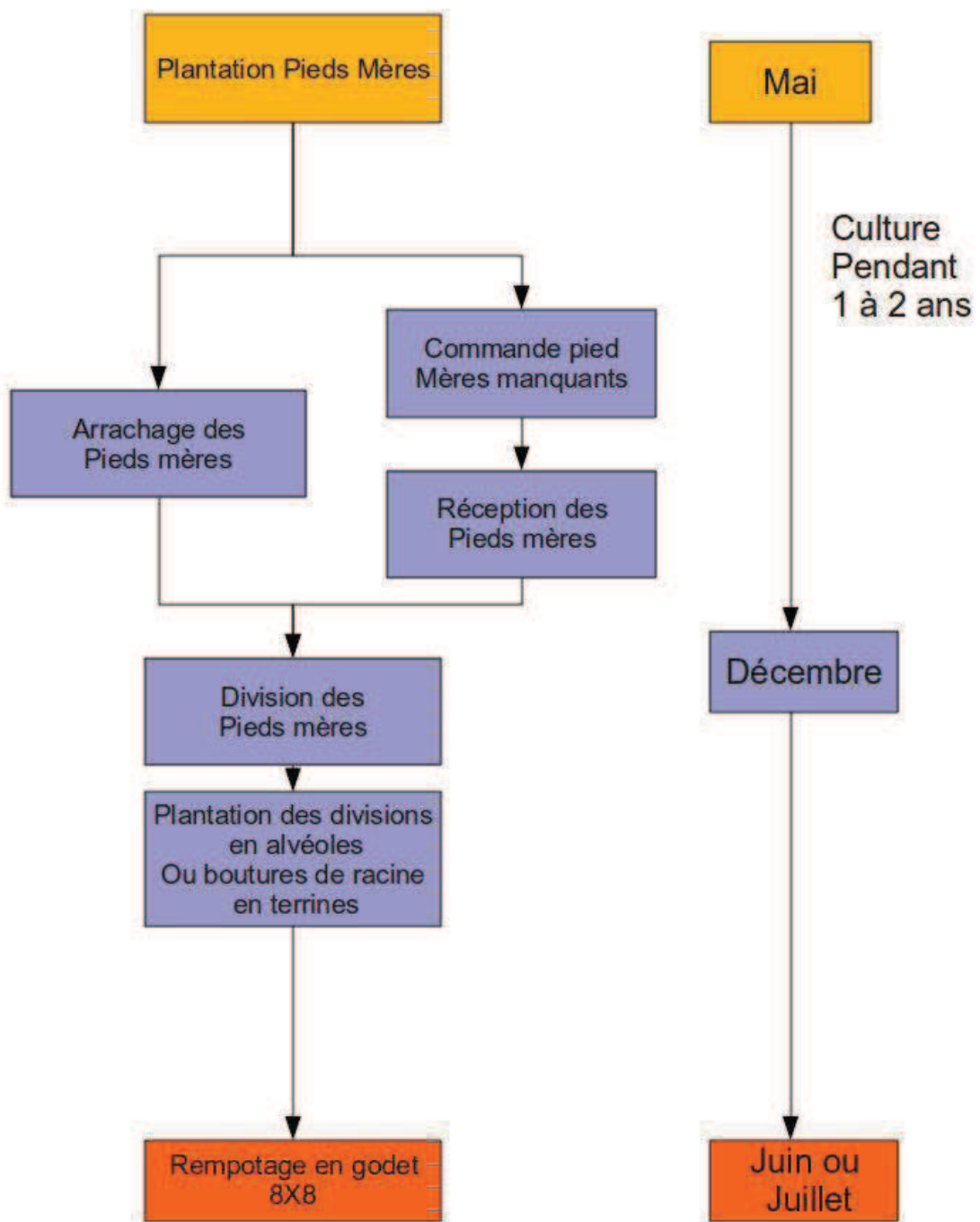
Astredhor (page consultée le 21/06/2012). **Base de données expérimentations** : Alternative au désherbage chimique des pivoines en culture pleine terre d'extérieure.(SCRADH, SC/11/FC/05). <http://www.astredhor.fr/>

Annexes

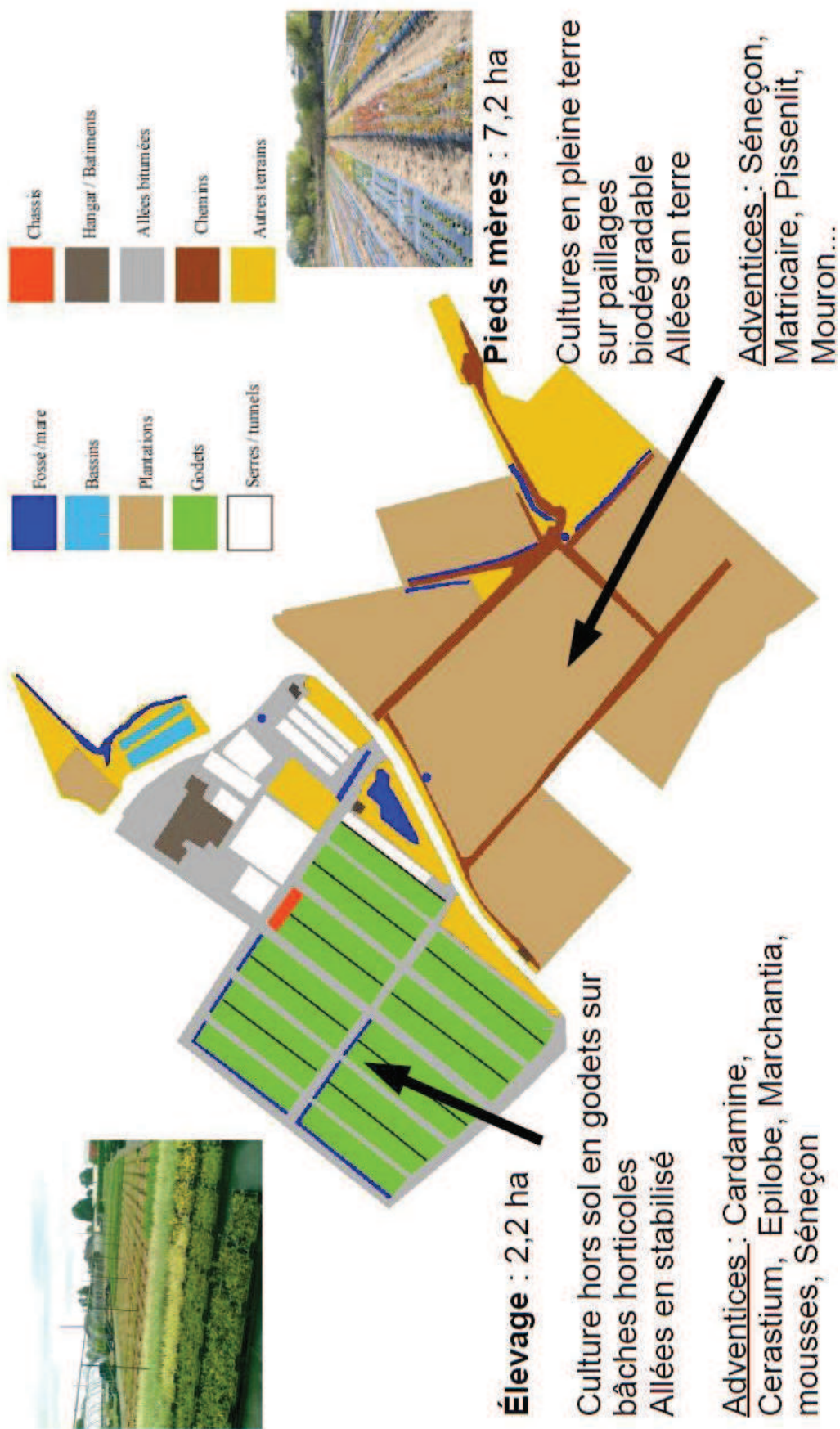


Annexe I – Situation du site de réimplantation des pépinières Lepage

Production d'un Bien : Production de géraniums vivaces



Annexe II – Itinéraire technique pour la production d'un Geranium vivace multiplié par division



Annexe III – Plan du site actuel des pépinières Lepage

PARCELLE : PETITE FONTAINE 1.5 ha

ACCREDITATION	CERTIFICATION
Analyse réalisée par MDS HARRIS Laboratoire accrédité par : EPA (Environmental Protection Agency) NAPT (National Proficiency Testing) NEC (Néerlandse Certificatie)	AGRO-Systemes ISO 9001 ISO 9001

PRÉLÈVEMENT

N° d'échantillon : 356953

RÉLEVÉ PAR : NON RENSEIGNÉ	LONGITUDE :	Échantillon reçu le : 23/12/2005
TYPE PRÉLÈVEMENT :	LATITUDE :	Rapport établi le : 30/12/2005
PROFONDEUR DE PRÉLÈVEMENT : 25 cm	DATE DE PRÉL. : 21/12/2005	DÉLAI : 7 jours

INTERPRÉTATION ET CONSEILS DE FUMURE

Interprétation et conseils de fumure réalisés par AGRO-Systemes. Pour les éléments P, K, Mg :

- * Les normes d'interprétation sont établies en fonction des caractéristiques physico-chimiques du sol (CEC, pH, % CaCO₃)
- ** Les conseils de fumure sont obtenus en multipliant les exportations et les pertes au sol par un coefficient de fumure. Ce coefficient détermine le régime de fertilisation à suivre :
 - Impasse en sol très riche (coefficient de fumure = 0)
 - Réduction en sol riche (coefficient de fumure compris entre 0 et 1)
 - Entretien en sol bien pourvu (coefficient de fumure voisin de 1)
 - Renforcement en sol pauvre (coefficient de fumure compris entre 1 et 1.5)

Pour les oligo-éléments, les quantités conseillées sont exprimées en kg d'éléments pur apportés au sol. Pour tout apport en foliaire, se référer aux préconisations du fabricant.

HISTORIQUE DE FERTILISATION

CULTURE	Rdt	Réa	Apport Minéraux		Apport Organique
			P ₂ O ₅	K ₂ O	
Intéprécédent			NON	NON	NON
Précédent	NON RENSEIGNÉ	Enfouis	NON	NON	NON

Nombre d'années sans apport P : 2 Nombre d'années sans apport K : 2

PLAN PREVISIONNEL DE FERTILISATION

1 ^{ère} CULTURE		PEPINIERE						Résidus : Enfouis							
Unités / ha		PHOSPHORE P ₂ O ₅	POTASSE K ₂ O	MAGNÉSIE MgO	CALCIUM CaO	SOUFRE SO ₂	AZOTE N	GUIDE D'APPORT des oligo-éléments							
EXIGENCE CULTURE	ÉLEVÉE							SENSIBILITÉ DE LA CULTURE	ÉLEVÉE	Zn	Mn	Cu	Fe	B	Mo
	MOYENNE								MOYENNE						
	FAIBLE								FAIBLE						
Besoin Standard (a)		85	160	30	30			APPORT : SOLHAITABLE							
Pertes au sol (b)		5	30	20	400			APPORT : IMPÉRATIF							
CONSEIL DE FUMURE		---	190	50	---	X	X	APPORT : À SURVEILLER							
								QUANTITÉ Kg / ha							

2 ^{ème} CULTURE		PEPINIERE						Résidus : Enfouis							
Unités / ha		PHOSPHORE P ₂ O ₅	POTASSE K ₂ O	MAGNÉSIE MgO	CALCIUM CaO	SOUFRE SO ₂	AZOTE N	GUIDE D'APPORT des oligo-éléments							
EXIGENCE CULTURE	ÉLEVÉE							SENSIBILITÉ DE LA CULTURE	ÉLEVÉE	Zn	Mn	Cu	Fe	B	Mo
	MOYENNE								MOYENNE						
	FAIBLE								FAIBLE						
Besoin Standard (a)		85	160	30	30			APPORT : SOLHAITABLE							
Pertes au sol (b)		5	30	20	400			APPORT : IMPÉRATIF							
CONSEIL DE FUMURE		---	190	50	---	X	X	APPORT : À SURVEILLER							
								QUANTITÉ Kg / ha							

3 ^{ème} CULTURE		PEPINIERE						Résidus : Enfouis							
Unités / ha		PHOSPHORE P ₂ O ₅	POTASSE K ₂ O	MAGNÉSIE MgO	CALCIUM CaO	SOUFRE SO ₂	AZOTE N	GUIDE D'APPORT des oligo-éléments							
EXIGENCE CULTURE	ÉLEVÉE							SENSIBILITÉ DE LA CULTURE	ÉLEVÉE	Zn	Mn	Cu	Fe	B	Mo
	MOYENNE								MOYENNE						
	FAIBLE								FAIBLE						
Besoin Standard (a)		85	160	30	30			APPORT : SOLHAITABLE							
Pertes au sol (b)		5	30	20	400			APPORT : IMPÉRATIF							
CONSEIL DE FUMURE		---	190	50	---	X	X	APPORT : À SURVEILLER							
								QUANTITÉ Kg / ha							

Initiales : (1) Exportations : éléments exportés par le récolté. EXIGENCE CULTURE : classification établie par le COMIFER.

MOYENNE SUR LA ROTATION

(unités / ha)	PHOSPHORE P ₂ O ₅	POTASSE K ₂ O	MAGNÉSIE MgO	CALCIUM CaO
STRATÉGIE DE FERTILISATION	Impasse	Entretien	Entretien	Impasse
SOMME DES EXPORTATIONS (1)	270	570	150	1290
DEF MULTIPLIATEUR MOYEN (2)	0	1	1	
CONSEILS DE FUMURE (3) = (1) x (2)	0	570	150	0
RENFORCEMENT (+) / DESTOCKAGE (-)	- 270	0	0	- 1300
CONSEIL MOYEN ANNUEL	0	190	50	0
QUANTITÉ À APPORTER	-	-	-	-

Le Coefficient Multiplicateur des Exportations (CME) est défini en fonction de la richesse du sol et du nombre d'années sans apport PK (historique de fertilisation).

Le régime de fertilisation dépend du coefficient multiplicateur des exportations (CME) calculé en moyenne sur 3 ans : Renforcement, Entretien, Réduction, Impasse. Les doses P, K sont calculées dans l'hypothèse où les apports conseillés sont effectivement réalisés (si un apport annuel conseillé est remplacé par une impasse, le coefficient multiplicateur attribué à la culture suivante doit être majoré).

COMIFER : Comité Français d'étude et de développement de la Fertilisation Raisonnée.

HOES ANALYSIS : phos - méthode eau (acide) - color - pHCO - méthode AD (acide) - color - Azoteur échangeable (extraction 1 M NH₄Cl) - CaCO₃ TDN, calcimètre - Phosphore méthode Olsen - les autres - colorimétrie - Méthode argentique - méthode Ames (15 - Nitrate - extraction à l'acide nitro-peroxydrique "saison" - méthode au phosphore murexide - K₂O CaO MgO Na₂O - méthode des colorés extraglobales (coloration azoïque) - CEC - Ionochrome (titration de Goussin) - Zn, Cu, Fe, Mn - méthode ICP-AES - méthode des bouillies - Ag - méthode colorimétrique - base sur les persulfates (dosage à la vanilline) - sol (pH) - les colorés - % MO - sélecteur, titrage au Cu - I - BP - méthode de Forest (Physique) basé sur les propriétés colorimétriques conditionnées la fertilité (proportion de sol) type de sol, indicateurs d'acidité, densité, composition hydrique, structure, matières organiques, état chimique, ...)

réalisation et conseils réalisés par AGRO-Systemes - 34 route de Saint Roch - 37000 LA MEMPOLLE S/CH-CHOLELLE - TEL : 02 47 87 47 87 - FAX : 02 47 87 47 88 - E-mail : info@agro-systemes.com - Site Internet : www.agro-systemes.com

id	Modalité	Semaine	Adventices	Enherbement	Total
1	M1	27	9	90	99
2	M1	27	5	85	90
3	M1	27	3	95	98
4	M2	27	4	90	94
5	M2	27	3	40	43
6	M2	27	1	95	96
7	M3	27	5	60	65
8	M3	27	11	70	81
9	M3	27	0	55	55
10	M4	27	18	60	78
11	M4	27	8	60	68
12	M4	27	7	40	47
13	M5	27	11	70	81
14	M5	27	8	60	68
15	M5	27	4	40	44
16	M1	29	10	90	100
17	M1	29	6	94	100
18	M1	29	5	95	100
19	M2	29	11	70	81
20	M2	29	5	95	100
21	M2	29	3	80	83
22	M3	29	25	75	100
23	M3	29	11	75	86
24	M3	29	3	60	63
25	M4	29	22	78	100
26	M4	29	10	75	85
27	M4	29	5	45	50
28	M5	29	17	70	87
29	M5	29	10	70	80
30	M5	29	4	40	44
31	M1	31	5	95	100
32	M1	31	6	94	100
33	M1	31	3	97	100
34	M2	31	8	92	100
35	M2	31	9	85	94
36	M2	31	0	98	98
37	M3	31	28	72	100
38	M3	31	7	90	97
39	M3	31	1	90	91
40	M4	31	16	84	100
41	M4	31	18	82	100
42	M4	31	3	90	93
43	M5	31	19	75	94
44	M5	31	14	80	94
45	M5	31	5	70	75

id	Modalité	Semaine	Adventices	Enherbement	Total
46	M1	33	6	94	100
47	M1	33	8	92	100
48	M1	33	2	98	100
49	M2	33	10	80	90
50	M2	33	8	85	93
51	M2	33	5	80	85
52	M3	33	8	92	100
53	M3	33	9	91	100
54	M3	33	1	99	100
55	M4	33	15	85	100
56	M4	33	10	90	100
57	M4	33	5	90	95
58	M5	33	10	90	100
59	M5	33	13	87	100
60	M5	33	4	70	74
61	M1	35	6	90	96
62	M1	35	5	80	85
63	M1	35	2	95	97
64	M2	35	58	25	83
65	M2	35	33	25	58
66	M2	35	56	10	66
67	M3	35	8	92	100
68	M3	35	3	97	100
69	M3	35	0	100	100
70	M4	35	8	92	100
71	M4	35	7	93	100
72	M4	35	4	90	94
73	M5	35	13	80	93
74	M5	35	18	80	98
75	M5	35	5	70	75
76	M1	37	12	70	82
77	M1	37	10	50	60
78	M1	37	0	80	80
79	M2	37	71	5	76
80	M2	37	70	5	75
81	M2	37	62	0	62
82	M3	37	1	95	96
83	M3	37	4	92	96
84	M3	37	0	100	100
85	M4	37	4	95	99
86	M4	37	3	97	100
87	M4	37	0	100	100
88	M5	37	5	90	95
89	M5	37	0	60	60
90	M5	37	4	70	74

Annexe V – Relevé des données de l'essai sur les enherbements

M1



M2



M3



M4



M5



Annexe VI – Aspect des enherbements par modalité

Annexe VIII – Principaux ravageurs des vivaces

○ Aleurodes

Les aleurodes, aussi appelées mouches blanches appartiennent au sous ordre des homoptères, tout comme les cochenilles et les pucerons. En milieu tempéré, on retrouve généralement l'aleurode des serres (*Trialeurodes vaporariorum*) et l'aleurode du tabac (*Bemisia tabaci*).

Les aleurodes se nourrissent de sève et rejettent du miellat, support de la fumagine. Leurs piqûres entraînent des perturbations dans le développement de la plante et peuvent transmettre des virus.

○ Lépidoptères

De nombreuses larves de lépidoptères sont susceptibles de causer des dégâts plus ou moins importants aux cultures. En production de vivaces, les dégâts sont généralement liés à des noctuelles (*Noctuidae*) et des tordeuses (*Tortricidae*). Un lépidoptère de la famille des *Choreutidae*, *Tebenna micalis*, est responsable d'importants dégâts depuis 2011 et semble être un ravageur émergent.

○ Altises

Les altises font partie de la famille des *Chrysomelidae* (ordre des Coléoptères). Les altises sont présentes sur de nombreuses cultures, notamment sur les crucifères, ou elles engendrent des dégâts importants. Leurs dégâts sont souvent caractéristiques.

En production de vivaces, on rencontre principalement 2 espèces : *Aphthona nonstriata* sur Iris et *Altica foliacea* sur diverses Onagracées, les deux étant susceptibles d'engendrer des dégâts importants.

○ Otiiorhynques

Les otiiorhynques sont des coléoptères fréquents en horticulture ornementale, en particulier en production hors sol. Les larves rongent les racines de nombreuses plantes, ce qui peut rapidement entraîner leur mort ou des problèmes physiologiques.

L'adulte mord profondément les bourgeons. Les morsures sur feuilles sont caractéristiques, de forme circulaire, et peuvent entraîner des dépréciations de la valeur des plantes ornementales.

○ *Tetranychus urticae*

Le tétranyque tisserand est un acarien très polyphage qui apprécie particulièrement les cultures sous serre. On peut les repérer, entre autres, grâce aux soies qu'ils produisent et qui forment des toiles sur les feuillages. Les piqûres provoquent une dépigmentation du feuillage. Les attaques sévères provoquent le jaunissement des feuilles, voir le flétrissement de la plante lorsqu'il y a pullulation.

○ Sciarides

Les sciarides sont des petits moucheron de l'ordre des Diptères, qui peuvent être particulièrement abondant en conditions humides. Les larves se nourrissent généralement de matière organique en décomposition dans le sol. Certaines espèces peuvent consommer les racines voir même les parties tendres des plantes (tiges, épiderme...), notamment sur des plantes déjà affaiblies. Les blessures occasionnées aux racines entraînent des problèmes physiologiques chez les jeunes plants (assimilation de l'eau et des minéraux) et constituent également une porte d'entrée pour diverses maladies fongiques.

Annexe VIII – Principaux ravageurs des vivaces

○ Nématodes

Les nématodes sont des vers microscopiques caractérisés par leur importante capacité de survie. En horticulture ornementale, on rencontre principalement 3 espèces :

- la nématode à galle (*Meloidogyne hapla*) qui entraîne la formation de galles et une ramification racinaire surdéveloppée.

- la nématode du feuillage, *Apelenchoides fragariae*, responsable de déformations, nanifications et liaisons nécrotiques qui peuvent entraîner la mort de la plante.

- la nématode des bulbes et des tiges, *Ditylenchus dipsaci*, à l'origine de gonflements, déformations, et nécroses des tissus, souvent à l'origine du développement de pathogènes comme le *Botrytis*. Cette nématode cause entre autres d'importants dégâts sur les *Phlox subulata*.

○ Mouches mineuses

Les mouches mineuses sont de petite mouches qui creusent des mines à l'état larvaire sur diverses plantes, généralement de la famille des Astéracées. Les blessures infligées au feuillage ainsi que les déjections contenues dans les mines entraînent souvent le développement de pathogènes. En horticulture ornementale, les principales espèces rencontrées appartiennent aux genres *Liriomyza* et *Chromatomyia*.

○ Tenthredes

Les tenthrèdes, appelées également fausses chenilles sont des hyménoptères dont la larve ressemble aux chenilles et engendre des dégâts comparables. Lorsqu'elles apparaissent, elles sont généralement présentes en grandes quantités et peuvent causer des dégâts importants. En production de vivace, une espèce, *Pristiphora aquilegiae* la tenthrède de l'ancolie, est régulièrement responsable de dégâts importants.

			Asclepias incarnata									Date :		
			Présence de plante fleurie : Oui											
			Répétition 1			Répétition 2			Répétition 3					
			1	2	3	1	2	3	1	2	3			
Ravageurs	Pucerons													
Auxiliaires	Coccinelles	Larves												
		Adultes												
	Cécidomyies	Larves												
	Syrphes	Larves												
	Hyménoptère	Momies												
	Névroptères	Larves												
		Adultes												
	Punaises prédatrices													

			Asclepias incarnata									Date :		
			Présence de plante fleurie : Non											
			Répétition 1			Répétition 2			Répétition 3					
			1	2	3	1	2	3	1	2	3			
Ravageurs	Pucerons													
Auxiliaires	Coccinelles	Larves												
		Adultes												
	Cécidomyies	Larves												
	Syrphes	Larves												
	Hyménoptère	Momies												
	Névroptères	Larves												
		Adultes												
	Punaises prédatrices													

Annexe IX – Feuille vierge de relevé des auxiliaires

semaine	plante_fleurie	pucerons	prédateurs_100_pucerons	parasitisme
1	Non	10	0,000	0,000
1	Non	0	0,000	0,000
1	Non	9	0,000	0,000
1	Non	40	0,000	0,000
1	Non	19	0,000	0,000
1	Non	0	0,000	0,000
1	Non	0	0,000	0,000
1	Non	0	0,000	0,000
1	Non	0	0,000	0,000
2	Non	111	0,013	0,000
2	Non	45	0,032	0,000
2	Non	0	0,000	0,000
2	Non	70	0,020	0,000
2	Non	50	0,029	5,294
2	Non	93	0,015	0,000
2	Non	180	0,008	0,000
2	Non	10	0,143	0,000
2	Non	25	0,057	0,000
3	Non	240	0,006	21,687
3	Non	130	0,011	0,000
3	Non	140	0,010	21,687
3	Non	160	0,009	10,843
3	Non	75	0,019	0,000
3	Non	140	0,010	16,265
3	Non	240	0,006	21,687
3	Non	70	0,020	5,422
3	Non	50	0,029	0,000
4	Non	370	0,272	11,538
4	Non	240	0,003	13,187
4	Non	110	0,006	6,593
4	Non	190	0,004	3,297
4	Non	200	0,004	16,484
4	Non	200	0,004	6,593
4	Non	140	0,005	13,187
4	Non	240	0,003	13,187
4	Non	180	0,004	4,945
5	Non	430	0,001	4,009
5	Non	380	0,264	4,009
5	Non	220	0,002	2,004
5	Non	345	0,001	6,013
5	Non	380	0,001	10,022
5	Non	340	0,001	6,013
5	Non	270	0,372	4,009
5	Non	230	0,002	6,013
5	Non	170	0,002	6,013

semaine	plante_fleurie	pucerons	prédateurs_100_pucerons	parasitisme
6	Non	270	0,003	0,000
6	Non	165	0,004	0,773
6	Non	210	0,003	1,545
6	Non	250	0,003	4,635
6	Non	170	0,004	3,090
6	Non	270	0,003	2,318
6	Non	200	0,004	2,318
6	Non	270	0,003	2,318
6	Non	230	0,003	3,090
7	Non	220	0,005	3,173
7	Non	140	0,722	5,288
7	Non	150	0,674	2,115
7	Non	200	0,005	2,115
7	Non	180	0,006	2,115
7	Non	120	0,009	5,288
7	Non	290	0,004	10,576
7	Non	160	0,007	1,058
7	Non	360	0,003	8,461
8	Non	200	0,004	2,880
8	Non	260	0,003	1,440
8	Non	220	0,003	8,640
8	Non	140	0,005	2,880
8	Non	240	0,003	4,320
8	Non	150	0,005	2,880
8	Non	120	0,006	0,000
8	Non	210	0,003	1,440
8	Non	250	0,003	2,880
1	Oui	30	0,000	0,000
1	Oui	2	0,000	0,000
1	Oui	1	0,000	0,000
1	Oui	3	0,000	0,000
1	Oui	0	0,000	0,000
1	Oui	5	0,000	0,000
1	Oui	8	0,000	0,000
1	Oui	120	0,000	0,000
1	Oui	1	0,000	0,000
2	Oui	30	0,036	0,000
2	Oui	2	0,536	0,000
2	Oui	1	1,071	0,000
2	Oui	0	0,000	0,000
2	Oui	0	0,000	0,000
2	Oui	5	0,214	0,000
2	Oui	8	0,134	0,000
2	Oui	120	0,009	0,000
2	Oui	0	0,000	0,000

Annexe X – Données retravaillées pour l’analyse statistique sur les plantes fleuries

semaine	plante_fleurie	pucerons	prédateurs_100_pucerons	parasitisme
3	Oui	55	21,844	9,247
3	Oui	0	0,000	0,000
3	Oui	0	0,000	0,000
3	Oui	100	0,014	7,705
3	Oui	0	0,000	0,000
3	Oui	158	15,199	7,705
3	Oui	1	1,429	0,000
3	Oui	215	3,262	3,082
3	Oui	17	0,084	0,000
4	Oui	135	2,246	3,614
4	Oui	50	4,064	6,506
4	Oui	150	0,021	5,060
4	Oui	43	0,075	10,843
4	Oui	3	234,405	3,614
4	Oui	5	0,643	2,892
4	Oui	10	0,321	2,169
4	Oui	43	16,354	2,892
4	Oui	10	30,321	3,614
5	Oui	116	0,009	0,963
5	Oui	95	3,169	1,925
5	Oui	195	1,031	2,888
5	Oui	203	1,483	4,332
5	Oui	111	1,811	0,963
5	Oui	140	0,008	1,444
5	Oui	200	0,005	7,219
5	Oui	85	1,189	0,963
5	Oui	20	0,054	1,444
6	Oui	90	0,040	3,906
6	Oui	43	11,711	1,953
6	Oui	90	1,151	2,278
6	Oui	240	2,098	3,255
6	Oui	11	0,325	2,929
6	Oui	75	2,714	1,627
6	Oui	185	0,560	2,929
6	Oui	2	1,786	0,976
6	Oui	115	6,118	2,929
7	Oui	110	11,867	3,980
7	Oui	65	1,621	2,211
7	Oui	70	2,934	1,769
7	Oui	85	4,769	3,096
7	Oui	100	0,054	3,538
7	Oui	80	7,567	2,211
7	Oui	30	0,179	1,769
7	Oui	30	30,179	2,654
7	Oui	55	7,370	1,327
8	Oui	50	0,100	0,989

semaine	plante_fleurie	pucerons	prédateurs_100_pucerons	parasitisme
8	Oui	28	7,321	2,473
8	Oui	100	0,050	0,989
8	Oui	50	0,100	1,978
8	Oui	60	1,750	0,989
8	Oui	10	0,500	0,495
8	Oui	70	1,500	1,484
8	Oui	120	0,875	2,473
8	Oui	130	3,115	1,484

		Larves_Coccinelles	Adultes_Coccinelles	Cécidomyies	Larves_Syrphes	Larves_Névroptères	Adultes_Névroptères	Punaises	Total
Présence de plantes fleuries	Total	7	31	129	6	4	0	27	204
	% des effectifs	3,4	15,2	63,2	2,9	2,0	0,0	13,2	100
Absence de plantes fleuries	Total	0	10	1	1	3	2	6	23
	% des effectifs	0,0	43,5	4,3	4,3	13,0	8,7	26,1	100

Annexe X – Données retravaillées pour l'analyse statistique sur les plantes fleuries

Annexe XI – Script utilisé sous R

Script utilisé sous R (nécessite l'installation du package geepack):

Impact de la présence de plantes fleuries sur le nombre de pucerons

```
>mod1<-geeglm(formula = pucerons ~ plante_fleurie, data= Dataset, id =semaine, corstr = "independence")  
>anova(mod1)
```

Impact de la présence de plantes fleuries sur le nombre de parasitoïdes pour 100 pucerons

```
>mod2<-geeglm(formula = parasitisme ~ plante_fleurie, data= Dataset, id =semaine, corstr = "independence")  
>anova(mod2)
```

Impact de la présence de plantes fleuries sur le nombre de prédateurs pour 100 pucerons

```
>mod3<-geeglm(formula = prédateurs_100_pucerons ~ plante_fleurie, data= Dataset, id =semaine, corstr =  
"Independence")  
>anova(mod3)
```

Impact de la présence de plantes fleuries sur le nombre d'auxiliaires par catégorie :

```
>mLarves_coccinelles<-geeglm(formula = Larves_coccinelles ~ Plante_fleurie, data= Dataset, id =Semaine, corstr =  
"independence")  
>anova(mLarves_coccinelles)
```

```
>mAdultes_coccinelles<-geeglm(formula = Adultes_coccinelles ~ Plante_fleurie, data= Dataset, id =Semaine, corstr =  
"independence")  
>anova(mAdultes_coccinelles)
```

```
>mCécidomyies<-geeglm(formula = Cécidomyies ~ Plante_fleurie, data= Dataset, id =Semaine, corstr =  
"independence")  
>anova(mCécidomyies)
```

```
>mLarves_Syrphes<-geeglm(formula = Larves_Syrphes ~ Plante_fleurie, data= Dataset, id =Semaine, corstr =  
"independence")  
>anova(mLarves_Syrphes)
```

```
>mLarves_Névroptères<-geeglm(formula = Larves_Névroptères ~ Plante_fleurie, data= Dataset, id =Semaine, corstr =  
"independence")  
>anova(mLarves_Névroptères)
```

```
>mAdultes_Névroptères<-geeglm(formula = Adultes_Névroptères ~ Plante_fleurie, data= Dataset, id =Semaine, corstr =  
"independence")  
>anova(mAdultes_Névroptères)
```

```
>mPunaises<-geeglm(formula = Punaises ~ Plante_fleurie, data= Dataset, id =Semaine, corstr = "independence")  
>anova(mPunaises)
```

```
>mHymenoptères<-geeglm(formula = Hymenoptères ~ Plante_fleurie, data= Dataset, id =Semaine, corstr =  
"independence")
```

Auteur(s) : Célestin FARUEL	Organisme d'accueil :
Date de naissance : 17/10/1989	Adresse : Ets Emmanuel Lepage Chemin de la Fontaine, Rue des Perrins 49130 Les Ponts de Cé
Nb pages : Annexe(s) :	Maître de stage : Jean-Yves RUELLE
Année de soutenance : 2012	

Vers des pratiques durables en pépinière

- Contrôle des populations de ravageurs par l'utilisation de plantes fleuries
- Contrôle des adventices en pleine terre par la mise en place d'enherbement.

Subtainable practices in ornamental nurseries

- Aphid control by implementation of flowering plants
- Weeds control by implementation of grazing

Résumé (1600 caractères maximum) :

Face aux nouvelles attentes de la société en matière d'environnement, l'horticulture se doit de faire évoluer ses pratiques. Dans le cadre d'une expropriation, un nouveau site de production est en projet pour les pépinières Lepage. L'entreprise souhaite donc faire évoluer ses techniques dans le sens d'une production durable. C'est dans ce cadre qu'ont été mis en place des essais d'enherbements pour remplacer le désherbage chimique sur des passe pieds de planches de pieds mères en pleine terre ainsi que des essais d'implantation de plantes fleuries pour favoriser les auxiliaires et limiter le développement des populations de ravageurs.

Les essais d'enherbements ont montré que les enherbements à base de graminées étaient plus intéressants que les enherbements à base de trèfle. Des investigations complémentaires sont tout de même nécessaires avant d'envisager de généraliser cette technique.

En ce qui concerne les essais d'implantation de plantes fleuries, une seule des variétés de plantes utilisées a subi l'attaque de pucerons et a pu faire l'objet d'une analyse. Les plantes fleuries ont permis d'attirer les auxiliaires prédateurs et parasitoïdes mais pas suffisamment pour ramener les populations de pucerons à des niveaux acceptables.

Abstract

Facing the new expectations of the modern society, horticultural companies have to change their practices.

In the context of the construction of a new production site, Lepage nursery wants to develop the production in the sense of sustainable production. It is in this framework that was set up tests to replace weed chemical control by grazing foot-path in ground-planted mother plants and test of implementation of flowering plants in order to reduce aphid densities by promoting natural enemies. Tests have shown that weed infestations were limited by grazing. Poaceae based grazing were more efficient than Fabaceae based grazing. More time will be necessary to evaluate the efficiency of grazing, before generalizing this method. Flowering plants implementation tests were efficient in attracting natural enemies of aphids and reducing their populations but this was not enough to reduce aphid populations to a acceptable level.

Mots-clés :

PBI, Lutte par conservation, Pucerons, Ressources florales, Enherbement, Adventices, Pépinière, Pieds mères.