



**HAL**  
open science

# Dynamiques de populations de pucerons dans différents environnements agroclimatiques

Maelle Deshoux

► **To cite this version:**

Maelle Deshoux. Dynamiques de populations de pucerons dans différents environnements agroclimatiques. [Stage] Université Claude Bernard Lyon 1 (UCBL), FRA. 2012, 53 p. hal-02809437

**HAL Id: hal-02809437**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02809437>**

Submitted on 6 Jun 2020

**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.



Institut National de la  
Recherche Agronomique  
Centre PACA  
UR407 Pathologie végétale  
Domaine Saint Maurice  
CS 60094  
F-84143 Montfavet Cedex  
04320722840

IUT A  
Université Lyon 1  
43 Bd du 11  
Novembre 1918  
69100 Villeurbanne  
0472692000



# Dynamiques de populations de pucerons dans différents environnements agroclimatiques

Maëlle DESHOUX



**Du 2 avril au 10 août 2012**

Maître de stage : **Alexandra SCHOENY**

*Rapport de stage pour l'obtention du DUT Génie Biologique option Agronomie*



Dynamiques de populations de pucerons dans différents environnements agroclimatiques de Maëlle Deshoux est mis à disposition selon les termes de la [licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 France](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/).

---

Je soussignée, Maëlle DESHOUX, donne l'autorisation de dépôt de mon rapport de stage dans l'archive ouverte de l'INRA, ProdInra.

## Remerciements

Je remercie la directrice de l'unité, Cindy Morris, de m'avoir accueillie au sein de l'unité de recherche en pathologie végétale.

J'exprime toute ma gratitude à Alexandra Schoeny de m'avoir permis de réaliser ce stage. Je la remercie pour l'aide et la patience qu'elle m'a accordées et pour ses nombreux conseils. Je tiens également à la remercier pour la correction de ce rapport.

Je suis reconnaissante envers Patrick Gognalons pour son aide et sa gentillesse durant la détermination et le tri des pucerons.

Je tiens également à remercier l'ensemble de l'unité de pathologie végétale pour leur bonne humeur tout au long de ce stage.

Ce stage a bénéficié d'un soutien financier du département SPE de l'INRA (AAP Gestion Durable des Résistances) et de l'ANR systerra (VirAphid ANR-10-STRA-001).

# Sommaire

<b>Introduction</b> .....	<b>5</b>
<b>I. Présentation du contexte et de l'objectif du stage</b> .....	<b>6</b>
<b>A. L'INRA, premier laboratoire européen de recherche en agronomie</b> .....	<b>6</b>
1. Organisation générale.....	6
2. Le centre INRA PACA .....	6
3. L'INRA d'Avignon et l'unité de pathologie végétale.....	7
<b>B. Contexte de l'étude</b> .....	<b>7</b>
1. Généralités sur les pucerons .....	7
2. Le melon, une culture majeure du Sud-Est de la France.....	9
3. Les bandes fleuries et enherbées : vers une alternative à la lutte chimique .....	9
4. Objectif du stage.....	10
<b>II. Matériels et méthodes</b> .....	<b>11</b>
<b>A. Dispositif expérimentaux</b> .....	<b>11</b>
1. Localisation des essais .....	11
2. Présentation des essais VirAphid .....	11
3. Présentation de l'essai Parcel-R .....	13
<b>B. Suivi du développement des bandes enherbées et fleuries de Parcel-R</b> .....	<b>15</b>
<b>C. Suivi des dynamiques de pucerons ailés visitant les parcelles de melon</b> .....	<b>16</b>
1. Echantillonnage .....	16
2. Identification .....	17
<b>III. Résultats</b> .....	<b>19</b>
<b>A. Dynamiques des populations de pucerons ailés de VirAphid</b> .....	<b>19</b>
1. Nombre d'individus capturés à Montfavet.....	19
2. Nombre d'individus piégés en Guadeloupe .....	20
3. Comparaison des deux sites .....	20
<b>B. Développement des bandes enherbées et fleuries de Parcel-R</b> .....	<b>21</b>
1. Couverture du sol et fréquences relatives des espèces .....	21
2. Floraison.....	24
<b>C. Dynamiques des populations de pucerons ailés de Parcel-R</b> .....	<b>24</b>
1. Nombre d'individus capturés .....	24
2. Espèces de pucerons présentes de J1 à J14 .....	26
<b>D. Comparaison des dynamiques de populations de pucerons ailés observées à Montfavet pour les essais VirAphid et Parcel-R en 2012</b> .....	<b>29</b>
<b>IV. Discussion</b> .....	<b>30</b>
<b>A. Développement des bandes enherbées et fleuries</b> .....	<b>30</b>
<b>B. Dynamiques globales des pucerons ailés de VirAphid</b> .....	<b>30</b>
<b>C. Dynamique globale des pucerons ailés de Parcel-R</b> .....	<b>31</b>
<b>D. Lien éventuel avec les données climatiques pour Montfavet</b> .....	<b>32</b>
<b>E. Espèces recensées dans Parcel-R</b> .....	<b>34</b>
<b>F. Effet de l'aménagement parcellaire</b> .....	<b>36</b>
<b>V. Conclusion</b> .....	<b>37</b>
<b>Glossaire</b> .....	<b>38</b>
<b>Références</b> .....	<b>39</b>
<b>Annexes</b>	

## Introduction

J'ai effectué mon stage de deuxième année de validation du DUT Génie biologique option Agronomie à l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) qui est le premier organisme de recherche agronomique en Europe. Ce stage s'est déroulé du 2 avril au 10 août 2012.

L'INRA est un établissement public à caractère scientifique et technologique. Le centre INRA PACA comprend 17 unités de recherche réparties sur 9 sites. L'unité de pathologie végétale se trouve à Montfavet, quartier administratif d'Avignon. Son but premier est d'assurer une protection durable des cultures maraîchères.

Mon choix s'est porté sur l'INRA car au cours de mon cursus scolaire en DUT, l'étude de la pathologie végétale, de l'entomologie ainsi que des relations entre les plantes et leurs milieux m'a passionné. Je souhaite dans ma carrière professionnelle participer à l'élaboration d'une agriculture durable, plus équitable entre les hommes et plus respectueuse de l'environnement. Ainsi, travailler au sein de cet institut a constitué pour moi une grande source de motivation.

Mon stage s'inscrit dans le cadre du projet VirAphid 2011-2014 financé par l'ANR Systerra, ainsi que dans celui du projet Parcel-R 2010-2012 financé par le département scientifique « Santé des Plantes et Environnement » de l'INRA. Il a pour objectif l'étude des dynamiques de populations de pucerons dans différents environnements agroclimatiques. Dans ce rapport, après avoir présenté l'organisme d'accueil et le contexte de l'étude, nous exposerons les matériels et méthodes utilisés au cours des expérimentations VirAphid et Parcel-R, puis nous ferons une analyse des résultats obtenus.

# I. Présentation du contexte et de l'objectif du stage

## *A. L'INRA, premier laboratoire européen de recherche en agronomie*

### **1. Organisation générale**

**L'INRA** (Institut National de la Recherche Agronomique) est un organisme public de recherche agronomique, placé sous la double tutelle du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche et celui de l'Alimentation, de l'Agriculture, de la Pêche, de la Ruralité et de l'Aménagement du territoire. Premier institut de recherche agronomique en Europe, l'INRA mène des recherches sur les questions liées à l'agriculture, à l'alimentation et à la sécurité des aliments, à l'environnement et à la gestion des territoires avec une perspective de développement durable. Il dispose d'un budget annuel de 772 millions d'euros. Il a été créé à la fin de la seconde guerre mondiale, en 1946, lorsque la France se trouvait en pénurie alimentaire. A l'époque, ses objectifs étaient de mener des travaux de recherche concernant les techniques de production animale et végétale pour subvenir aux besoins de la population. Soixante ans après sa création, l'INRA occupe la première place au niveau européen et la deuxième au niveau mondial pour les publications concernant les sciences agricoles, animales et végétales. Il compte 14 départements scientifiques et 19 centres où travaillent 1800 chercheurs, 2500 ingénieurs, 4500 techniciens et 2000 doctorants et stagiaires. Il est également présent en Inde, au Brésil et en Chine.

### **2. Le centre INRA PACA**

Le centre INRA PACA (Provence-Alpes-Côte d'Azur) se situe au 4<sup>ème</sup> rang national (parmi les 19 centres INRA) grâce à la fusion des centres d'Avignon et de Sophia-Antipolis en janvier 2012. Ce sont les deux sites principaux mais le centre en comprend également sept autres : Aix en Provence, Cap d'Antibes, Gotheron, Grenoble, Les Vignères, Manduel et Marseille. L'INRA PACA permet ainsi la création d'un dispositif scientifique consolidé autour de trois pôles : Adaptation au Changement Global (ACG) et Production Horticole intégrée (PHI) à Avignon, Santé des Plantes (SP) à Sophia-Antipolis. La région PACA subit actuellement un accroissement de l'urbanisation et du tourisme, une crise des systèmes de production agricole confrontés à la concurrence européenne voire mondiale, une recolonisation par les écosystèmes forestiers suite à l'abandon des cultures. Cette consolidation a donc pour but de faire évoluer les paysages et les modes de production tout en faisant face aux nouveaux enjeux de la recherche agronomique (outils de recherche, mondialisation des questions agricoles, compétition), à une forte évolution du dispositif nationale de recherche, à une politique partenariale intensifiée et à un engagement européen devenu prioritaire ([www.inra.fr](http://www.inra.fr)).

### 3. L'INRA d'Avignon et l'unité de pathologie végétale

L'INRA d'Avignon comprend 13 unités réparties sur deux domaines situés à Montfavet :

- Saint Paul :
  - Abeilles et Environnement,
  - Agroclim,
  - Biostatistique et Processus Spatiaux,
  - Ecodéveloppement,
  - Ecologie des Forêts Méditerranéennes,
  - Environnement et Agronomie d'Avignon,
  - Environnement Méditerranéen et Modélisation des Agro-Hydrosystèmes,
  - Géochimie des Sols et des Eaux,
  - Plantes et Systèmes de Culture Horticoles,
  - Sécurité et Qualité des Produits d'Origine Végétale,
  - Unité Expérimentale Entomologie et Forêt Méditerranéenne,
  
- Saint Maurice :
  - Génétique et amélioration des fruits et légumes (GAFL),
  - Pathologie végétale (PV).

Mon stage a eu lieu à l'unité de pathologie végétale sur le domaine de Saint Maurice. Celle-ci est constituée des équipes de microbiologie et de virologie avec un total de 42 agents permanents ainsi que de jeunes scientifiques en formation. Les travaux se concentrent sur les maladies bactériennes, fongiques et virales des fruits et légumes du pourtour méditerranéen afin de mettre en place des méthodes de lutte alternatives et raisonnées.

En ce qui concerne les infrastructures, l'unité dispose de deux bâtiments de pathologie végétale (bureaux et laboratoires), de 9500m<sup>2</sup> d'installations expérimentales (63% de parcelles en plein champ, 22% de serres, 14% de tunnels et enceintes climatisées) et a accès à un laboratoire de biologie moléculaire pluridisciplinaire.

J'ai effectué mon stage dans l'équipe de virologie, composée d'une vingtaine de personnes de qualifications diverses (techniciens, ingénieurs et chercheurs). L'équipe s'intéresse principalement à l'étiologie\* et à l'épidémiologie des maladies virales ainsi qu'au développement de méthodes de luttés. Les recherches sont ciblées majoritairement sur les virus des Solanacées et des Cucurbitacées.

## *B. Contexte de l'étude*

### 1. Généralités sur les pucerons

Les pucerons appartiennent à l'ordre des hémiptères. Ce sont des petits insectes phytophages qui, grâce à leur appareil buccal de type piqueur-suceur, se nourrissent de la sève élaborée des plantes. Ils ont une capacité de multiplication très élevée et connaissent parfois de véritables explosions démographiques (Tomlinson, 1987 ; Astier *et al.*, 2001 ; Simon *et al.* 2002). En fonction des conditions du milieu, ils ont la faculté de produire des formes résidentes aptères sous forme de colonies, et des formes ailées leur permettant de

se disperser sur de longues distances. Majoritairement présents en zones tempérées, mais également en zones subarctiques et subantarctiques pour certains d'entre eux, ils sont extrêmement répandus dans le monde avec près de 4500 espèces recensées.

En ce qui concerne la France, 700 espèces ont été dénombrées dont 250 considérées comme responsables de dégâts sérieux et nuisibles à l'agriculture et à la sylviculture\*.

Deux types de dégâts sont à différencier :

- les dégâts directs liés à leur alimentation : prélèvement de la sève qui engendre un affaiblissement de la plante et un ralentissement de sa croissance, et piqûres entraînant l'apparition de galles et de malformations (toxicité de la salive) ;
- les dégâts indirects liés aux virus qu'ils propagent et au miellat qu'ils excrètent. Ce miellat dessicant brûle le feuillage en cas de forte chaleur et est favorable au développement de maladies fongiques comme la fumagine, moisissure noire responsable d'une asphyxie de la plante.

Toutes ces caractéristiques en font d'importants ravageurs de cultures.

*Aphis gossypii* est un ravageur majeur des cultures de melons. C'est un puceron très polyphage\*. Il se nourrit sur 912 espèces de plantes appartenant à 116 familles mais a une préférence pour les Cucurbitacées (melon, courgette, concombre), les Malvacées (cotonnier, Hibiscus) et les Rutacées (Citrus).

Il est présent dans les deux hémisphères, dans toutes les régions tempérées, subtropicales et tropicales à l'exception des zones désertiques et de l'Asie centrale. Il est très dommageable en agriculture, surtout en Europe.

C'est un redoutable vecteur de virus chez les Cucurbitacées et le melon en particulier. La majorité des virus sont transmis selon le mode non persistant, c'est-à-dire que le puceron n'est capable de transmettre le virus que pendant les quelques heures qui suivent son acquisition.

Différentes méthodes existent pour lutter contre les pucerons. La lutte chimique est utilisée depuis de nombreuses années mais elle présente certains inconvénients. Elle engendre évidemment des dommages collatéraux sur l'environnement (destruction d'insectes bénéfiques, pollution, toxicité, etc.) mais aussi, dans certains cas, une adaptation des pucerons et ainsi une perte d'efficacité si la fréquence des traitements est trop importante. Ensuite, la pulvérisation d'un traitement aphicide peut également entraîner une augmentation de l'activité et la mobilité des pucerons favorisant la transmission des virus (Budnik *et al.* 1996, cités par Hooks & Fereres 2006).

Durant les dernières décennies, des efforts ont été accomplis en vue de trouver et de caractériser des sources de résistance aux insectes chez les plantes. Lorsque des gènes de résistance aux pucerons sont disponibles chez une espèce cultivée, la lutte génétique peut être une alternative plus respectueuse de l'environnement. De nombreuses tentatives ont été faites pour les intégrer dans de nouveaux cultivars\* avec un degré variable de réussite (Edwards & Singh, 2006).

La lutte culturale comme le paillage ou l'installation de bâches est également utilisée dans le but de perturber les vecteurs de virus.

## 2. Le melon, une culture majeure du Sud-Est de la France

Le melon (*Cucumis melo* L.) est un fruit charnu appartenant à la famille des Cucurbitacées. De par sa grande diversité, il est destiné à des usages très variés que ce soit au niveau de la consommation, de l'intérêt aromatique ou de l'ornementation. Il est ainsi cultivé dans environ 80 pays. La France se situe au 11<sup>ème</sup> rang mondial de la production (3<sup>ème</sup> rang européen) de melons (derrière la Chine ou l'Espagne) avec 262 000 tonnes produites en 2011 (Source : FAO). C'est une culture majeure dans le Sud-Est de la France avec 6000 hectares et 126 000 tonnes produites en 2010 ce qui représente environ 40% de la production française (Source : Association Interprofessionnelle Melon).

Le gène *Vat* (*Virus aphid transmission*) confère une résistance à la colonisation par le puceron *Aphis gossypii* Glover par antixénose\* et antibiose\*, ainsi qu'une résistance aux virus non persistants qu'il transmet tels que le CMV (*Cucumber mosaic virus*) ou WMV (*Watermelon mosaic virus*) (Pitrat & Lecoq, 1982). Certaines espèces commercialisées de melons en sont dotées. Néanmoins, le gène n'a qu'une efficacité partielle puisqu'il n'est pas efficace contre les autres espèces de pucerons et donc contre les virus dont ils sont porteurs. Son utilisation est généralement couplée à des traitements aphicides\*. De plus, la variabilité intra-spécifique d'*A. gossypii* lui confère une grande capacité d'adaptation, ce qui implique un contournement possible du gène *Vat*. La question de la durabilité du gène *Vat* est d'autant plus préoccupante que ce dernier est présent dans 80% des melons cultivés dans le Sud-Est. Plus la taille de la population d'*A. gossypii* est grande, plus le risque de contournement est important.

## 3. Les bandes fleuries et enherbées : vers une alternative à la lutte chimique

Des techniques favorisant l'apparition d'auxiliaires de culture\*, comme l'installation de bandes enherbées ou fleuries avant l'arrivée des pucerons, ont des effets positifs sur l'abondance et la diversité des prédateurs (Fernandez *et al.*, 2007). Elles sont mises en place pour l'un des essais de ce stage.

Ces bandes sont généralement semées le long des cultures. Leur composition est très variée : fleurs, graminées, plantes cultivées...

Elles ont différents avantages :

- rôle de barrière physique vers la parcelle si elles sont plutôt hautes (Simmons, 1957)
- rôle de filtre à virus par perte de la capacité virulifère des pucerons avant d'accéder à la parcelle grâce aux piqûres d'essai (Hooks & Fereres, 2006)
- réduction de la population de pucerons grâce à l'attirance qu'elles produisent chez les auxiliaires qui s'y installent (Pfiffner *et al.*, 2005 ; Ronzon, 2005 ; Garzo *et al.*, 2004 cité par Hooks & Fereres, 2006).

L'utilisation de ces bandes est déjà très répandue dans certains pays comme la Suisse ou l'Allemagne, mais elles sont encore inconnues chez les agriculteurs français.

#### 4. Objectif du stage

Ce stage a pour objectif de suivre l'évolution des dynamiques de populations de pucerons ailés dans divers environnements.

Il repose sur deux projets :

- VirAphid, coordonné par Nathalie Boissot (GAFL), qui vise notamment à évaluer *in situ* différentes combinaisons de gènes de résistance à *Aphis gossypii* (gène majeur *Vat* avec ou sans QTL\*, différents allèles de *Vat*).

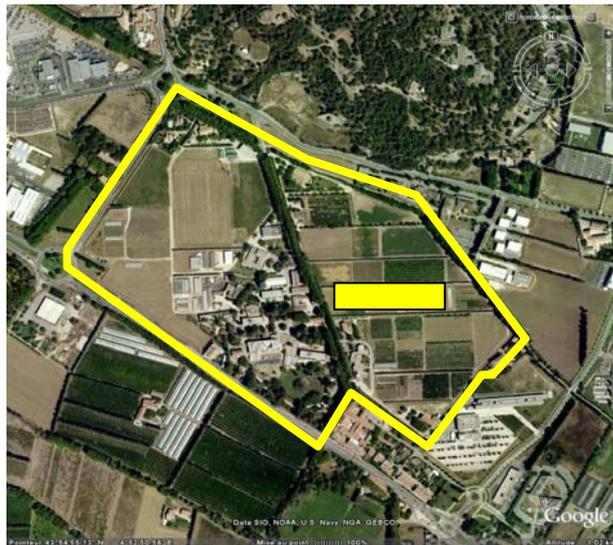
- Parcel-R, coordonné par Alexandra Schoeny (PV), qui vise à tester l'effet de plusieurs facteurs sur les dynamiques aphidiennes et virales. Une des hypothèses testées est qu'un aménagement adéquat de l'environnement de la parcelle de melon peut contribuer à réguler les populations de pucerons et ainsi à renforcer l'efficacité de la résistance génétique due à *Vat* tout en assurant sa durabilité.

## II. Matériels et méthodes

### A. *Dispositif expérimentaux*

#### 1. Localisation des essais

Les essais VirAphid et Parcel-R sont implantés côte à côte sur une parcelle de 1.3ha du domaine expérimental INRA de St Paul à Montfavet. La superficie de VirAphid est de 522m<sup>2</sup>, celle de Parcel-R est de 5198m<sup>2</sup> (Figure 1).



*Figure 1* : Image satellite montrant le domaine expérimental INRA de St Paul à Montfavet et l'emplacement de la parcelle accueillant les essais VirAphid et Parcel-R (position GPS : 43° 54'N, 4°52'E)

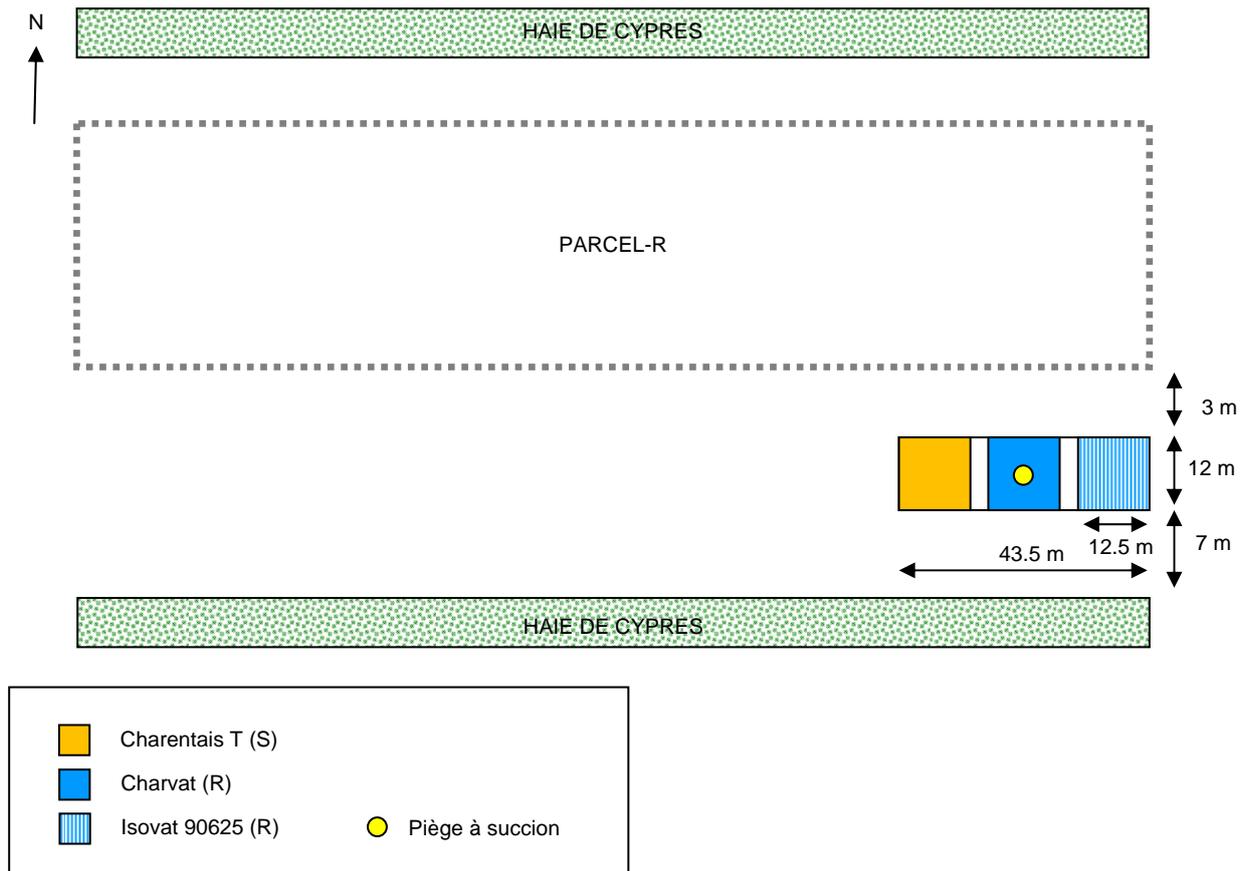
#### 2. Présentation des essais VirAphid

En 2012, trois géotypes de melon ont été comparés (Figure 2) :

- Charantais T est le témoin sensible,
- Charvat R contient l'allèle « classique » de *Vat*,
- Isovat 90625 contient un autre allèle de *Vat* (c'est en quelque sorte un « *Vat bis* »).

Les essais ont été implantés sur deux domaines expérimentaux INRA représentant des environnements pédoclimatiques contrastés : St Paul à Montfavet et Godet à Petit Canal (Guadeloupe).

Les trois modalités sont constituées de 6 rangs (inter-rang de 2m) de 25 plantes (espace inter-plante de 50cm).



**Figure 2 :** Dispositif expérimental de l'essai VirAphid implanté à Montfavet

Les melons ont été plantés le 22 mars 2012 (Guadeloupe) et le 26 avril 2012 (Montfavet) au stade 2-3 feuilles. A Montfavet, un voile non tissé en polypropylène (P17) a été installé pour protéger les melons des aléas climatiques pendant les quinze premiers jours de culture (Figure 3).



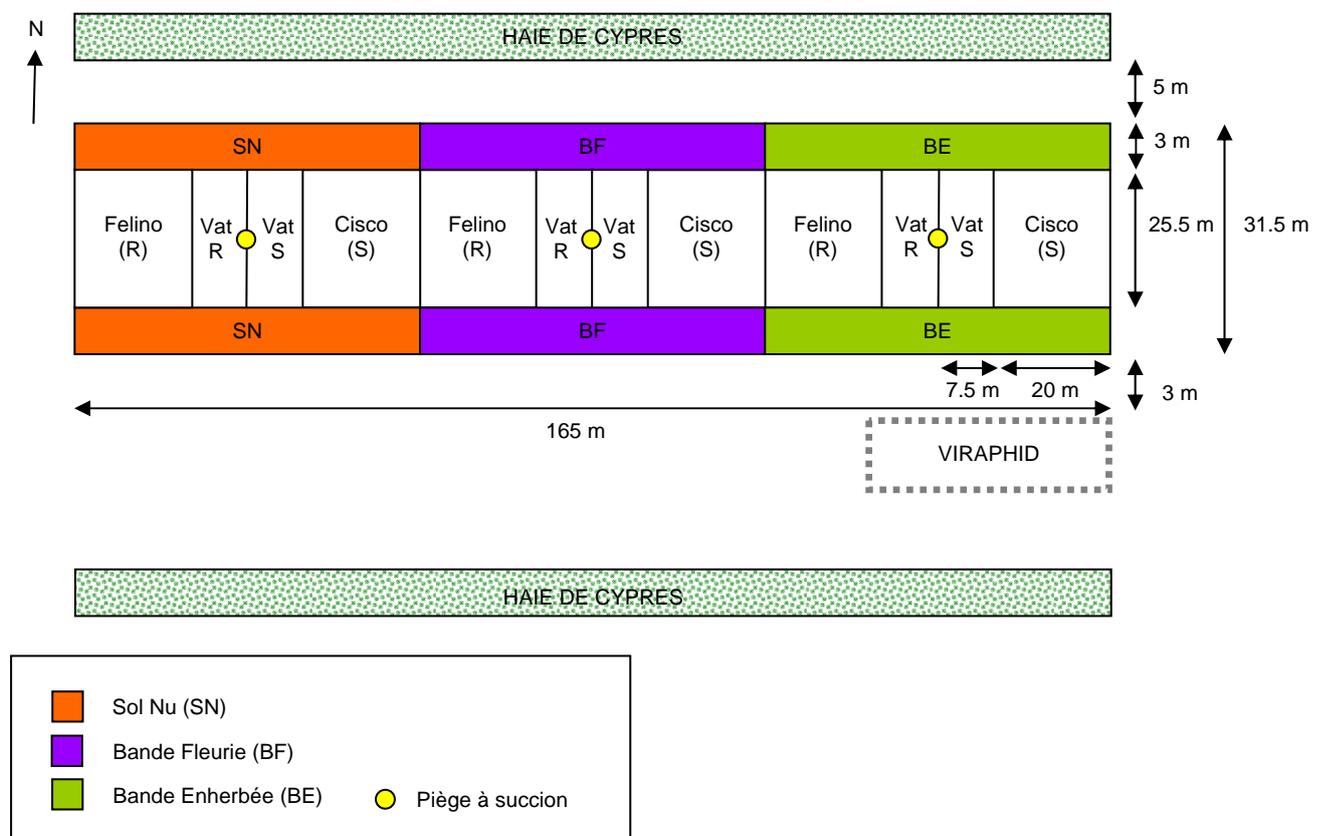
**Figure 3 :** Parcelle de melons de l'essai VirAphid à Montfavet protégée par le P17

### 3. Présentation de l'essai Parcel-R

Deux facteurs expérimentaux sont étudiés dans cet essai :

1. Le type d'aménagement de l'environnement de la culture de melons. Trois modalités sont testées : bandes fleuries (BF), bandes enherbées (BE) et sol nu (SN).
2. Le type de résistance du melon à *A. gossypii*. Deux modalités sont testées : melons résistants possédant le gène *Vat* (Vat R) et melons sensibles dépourvus du gène *Vat* (Vat S). Ces modalités sont des lignées quasi-isogéniques dérivant respectivement des variétés Margot (possédant le gène *Vat*) et Védrantais (dépourvue du gène *Vat*).

Les six traitements expérimentaux qui résultent du croisement des modalités de ces deux facteurs sont comparés dans un dispositif où l'aménagement de l'environnement de la culture est le facteur principal (Figure 4).



**Figure 4 :** Dispositif expérimental de l'essai Parcel-R implanté à Montfavet

Les modalités Vat R et Vat S sont constituées de 16 rangs (inter-rang de 1.5m) de 15 plantes (espace inter-plante de 50cm). Elles sont séparées par des zones tampons afin d'éviter les interactions entre les effets des différents aménagements parcellaires. Ces zones tampons sont constituées de 16 rangs (inter-rang de 1.5m) de 20 plantes (espace inter-plante de 1m) de melons de variétés commerciales F1 Felino (possédant le gène *Vat*) et F1 Cisco (dépourvue du gène *Vat*) ayant le même niveau de résistance à la colonisation par *A. gossypii* que les modalités expérimentales ainsi qu'une tolérance à l'oïdium.

Deux bandes (Sud et Nord) sont mises en place pour chacune des modalités d'aménagement des bordures.

La modalité « sol nu » sert de témoin.

L'objectif principal de la modalité « bande enherbée » est de jouer un rôle de filtre à virus via un couvert homogène constitué d'un ray-grass anglais (*Lolium perenne*, famille des Graminées).

L'objectif principal de la modalité « bande fleurie » est de favoriser le développement de l'entomofaune auxiliaire et particulièrement des insectes prédateurs et parasitoïdes de pucerons (coccinelles, chrysopes, syrphes etc.). Il s'agit donc de créer un couvert fleuri hétérogène constitué de plusieurs espèces à la fois non hôtes pour les virus du melon et non hôtes pour les pucerons colonisateurs du melon, afin d'éviter de créer un réservoir à proximité de la culture. Elles ne sont pas suffisamment hautes pour être considérées comme une barrière physique vers les parcelles de melons.

Cette modalité a nécessité la conception d'un mélange d'espèces permettant de satisfaire à plusieurs conditions :

1. Espèces annuelles permettant d'obtenir une floraison précoce et synchrone par rapport à la culture des melons,
2. Espèces présentes dans le Vaucluse,
3. Espèces ayant un approvisionnement en semence facile,
4. Espèces non hôtes pour les pucerons,
5. Espèces non hôtes pour les virus du melon.

Les bandes fleuries sont ainsi constituées d'un mélange de cinq espèces (Figure 5) :

- le bleuet (*Centaurea cyanus*, famille des Astéracées),
- la gesse (*Lathyrus sativus*, famille des Fabacées),
- la marjolaine (*Origanum majorana*, famille des Lamiacées),
- la pimprenelle (*Sanguisorba minor*, famille des Rosacées),
- le sainfoin (*Onobrychis viciifolia*, famille des Fabacées).



**Figure 5 :** Les différentes espèces de la bande fleurie (de gauche à droite : bleuet, gesse, marjolaine, pimprenelle et sainfoin).

Les bandes fleuries et enherbées ont été semées le 21 mars 2012, soit deux mois avant la date prévue de plantation des melons, ceci afin d'avoir des couverts suffisamment développés (en fleurs pour la modalité BF) au moment de la plantation. Les melons ont été semés les 2-3 mai 2012 et plantés le 31 mai 2012 au stade 2-3 feuilles.

Les bandes enherbées et fleuries sont irriguées deux fois par semaine durant 1h15 grâce à des sprinklers (Figure 6, Annexe 1). Elles sont désherbées manuellement pour éliminer les espèces indésirables. Les melons sont irrigués grâce à un système de goutte à goutte.



Figure 6 : Sprinklers dans les bandes enherbées

### *B. Suivi du développement des bandes enherbées et fleuries de Parcel-R*

Le développement des bandes enherbées et fleuries est contrôlé à trois reprises jusqu'à la plantation des melons. Un quadrat de 1m<sup>2</sup> est positionné dans la bande Nord et dans la bande Sud de chacune de ces deux modalités (Figure 7).

- 1) Le pourcentage de couverture du sol par la végétation est déterminé visuellement.
- 2) Pour les bandes fleuries, le nombre de plantes de chaque espèce est compté afin de calculer les fréquences relatives de chaque espèce.



Figure 7 : Positionnement d'un quadrat de 1m<sup>2</sup> pour suivre le développement des bandes

De plus, à partir de la plantation, le stade phénologique\* de dix individus pour chaque espèce et chaque orientation (Nord / Sud) est déterminé tous les dix jours environ.

## C. Suivi des dynamiques de pucerons ailés visitant les parcelles de melon

### 1. Echantillonnage

Ce stage s'intéresse uniquement aux pucerons ailés et non aux aptères.

Des pièges à suction sont installés dans les parcelles de melons à raison d'un piège par site pour VirAphid et d'un piège par modalité d'aménagement des bordures pour Parcel-R (Figure 8). Ces pièges permettent d'échantillonner les insectes ailés de manière non biaisée (Pascal *et al.*, 2012). Les pièges ont été construits par l'équipe Atelier de l'Unité selon le modèle décrit par Labonne *et al.* (1982). Ils sont constitués d'un caisson d'aspiration dans lequel s'insère un collecteur d'insectes. Les insectes volant au-dessus de la bouche d'aération sont inspirés et entraînés dans le pot de collecte contenant 100mL d'eau additionnée d'un mouillant (Teepol 5µL/L). L'embouchure du collecteur est situé à 25cm du sol ce qui permet de capturer les insectes au niveau d'un couvert végétal bas.



**Figure 8 :** Piège à suction installé dans la parcelle (gauche) et principe de fonctionnement (droite)

Les pièges sont installés la veille de la plantation. Ils fonctionnent 14h par jour (de 8h à 22h) à Montfavet et 11h par jour (de 7h à 18h) en Guadeloupe. Ces durées variables correspondent à des durées variables de la longueur du jour selon les sites. Les captures sont relevées tous les jours par un technicien avant la remise en route des pièges. L'opération consiste à soulever délicatement le collecteur, à prendre le pot de collecte avec les insectes (du jour J) et à le remplacer par un nouveau pot de collecte (du jour J+1).

Les pots de collecte sont ramenés à la station où ils sont traités dans les 48 heures maximum. Le traitement consiste à rincer la collecte à l'eau du robinet afin d'éviter une macération (et donc une dégradation) des insectes dans le pot. La collecte est versée sur un carré de tulle posé dans un entonnoir. L'entonnoir est lui-même posé sur une bouteille pour plus de stabilité. La collecte est délicatement rincée par des jets de pissette. Les insectes sont délicatement prélevés grâce à un pinceau et transférés dans un tube étiqueté de 12mL contenant de l'alcool 70°. Ce tube est appelé le « culot ». Pour la Guadeloupe, les culots, préparés sur place, sont expédiés chaque semaine à la station pour y être triés.

Le suivi est effectué pendant 64 jours pour VirAphid-Guadeloupe, 81 jours pour VirAphid-Montfavet et 56 jours pour Parcel-R. Ces durées variables correspondent à des durées variables de culture des melons.

## 2. Identification

Les insectes sont d'abord triés en deux catégories, pucerons et non pucerons, à l'aide de la loupe binoculaire. Les effectifs de chaque catégorie sont comptabilisés. Ces données permettent notamment d'établir les dynamiques globales d'activités des pucerons pour chacune des modalités suivies.

Pour les deux premières semaines de suivi de Parcel-R, cette étude quantitative a été complétée par une étude qualitative grâce à l'identification des pucerons.

L'identification des espèces peut se faire soit par observation de critères morphologiques, soit par biologie moléculaire.

La première technique se base sur la variabilité de certaines parties de l'anatomie externe des pucerons notamment l'abdomen, la cauda, les cornicules, les antennes (Figure 9). D'autres critères peuvent parfois être pris en compte : les ailes, les tubercules antennaires ou encore les yeux.

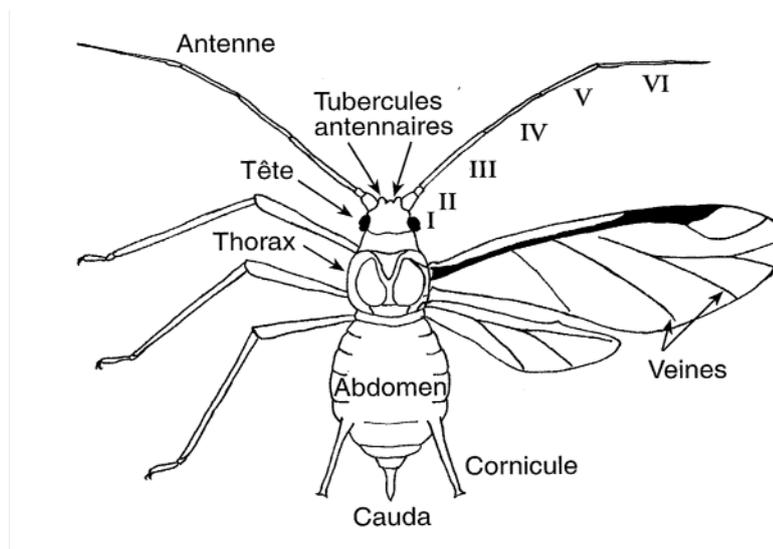


Figure 9 : Morphologie d'un puceron ailé

Des clés dichotomiques permettent d'identifier plus ou moins facilement les espèces (Taylor, 1984 ; Remaudière & Seco Fernandez, 1990) (Annexe 2). Cette technique repose sur une expertise longue à acquérir. De plus, elle ne peut pas être utilisée pour les individus abîmés ni pour les genres aphidiens pour lesquels les différences morphologiques sont extrêmement faibles (certaines espèces du genre *Aphis* sont ainsi difficilement identifiables sur la base des critères morphologiques).

La deuxième technique repose sur le principe du barcode ADN (Hebert *et al.*, 2003a). Elle consiste à comparer un ou plusieurs marqueurs moléculaires obtenus à un catalogue élaboré d'année en année et le plus exhaustif possible de séquences ADN. Elle a ainsi pour but d'assigner de manière fiable tout individu (entier ou non, quels que soient son sexe et son stade de développement) à une espèce. Elle nécessite au minimum un marqueur génétique\* qui doit avoir une faible variation intraspécifique mais variation interspécifique nette. Pour les pucerons (et le règne animal en général) le marqueur retenu est le gène mitochondrial codant pour la sous-unité I de la cytochrome oxydase (COI) et ayant 650pb (Hebert *et al.*, 2003b).

Cette technique comprend quatre étapes majeures (Annexe 3) :

1. Extraction de l'ADN total
2. Amplification (PCR)
3. Migration des amplicons (électrophorèse)
4. Séquençage des amplicons

La migration permet de vérifier que l'amplicon est présent en quantité suffisante et de bonne qualité. Les échantillons qui semblent remplir ces deux critères sont envoyés à un prestataire de services pour être séquencés. Ce tri préalable est nécessaire car cette ultime étape a un certain coût.

Le séquençage est réalisé en Allemagne par un prestataire de service. Les séquences sont ensuite analysées à l'unité selon une méthode mise au point par l'INRA de Montpellier.

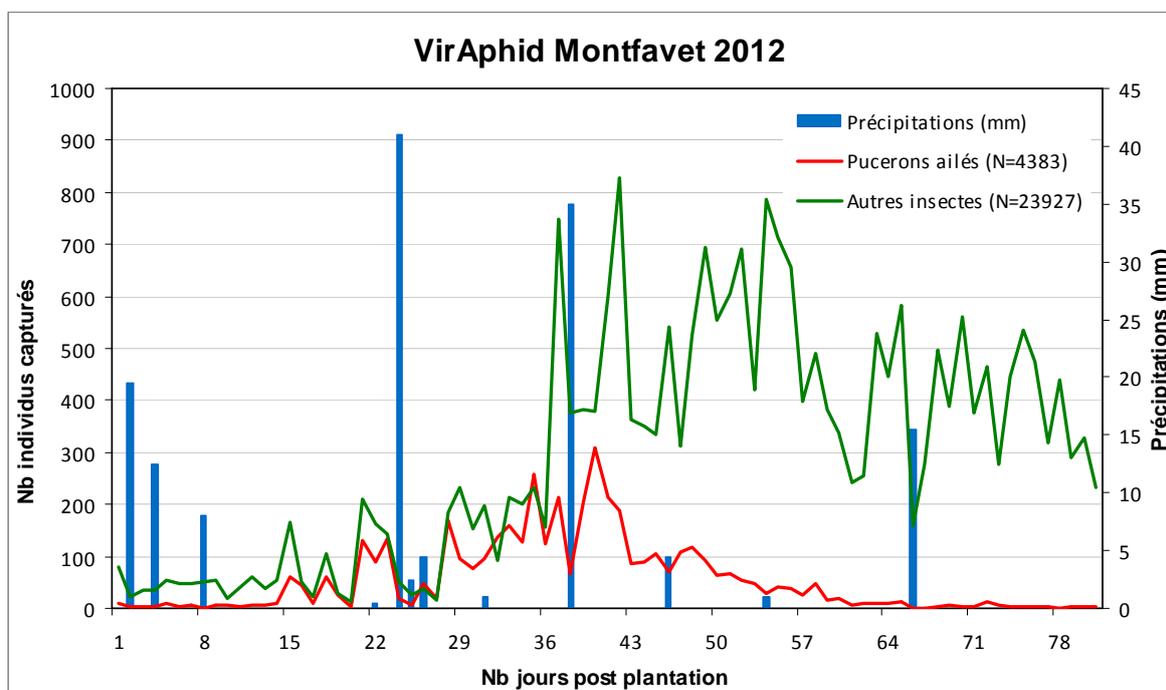
### III. Résultats

#### A. Dynamiques des populations de pucerons ailés de VirAphid

##### 1. Nombre d'individus capturés à Montfavet

Sur 81 jours de capture, 28 303 individus ont été capturés dont 4376 pucerons ailés soit une proportion de 16% (Figure 10). Le premier mois de capture, il y a en moyenne une trentaine d'autres insectes de plus que de pucerons puis largement le triple à partir de J36 et jusqu'à la fin. Une période de très forte activité où le nombre de pucerons capturés quotidiennement dépasse fréquemment 100 est observée entre J29 et J48. Le pic d'activité maximale se produit à J40 avec 308 pucerons capturés ce jour-là. Une activité intense est observée plus tôt, à J21, mais est *a priori* stoppée à cause de très fortes précipitations (>40mm). D'autres précipitations à J38 sont à nouveau responsables d'un creux d'activité (67 pucerons).

De plus, les trois quart des pucerons sont capturés à J44 (9 juin 2012).



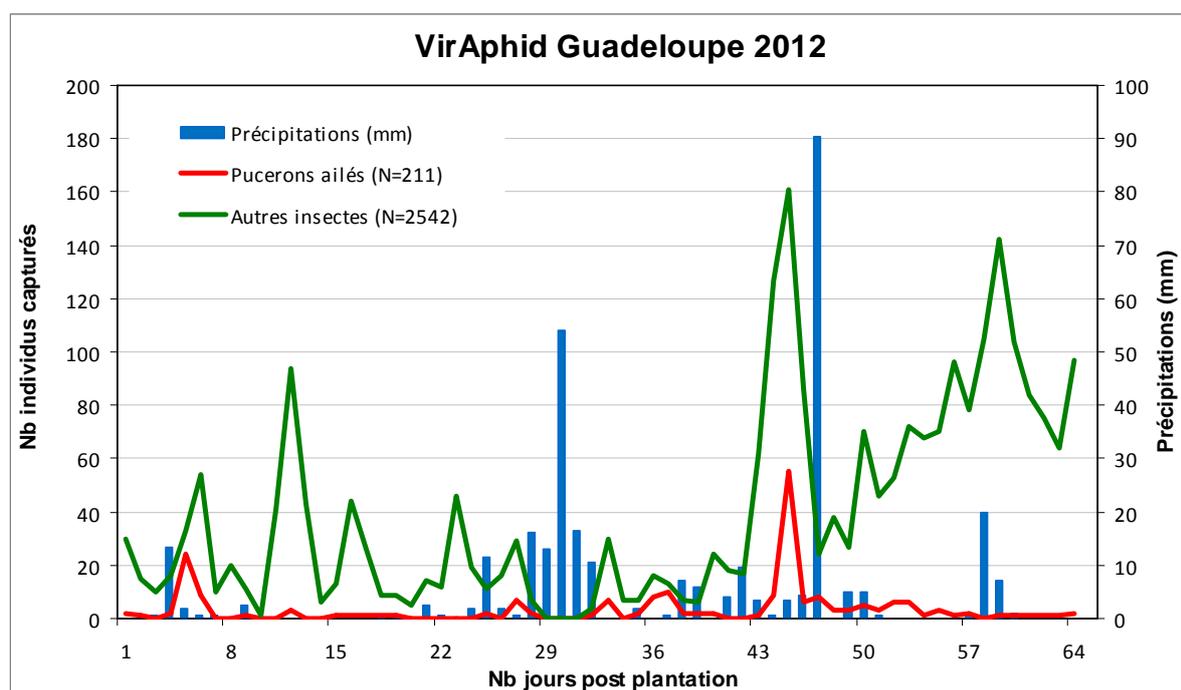
**Figure 10 :** Nombre d'individus piégés par jour à Montfavet pour l'essai VirAphid 2012  
Piégeage par aspiration à hauteur du couvert du 27/04/12 au 16/07/12

## 2. Nombre d'individus piégés en Guadeloupe

Sur 64 jours de capture, 2753 individus ont été piégés dont 211 pucerons soit 8% (Figure 11). Globalement, il y a eu beaucoup plus d'autres insectes capturés par jour que de pucerons ailés durant tout l'essai.

La courbe correspondant aux pucerons est plutôt constante, elle ne présente que très peu de pics. Il n'y a aucune période de forte activité particulière, les effectifs de pucerons n'atteignent jamais les 100 individus. Deux périodes d'activités sont cependant distinguées : une plutôt précoce avec un pic à J5 (29 pucerons) et une plus tardive de J27 à J57 avec un pic à J45 (55 pucerons). Une période de fortes précipitations ayant entraîné l'arrêt du piège (J29 à J31), sépare ces deux périodes.

Les trois quart des pucerons sont capturés à J45 (6 mai 2012).

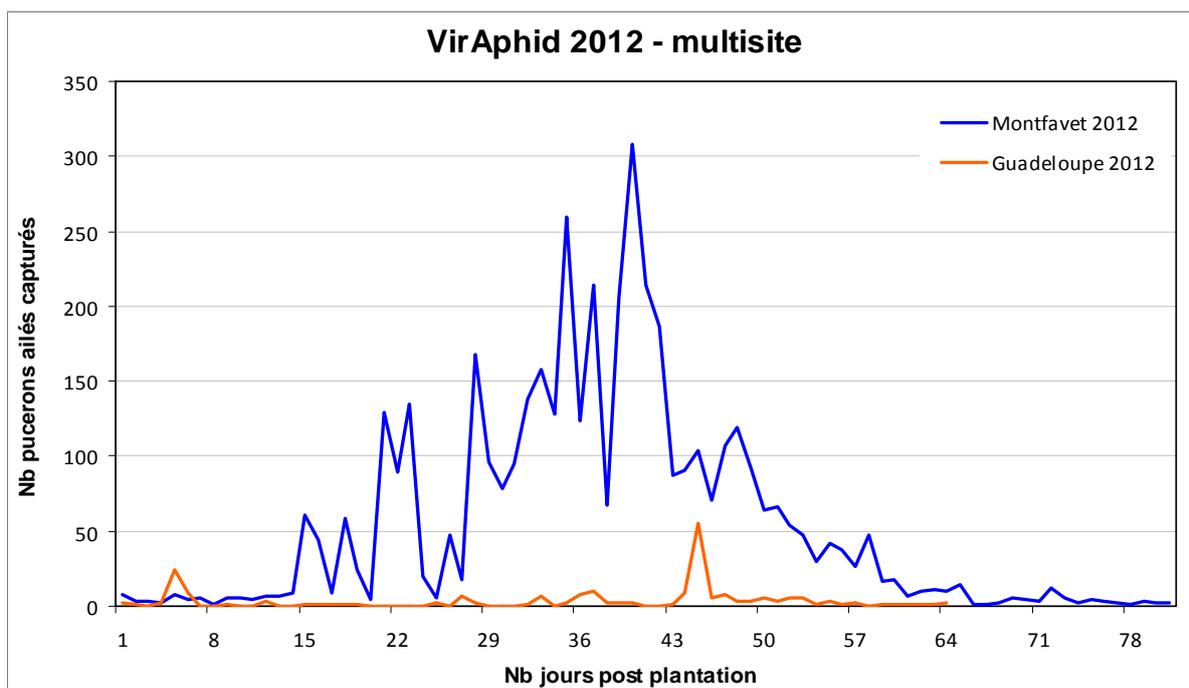


*Figure 11* : Nombre d'individus piégés par jour en Guadeloupe pour l'essai VirAphid 2012  
Piégeage par aspiration à hauteur du couvert du 23/03/12 au 25/05/12

## 3. Comparaison des deux sites

La durée de l'essai en Guadeloupe est plus courte de quinze jours. Néanmoins, à J64, il y a déjà près de 4000 pucerons capturés de plus à Montfavet : seulement 211 contre 4316 (Figure 12). Le nombre de pucerons capturés est donc largement plus faible en Guadeloupe. De même, la proportion de pucerons (à J64) sur le nombre d'insectes totaux est deux fois plus faible (8% contre 16%).

Les deux courbes n'ont pas du tout la même allure. Il y a beaucoup de pics à Montfavet avec des valeurs plus importantes. En effet, le pic maximal est six fois plus élevé qu'en Guadeloupe (308 pucerons à J40 contre 55 à J45).

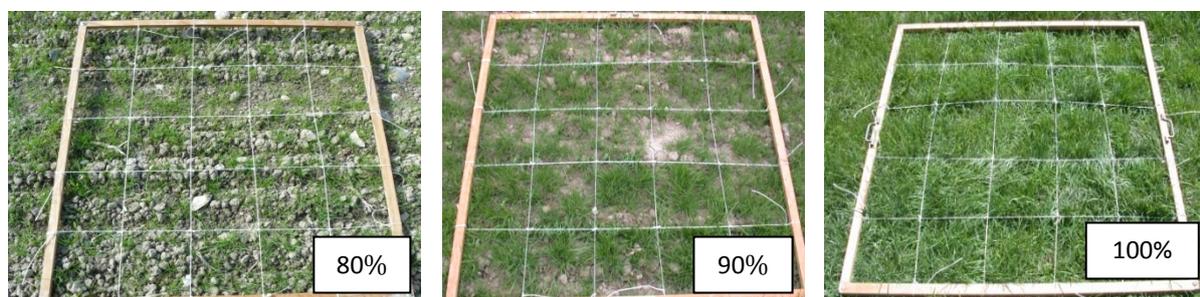


*Figure 12* : Comparaison multisite (Guadeloupe et Montfavet) des dynamiques de populations de pucerons ailés observées pour les essais VirAphid 2012

## *B. Développement des bandes enherbées et fleuries de Parcel-R*

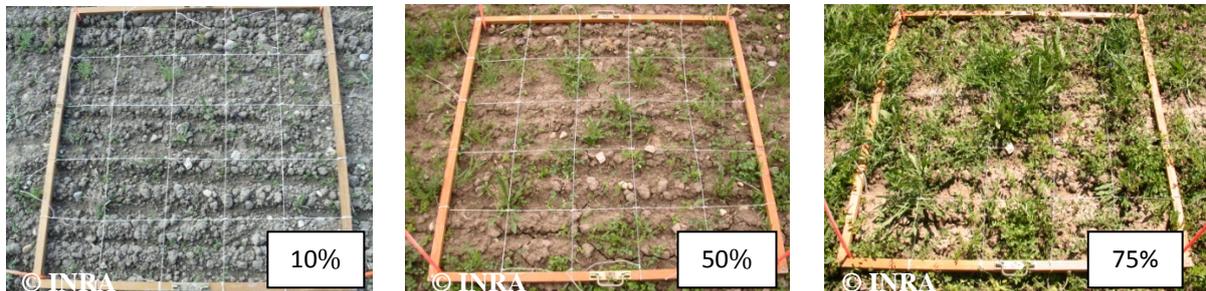
### **1. Couverture du sol et fréquences relatives des espèces**

Le pourcentage de couverture du sol par la végétation a été déterminé à trois reprises avant la plantation des melons (26/04/12, 10/05/12 et 24/05/12). Pour les bandes enherbées, il est de 80% à la première observation, 90% à la deuxième et 100% à la dernière (Figure 13).



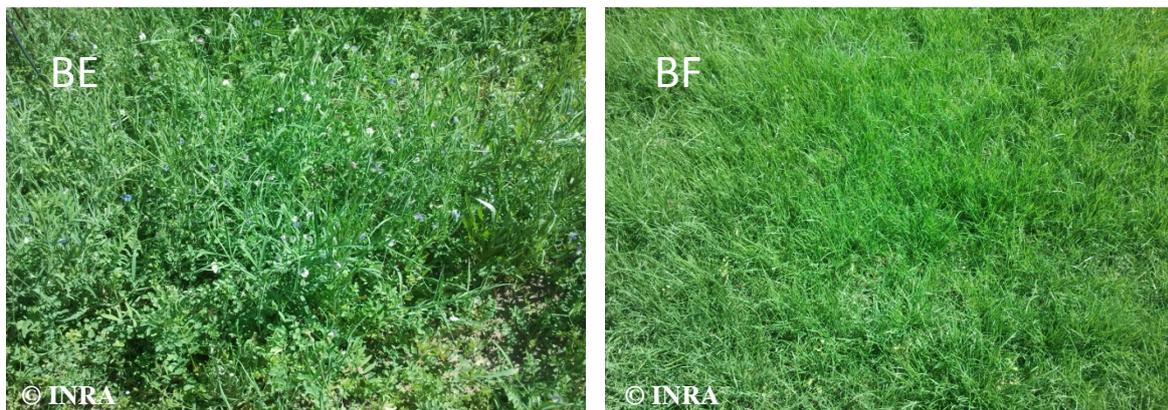
*Figure 13* : Couverture du sol par la végétation dans la bande enherbée (Nord) à trois dates (26/04/12, 10/05/12 et 24/05/12)

Pour les bandes fleuries, le pourcentage de couverture du sol par la végétation est d'environ 10% à la première observation, 50% à la deuxième et 75% à la dernière dans les deux bandes Nord et Sud (Figure 14).



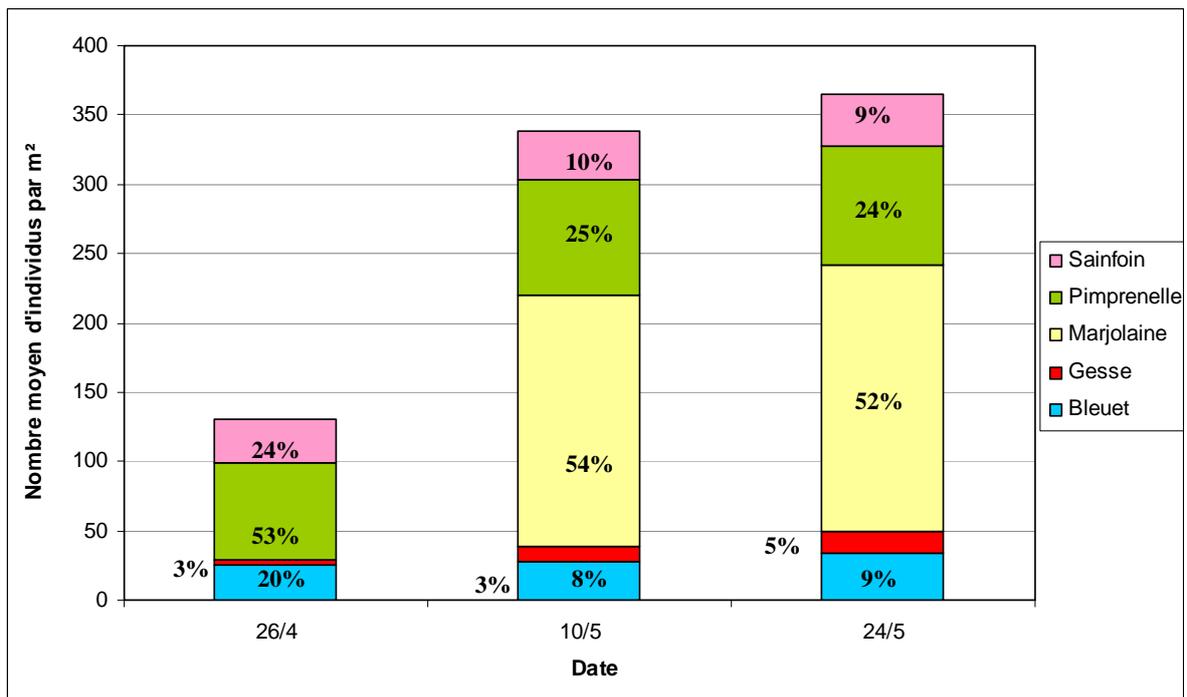
*Figure 14* : Couverture du sol par la végétation dans la bande fleurie (Nord) à trois dates (26/04/12, 10/05/12 et 24/05/12).

Le 24 mai 2012, le développement des bandes fleuries n'était donc pas optimal : d'une part, l'objectif de 100% de couverture du sol par la végétation n'était pas atteint, et d'autre part, la floraison du couvert n'avait pas encore débuté. La plantation des melons, prévue le lendemain, a donc été repoussée d'une semaine afin de permettre un meilleur développement des bandes fleuries (Figure 15).



*Figure 15* : Stades de développement des bandes enherbées (BE) et fleuries (BF) le jour de la plantation des melons (31/05/12)

La composition floristique des quadrats a été déterminée aux mêmes dates (Figure 16).



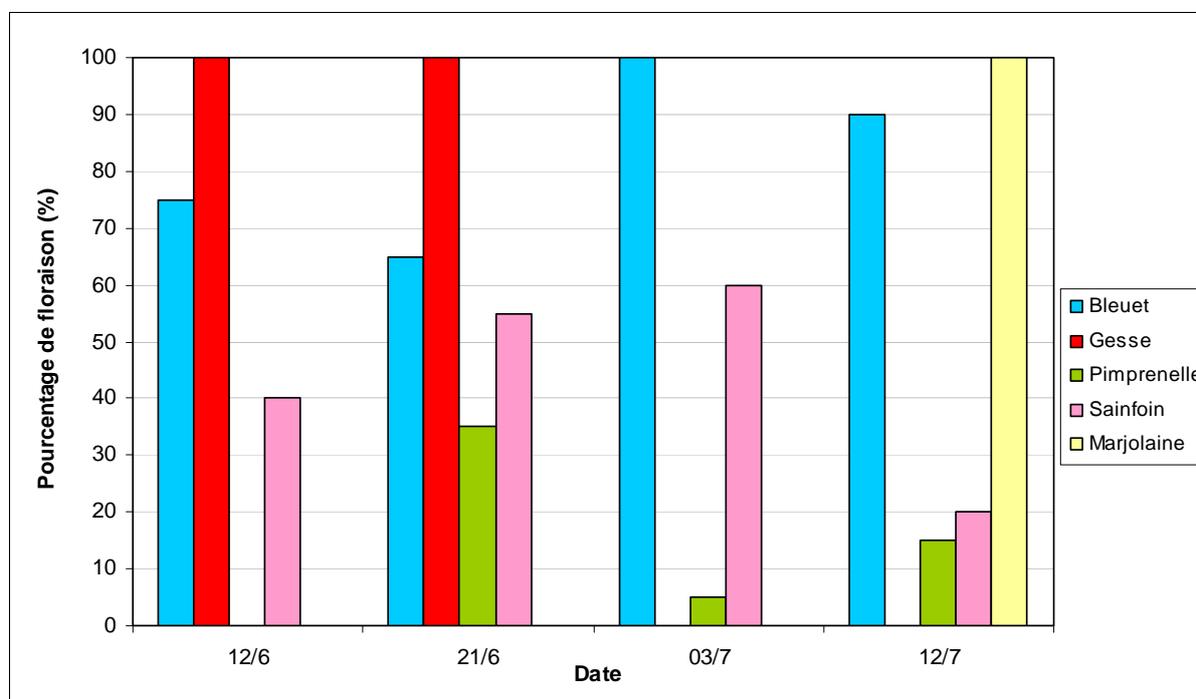
**Figure 16 :** Nombre moyen d'individus de chaque espèce par m<sup>2</sup> de bandes fleuries (les proportions relatives figurent dans les histogrammes)

Pour le bleuet, la gesse, la pimprenelle et le sainfoin, la levée est quasi complète dès la fin avril puisque les effectifs augmentent peu entre le 26 avril 2012 et le 24 mai 2012. Pour la marjolaine, la levée débute plus tardivement car aucun individu n'est dénombré fin avril, mais dès la mi-mai cette espèce représente plus de 50% des plantes présentes.

Le 24 mai 2012, la marjolaine et la pimprenelle représentent respectivement 52% et 24% du peuplement. Néanmoins, la couverture du sol est principalement assurée par le bleuet et la gesse, beaucoup plus développés à cette date.

## 2. Floraison

Les stades phénologiques de dix individus pour chaque espèce et chaque orientation (Nord/Sud) ont été déterminés à quatre reprises (12/06/12, 21/06/12, 03/07/12 et 12/07/12). Le pourcentage de floraison moyen de chaque espèce a été calculé (Figure 17).



*Figure 17* : Evolution du pourcentage d'individus portant des fleurs à partir de la plantation

La floraison de la gesse et du bleuet a débuté peu avant la plantation des melons. La floraison de la gesse s'est poursuivie pendant tout le mois de juin. Celle du bleuet s'est étalée pendant toute la durée du suivi. Le sainfoin et la pimprenelle ont commencé à fleurir au cours de la première quinzaine de juin et leur floraison s'est poursuivie jusqu'à la mi-juillet. Enfin la marjolaine a présenté une floraison tardive vers la mi-juillet. Finalement, l'association des différentes espèces permet d'avoir une floraison échelonnée pendant toute la durée de l'essai.

## *C. Dynamiques des populations de pucerons ailés de Parcel-R*

### 1. Nombre d'individus capturés

Pour chacune des trois modalités (SN, BE et BF) le nombre d'insectes ailés capturés quotidiennement a été dénombré. Entre J1 et J56, 13 249 (dont 3287 pucerons) ont été capturés pour la modalité BE, 16 636 (dont 3600 pucerons) pour BF et 15 095 (dont 3597 pucerons) pour SN. Selon les modalités, 63 à 66% des pucerons capturés le sont au cours des deux premières semaines de suivi.

La Figure 18 présente les dynamiques de populations des pucerons ailés et des autres insectes dans la modalité SN. Au cours des 12 premiers jours, les effectifs de pucerons sont quasi systématiquement supérieurs à ceux des autres insectes capturés. Puis la tendance s'inverse avec en moyenne deux puis trois fois plus d'autres insectes capturés que de pucerons. En fin de suivi, la proportion de pucerons fluctue entre 21.6% et 24.4% dans les captures.

L'activité des pucerons est intense au cours des trois premières semaines de suivi avec des effectifs journaliers fréquemment supérieur à 100 et culminant à 286 à J5. Pendant cette période, les creux d'activité sont souvent liés à de fortes précipitations.

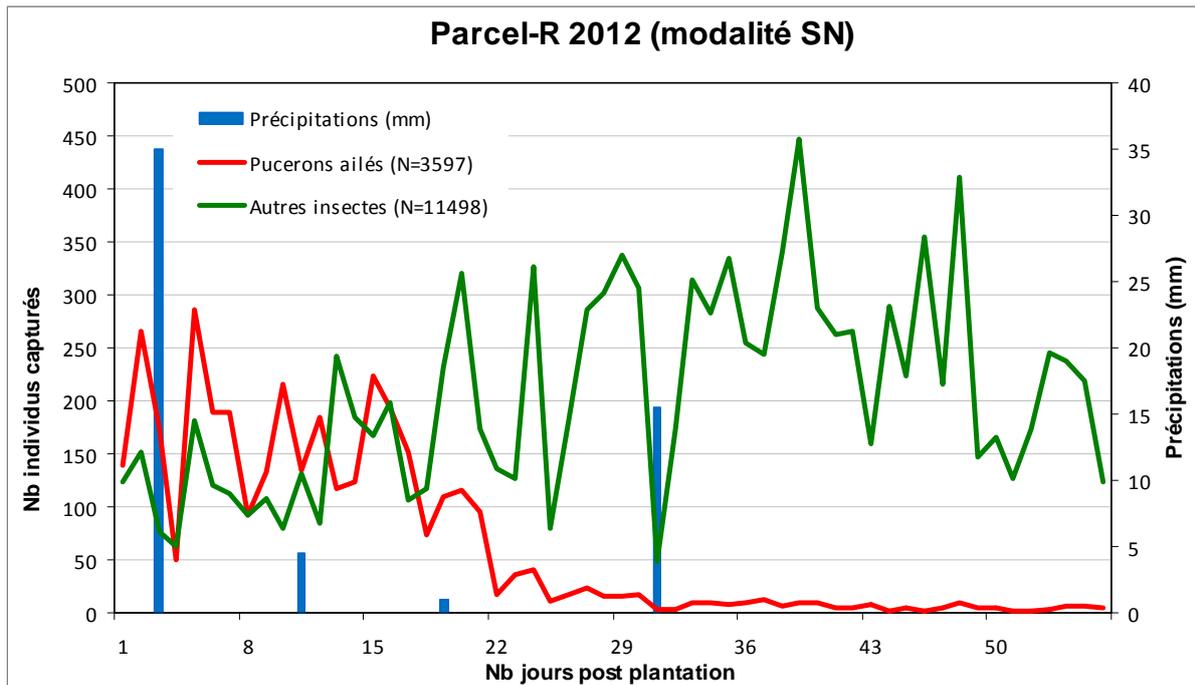


Figure 18 : Nombres de pucerons ailés et autres insectes piégés par jour dans la modalité SN (sol nu). Piégeage par aspiration à hauteur du couvert du 01/06/12 au 26/07/12.

Les dynamiques observées pour les trois modalités d'aménagement parcellaire ont des allures semblables (Figure 19). En fixant un seuil correspondant à 100 pucerons ailés capturés par jour, deux périodes d'activité peuvent être distinguées :

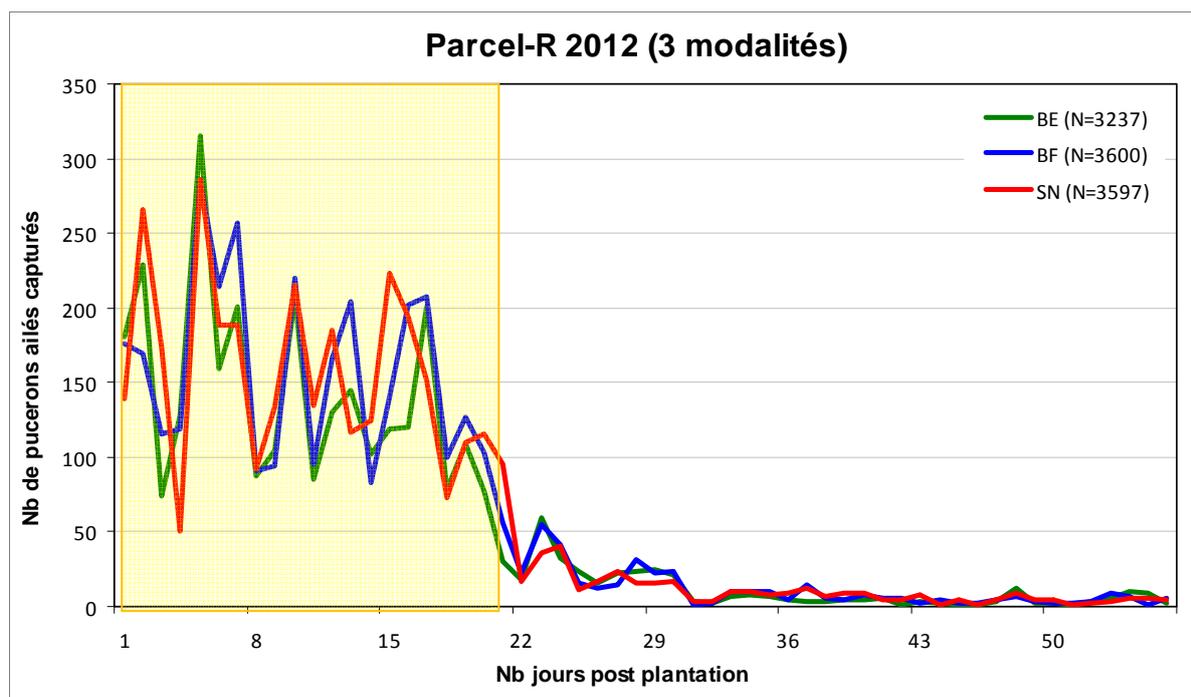
- une période de forte activité de J1 à J21,
- une période de faible activité de J22 à J56.

De plus, les pics et creux d'activité se produisent quasiment toujours au même moment à un ou deux jours près et leurs valeurs sont toujours très proches. Le pic d'activité maximale se situe à J5 avec 315 pucerons pour la modalité BE, 285 pour BF, et 286 pour SN.

Au total, 10 484 pucerons ailés ont été capturés au cours des 56 jours de suivi:

- 3287 soit 31.4% dans la modalité BE,
- 3600 soit 34.3% dans la modalité BF,
- 3597 soit 34.3% dans la modalité SN.

Ainsi, seule la modalité BE semble se démarquer légèrement avec environ 9% de pucerons en moins. Les deux autres modalités sont identiques.



*Figure 19 :* Comparaison des nombres de pucerons ailés capturés chaque jour pour les trois modalités : bande enherbée (BE), bande fleurie (BF) et sol nu (SN). Piégeage par aspiration à hauteur du couvert du 01/06/12 au 26/07/12

## 2. Espèces de pucerons présentes de J1 à J14

Les espèces de pucerons ont été déterminées pour les quatorze premiers jours de suivi Parcel-R (01/06/12-14/06/12) pour les trois modalités (Annexe 4).

Ainsi, de J1 à J14 il y a eu :

- 1769 individus appartenant à 36 espèces pour BE,
- 1885 individus appartenant à 29 espèces pour BF,
- 1769 individus appartenant à 46 espèces pour SN (le nombre d'espèces est plus important pour cette modalité car cette partie de la détermination a été réalisée par un technicien plus expérimenté).

Ces 5423 pucerons correspondent à un total de 69 espèces différentes identifiées dans les trois modalités réunies.

Dans l'ensemble, il y a deux fois plus d'individus capturés la première semaine que la deuxième (exemple de la modalité SN avec 1270 individus la première semaine et 499 la deuxième).

Pour chaque modalité, les espèces ou genres (lorsque l'identification ne permet pas d'aller jusqu'à l'espèce) présentant au moins dix individus sur la totalité des deux semaines, sont qualifiées de majoritaires. Lorsqu'elles présentent entre 2 et 9 individus, elles sont qualifiées de minoritaires. Les espèces restantes sont dites uniques.

Finalement, les 13 espèces/genres majoritaires figurent dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Espèces majoritaires dans une ou plusieurs modalités

<i>Anoecia corni</i>	BE	BF	
<i>Aphis craccivora</i>	BE	BF	SN
<i>Aphis fabae</i>	BE		SN
<i>Aphis gossypii</i>	BE	BF	SN
<i>Aphis sp</i>	BE	BF	SN
<i>Aploneura lentisci</i>			SN
<i>Brachycaudus sp</i>	BE	BF	SN
<i>Capitophorus elaeagni</i>	BE	BF	SN
<i>Diuraphis noxia</i>	BE	BF	SN
<i>Hayhurstia atriplicis</i>			SN
<i>Hyalopterus pruni</i>	BE	BF	SN
<i>Myzus persicae</i>	BE	BF	SN
<i>Uroleucon (Uroleucon) sp</i>		BF	

Huit des ces espèces/genres majoritaires sont présentes systématiquement dans les trois modalités (en gris dans le tableau) :

- *Aphis craccivora*,
- *Aphis gossypii*,
- *Aphis sp\**,
- *Brachycaudus sp*,
- *Capitophorus elaeagni*,
- *Diuraphis noxia*,
- *Hyalopterus pruni*,
- *Myzus persicae*.

Les cinq autres sont présentes :

- uniquement dans BF pour *Uroleucon (Uroleucon) sp*,
- uniquement dans SN pour *Aploneura lentisci* et *Hayhurstia atriplicis*,
- à la fois dans BE et SN pour *Aphis fabae*,
- à la fois dans BE et BF pour *Anoecia corni*,

Enfin, quatre autres espèces/genres peuvent être mises en évidence car elles sont minoritaires dans les trois modalités à la fois :

- *Sitobion fragariae*,
- *Thelaxes dryophila*,
- *Therioaphis trifolii*,
- *Uroleucon (Uromelan) sp*.

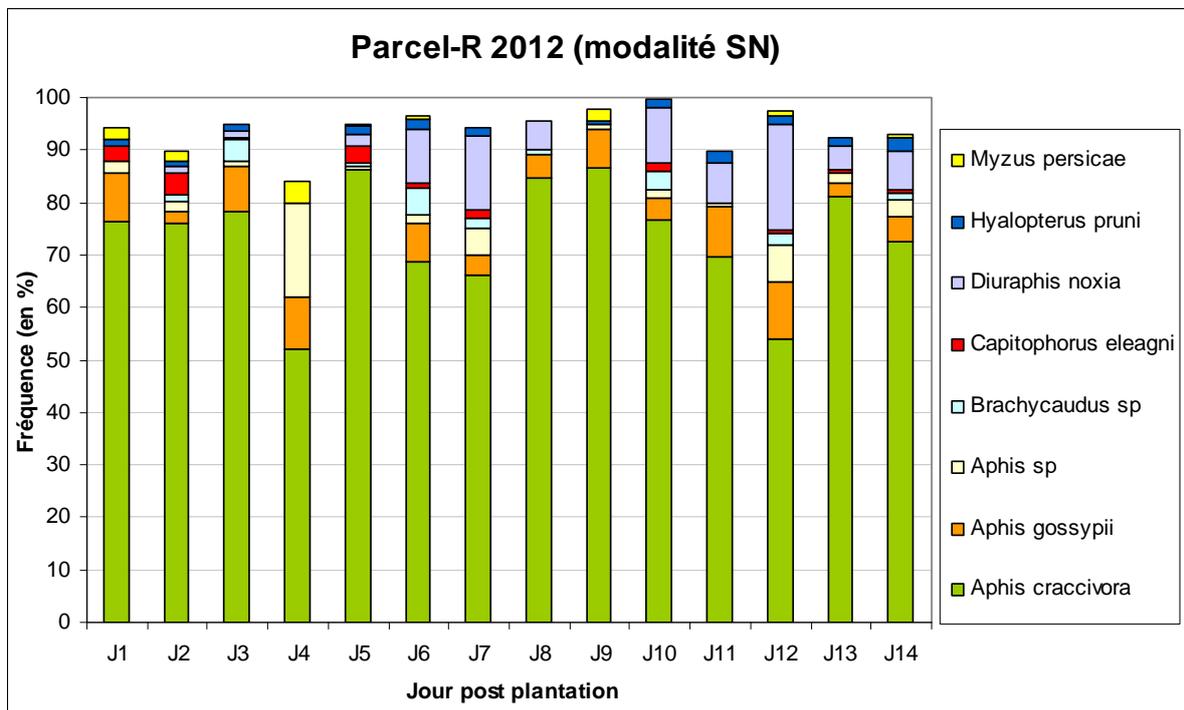
Dans la suite du rapport, le terme d' « espèce » est employé pour qualifier à la fois les espèces et les genres identifiés (*Aphis sp* entre autre).

Le genre *Aphis* correspond largement au genre majoritaire capturé dans les trois modalités. En effet, les différentes espèces d'*Aphis* représentent 81% des pucerons capturés pour la modalité BE, 77% pour BF et 81% pour SN.

Deux espèces du genre *Aphis* dominent les autres :

- *Aphis craccivora* qui se démarque largement avec 71% des pucerons capturés pour BE, 66% pour BF et 71% pour SN (ce qui représente en moyenne 87% des individus du genre *Aphis* capturés),
- *Aphis gossypii* avec 7% des pucerons capturés pour BE, 4% pour BF et 6% pour SN (ce qui représente en moyenne 7% des individus du genre *Aphis* capturés).

Une analyse des fréquences spécifiques journalières permet de constater que les huit espèces majoritaires citées ci-dessus représentent entre 90 et 98% des individus piégés quotidiennement pour BE, entre 87 et 100% pour BF et enfin entre 84 et 98% pour SN (Figure 20 et Annexe 5).



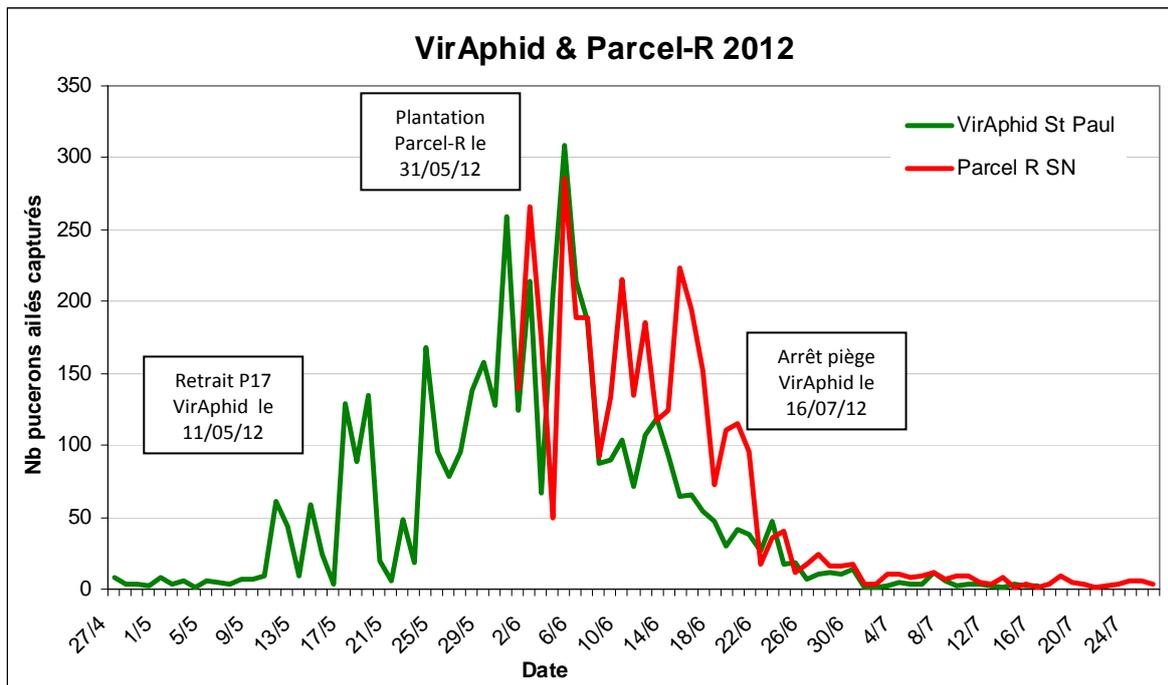
**Figure 20 :** Fréquences journalières des huit espèces majoritaires capturées dans la modalité SN au cours des 14 premiers jours de suivi de Parcel-R

La prépondérance d'*Aphis craccivora* apparaît nettement avec des fréquences journalières allant de 43 à 86%. La dynamique de population d'*Aphis craccivora* est responsable d'une grande partie de la dynamique totalisant tous les pucerons ailés.

Vient ensuite le puceron du melon *Aphis gossypii* puis les six autres, mais *Diuraphis noxia* prend la deuxième place, à partir de J6 (8% contre 2% pour *Aphis gossypii*) avec une fréquence allant jusqu'à 27% (J12). Il n'y a pas forcément les 8 espèces présentes chaque jour (exemple de J4).

### *D. Comparaison des dynamiques de populations de pucerons ailés observées à Montfavet pour les essais VirAphid et Parcel-R en 2012*

L'essai VirAphid est planté le 26 avril 2012. L'essai Parcel-R est planté le 31 mai 2012, soit 35 jours plus tard. La Figure 21 montre que la plantation de Parcel-R a eu lieu pendant la période de forte activité aphidienne observée pour VirAphid. Pendant les dix premiers jours de suivi commun, les dynamiques sont quasi identiques. En particulier, le pic d'activité maximale est observé le 5 juin pour les deux essais. A partir du 10 juin, l'activité aphidienne mesurée dans VirAphid semble s'affaiblir tandis que celle mesurée dans Parcel-R reste très intense jusqu'au 21 juin puis diminue ensuite.



**Figure 21 :** Comparaison des dynamiques de populations de pucerons ailés observées à Montfavet pour les essais VirAphid et Parcel-R (modalité SN) en 2012

## IV. Discussion

### *A. Développement des bandes enherbées et fleuries*

L'hypothèse testée dans le projet Parcel-R est que ces types d'aménagement permettent d'une part de servir de filtre à virus et d'autre part de favoriser l'entomofaune auxiliaire notamment les prédateurs et les parasitoïdes de pucerons. Pour ces derniers, la présence de fleurs et donc de nectar et pollen, est nécessaire à leur reproduction et donc leur effet régulateur sur les populations de pucerons. Cela suppose d'avoir un couvert dense et fleuri dès la plantation des melons. Cette année, contrairement à 2011, le développement des bandes n'était pas suffisant à la date prévue de plantation des melons. Cela nous a contraint à décaler la plantation d'une semaine. Cela montre que l'implantation de ces types d'aménagement suppose un suivi attentif de leur développement et impose également une certaine flexibilité quant à la plantation des melons. Enfin, le suivi des floraisons spécifiques a permis de confirmer que le mélange des cinq espèces engendre un étalement de la floraison du couvert pendant toute la durée de la culture.

### *B. Dynamiques globales des pucerons ailés de *VirAphid**

L'essai mené à Montfavet s'est déroulé du 26 avril 2012 au 16 juillet 2012. Au total, 4383 pucerons ailés ont été capturés en 81 jours. Il y a eu une période de forte activité (>100 pucerons) de J29 à J48 avec un pic maximal à J40 de 308 individus.

Comparaison avec les résultats de 2011 (courbes bleu clair et bleu foncé, Figure 22) :

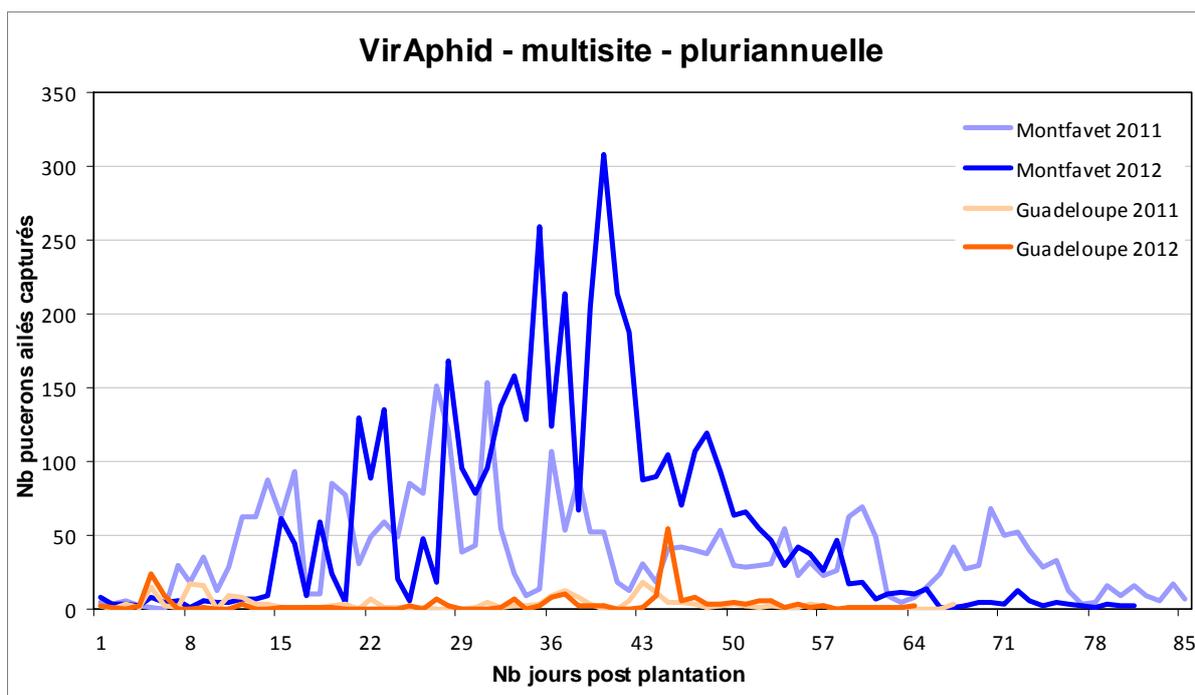
En 2012, il y a eu 1000 pucerons capturés de plus qu'en 2011 malgré un essai de quatre jours plus court. A J81, il y 4383 pucerons capturés en 2012 et seulement 3242.

Les deux courbes ont des allures différentes. Tout d'abord, la période d'activité moyenne ( $N > 30$ ) est plus tardive pour l'année 2012 (J15 contre J7 en 2011). Ensuite, sa période de forte activité ( $N > 100$ ) est plus longue d'une dizaine de jours (de J29 à J48 au lieu de J27 à J36 en 2011). Les valeurs de 2012 sont plus variables avec des pics très hauts et sur une période un peu plus longue. En 2011, elles sont plus constantes et globalement plus faibles.

En ce qui concerne la Guadeloupe, l'essai s'est déroulé du 22 mars 2012 au 25 mai 2012. Au total, 211 pucerons ont été capturés en 64 jours. Il n'y a eu aucune période de forte activité, le pic maximal d'individus étant inférieur à 100 (55 à J45).

Comparaison avec les résultats de 2011 (courbes orange clair et orange foncé, Figure 22) :

Les deux courbes sont quasiment similaires. Le nombre total de pucerons capturés est semblable : 211 pour 2012 et 213 pour 2011 à J64. Les pics sont visibles quasiment aux mêmes périodes : à J5 et entre J43 et J46. Le pic maximal de 2012 (55 pucerons à J45) est néanmoins trois fois plus élevé que celui de 2011 (18 pucerons à J43).



**Figure 22 :** Comparaison multisite (Guadeloupe et Montfayet) et pluriannuelle (2011 et 2012) des dynamiques de populations de pucerons ailés observées pour les essais VirAphid

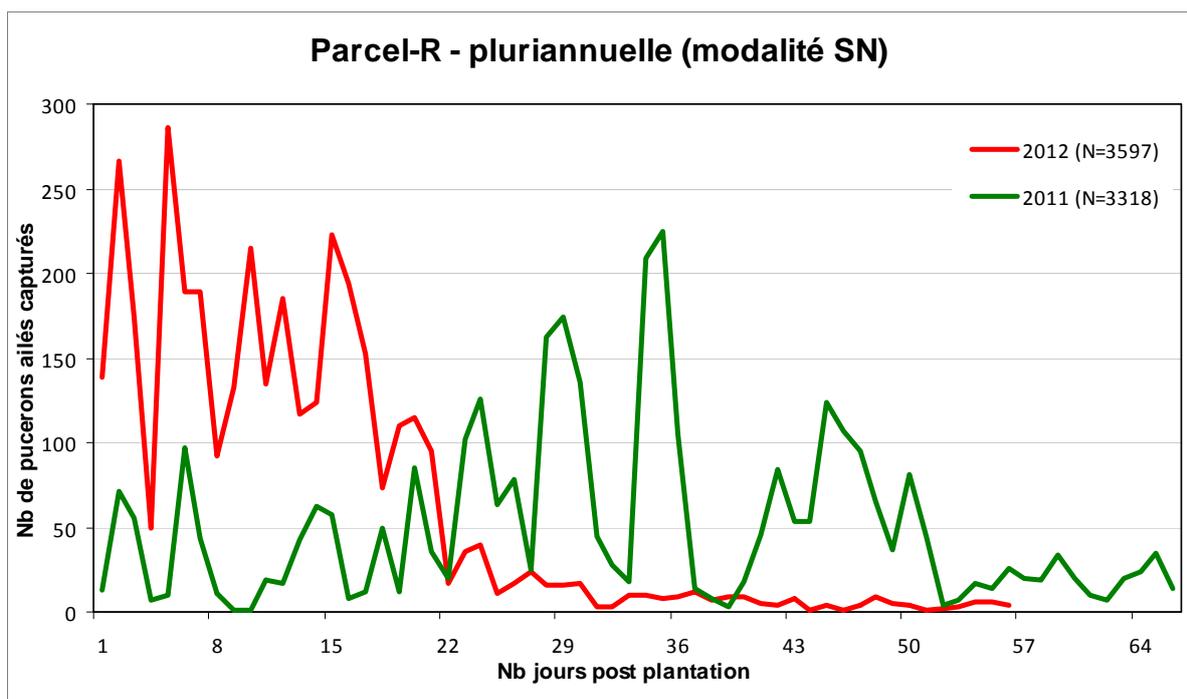
### *C. Dynamique globale des pucerons ailés de Parcel-R*

L'essai Parcel-R s'est déroulé du 31 mai 2012 au 26 juillet 2012. En 56 jours, 10 484 pucerons ailés ont été capturés dans les trois modalités avec 31.4% (3287) dans la modalité BE, 34.3% (3600) dans BF et 34.3% (4597) dans SN. Il y a donc +9% d'individus dans les modalités BF et SN. Il y a eu une période de forte activité (>100) de J1 à J21 avec un pic un J5 de 315 individus pour BE, 285 pour BF et 286 pour SN.

#### Comparaison avec les résultats de 2011 (Figure 23) :

En 2012, le nombre total de pucerons dans la modalité SN est supérieur à 2011 (3597 contre 3135) pour 56 jours de suivi. Une période de très forte activité est observée dès la plantation en 2012 alors qu'il faut attendre la troisième semaine pour rencontrer des journées avec activité équivalente en 2011. La dynamique de 2012 est dans l'ensemble beaucoup plus irrégulière. De plus, son pic maximal est plus important avec 286 pucerons à J5 (contre seulement 225 à J34 pour 2011).

Enfin, la conclusion de 2011 était que les bandes enherbées et fleuries semblaient avoir eu un léger effet régulateur sur la dynamique des pucerons ailés passées les trois premières semaines (Cellier, 2011). En 2012, cette tendance n'est pas particulièrement observée.



**Figure 23 :** Comparaison pluriannuelle (2011 et 2012) des dynamiques de populations de pucerons ailés observées pour la modalité SN (sol nu) des essais Parcel-R

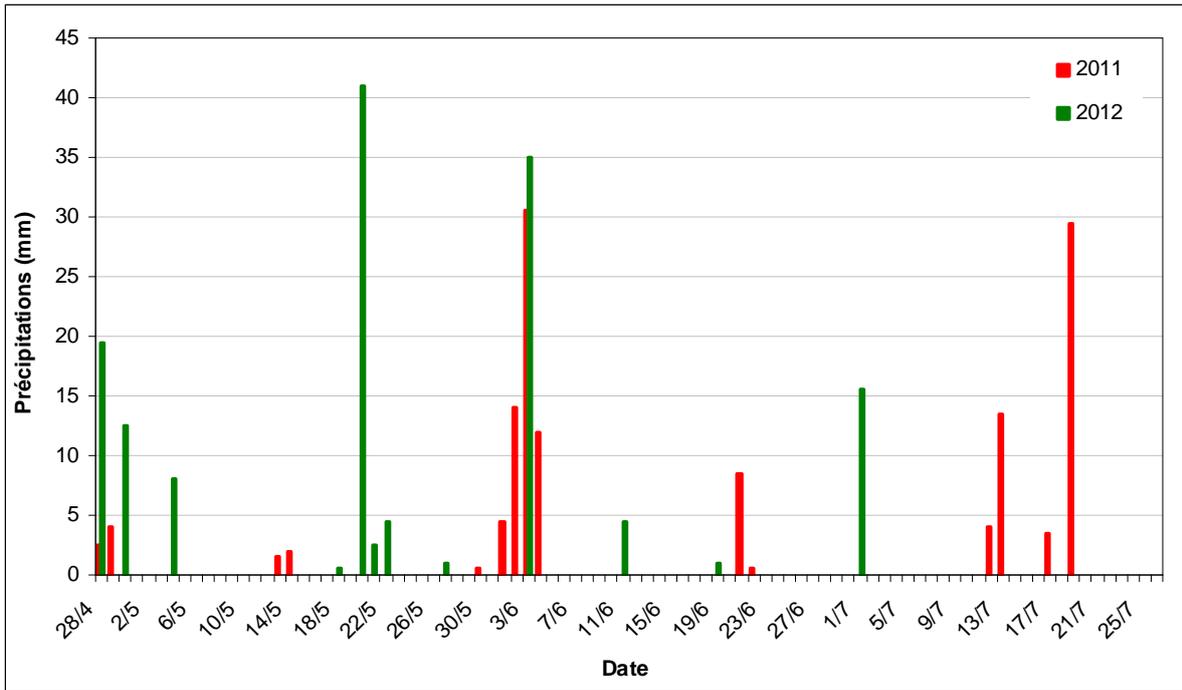
#### *D. Lien éventuel avec les données climatiques pour Montfavet*

Globalement, les dynamiques de populations des essais VirAphid et Parcel-R à Montfavet présentent des valeurs beaucoup plus élevées en 2012 qu'en 2011. Pour tenter de l'expliquer, des hypothèses sont émises. L'une d'entre elle est qu'il y a eu un climat plus propice cette année. Trois facteurs sont étudiés pour la vérifier : la température, les précipitations et le vent.

Les cumuls de température sont calculés entre le 28 avril et le 26 juillet. En 2012, il est de 1912°C contre 1886°C en 2011. Sur 90 jours, l'écart entre les deux n'est pas significatif. La température n'est donc pas un facteur à prendre en compte dans ces différences de résultats.

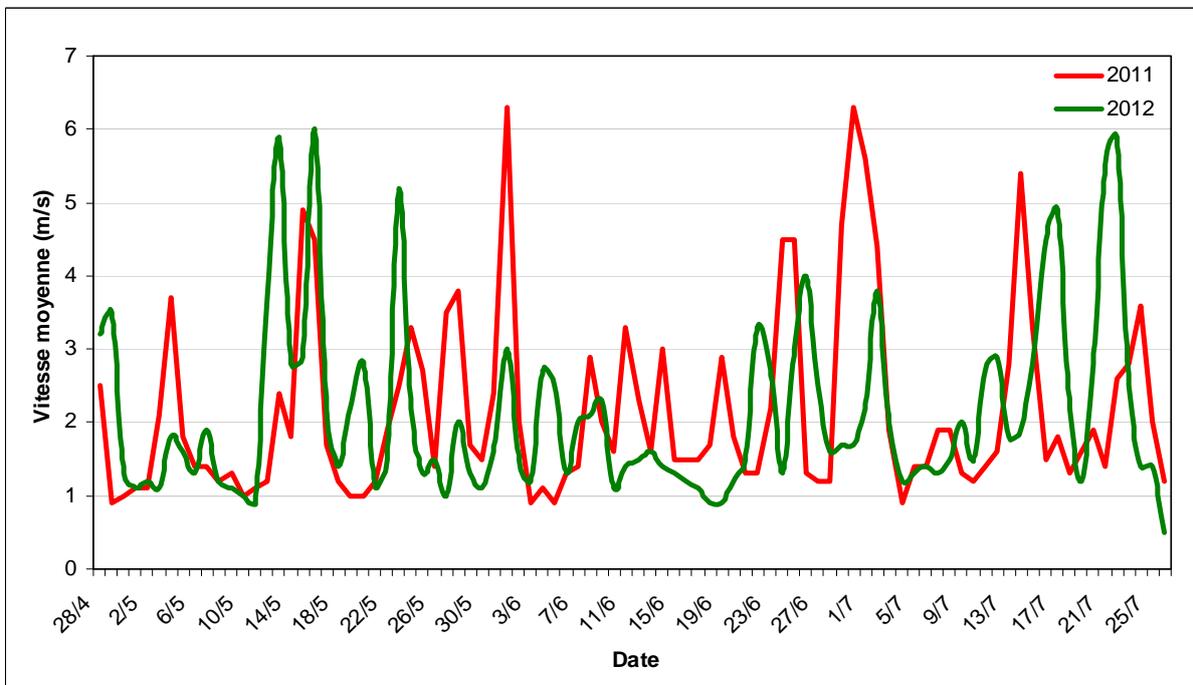
De plus, sur 90 jours d'essai, il y a eu 12 jours de pluie en 2012 et 15 en 2011 (Figure 24). Deux événements pluvieux de fortes intensités (>20mm) sont survenus, les 20 mai (41mm) et 3 juin (35mm) pour cette année, et les 3 juin (30.5mm) et 19 juillet (29.5mm) pour l'année dernière. Globalement, il y a eu les mêmes fréquences de précipitations d'une année sur l'autre mais à des périodes différentes. En 2012, il a plu en Mai et début Juin et en 2011 il a plu surtout début Juin et mi Juillet.

Les précipitations expliquent en partie les dates des périodes d'activité mais elles n'ont pas suffisamment variées pour expliquer les différences d'effectifs totaux.



**Figure 24 :** Hauteurs des précipitations (en mm) en 2011 et 2012

Enfin, la figure 25 montre que globalement il y a eu moins de vent cette année, en particulier entre le 31 mai et le 20 juin, qui correspond à la période de forte activité observée pour Parcel-R). Le vent semble donc être un facteur explicatif des dynamiques de populations de pucerons ailés. Cette analyse doit être approfondie.



**Figure 25 :** Vitesses moyennes du vent en 2011 et 2012

## E. Espèces recensées dans Parcel-R

En 2012, 69 espèces ont été recensées pendant les quatorze premiers jours de Parcel-R. Ce nombre représente seulement 1/10<sup>ème</sup> des 700 présentes en France, ce qui est très peu.

Huit espèces sont apparues majoritaires, avec une nette dominance d'*Aphis craccivora* les premiers jours.

### Comparaison avec les résultats de 2011 :

Bien que le nombre de pucerons soit deux voire trois fois plus important cette année, le nombre d'espèces identifiées est comparable à l'année dernière : 69 en 2012 et 63 en 2011. Cette observation reflète la stabilité de l'environnement de l'essai.

Cinq des huit espèces majoritaires de 2012 étaient déjà observées en 2011 (Annexe 4) :

- *Aphis craccivora*,
- *Aphis gossypii*,
- *Aphis sp*,
- *Brachycaudus sp*,
- *Myzus persicae*.

Cependant en 2012 il y a bien plus de disparités en termes de nombre d'individus au sein de ces espèces, où *Aphis craccivora* est loin devant les autres et où *Myzus persicae* est moins présent. Ceci pourrait expliquer partiellement le fait que le nombre total de pucerons capturés ait été moindre en 2011 : la population d'*Aphis craccivora* n'était pas aussi développée cette année-là.

Pour les autres espèces majoritaires de 2012 :

- *Aphis fabae*, *Aploneura lentisci*, *Diuraphis noxia* et *Hyalopterus pruni* étaient aussi présentes en 2011 mais en proportions minoritaires,
- *Capitophorus elaeagni*, *Hayhurstia atriplicis* et *Uroleucon (Uroleucon) sp* n'apparaissent que ponctuellement et étaient considérées comme espèces uniques.

Pour tenter d'expliquer ces différences, les plantes hôtes préférentielles de ces espèces sont exposées dans le tableau 2.

Tableau 2 : Espèces majoritaires et plantes hôtes associées (Blackman & Eastop, 2000)

Espèce	Plante hôte
<i>Anoecia corni</i>	Graminées (dont le ray-grass) avec reproduction sexuée sur <i>Cornus sanguinea</i> (cornouiller)
<i>Aphis craccivora</i>	Polyphage avec préférence marquée pour les Fabacées
<i>Aphis fabae</i>	Polyphage avec reproduction sexuée sur <i>Euonymus europaeus</i> ou <i>Viburnum opulus</i>
<i>Aphis gossypii</i>	Extrêmement polyphage. Principal ravageur du coton et des Cucurbitacées avec reproduction possible sur <i>Catalpa bignonioides</i> et <i>Hibiscus syriacus</i>
<i>Aploneura lentisci</i>	Graminées avec reproduction sexuée sur <i>Pistacia lentiscus</i>
<i>Brachycaudus sp</i>	Renonculacées, Caryophylacées, Polygonacées, Boraginacées et Scrophulariacées avec reproduction sexuée sur <i>Prunus sp</i>
<i>Capitophorus elaeagni</i>	Astéracées avec reproduction sexuée sur <i>Elaeagnus sp</i>
<i>Diuraphis noxia</i>	Graminées (notamment blé et orge)
<i>Hayhurstia atriplicis</i>	Chénopodiacées ( <i>Atriplex</i> et <i>Chenopodium spp</i> )
<i>Hyalopterus pruni</i>	Graminées (notamment roseaux) avec reproduction sexuée sur <i>Prunus sp</i>
<i>Myzus persicae</i>	Extrêmement polyphage (plus de 40 familles botaniques), reproduction sexuée sur <i>Prunus persica</i>
<i>Uroleucon (Uroleucon) sp</i>	Astéracées (dont le bleuet)

Le melon est considéré comme plante hôte de trois espèces aphidiennes : *Aphis craccivora*, *Aphis gossypii* et *Myzus persicae* (Blackman & Eastop, 2000). Ces espèces ont été retrouvées dans nos pièges en quantités plus ou moins importantes mais seule l'espèce *Aphis gossypii* semble avoir engendré des colonies sur melons (Nathalie Boissot, communication personnelle).

L'implantation des bandes enherbées et fleuries peut également expliquer la présence de certaines espèces. Ainsi, les espèces telles que *Anoecia corni*, *Aploneura lentisci* et *Diuraphis noxia*, connues pour exploiter les Graminées, ont pu être attirées par le ray-grass des bandes enherbées. De même, les pucerons du genre *Uroleucon (Uroleucon) sp* ont vraisemblablement été attirés par le bleuet, une de leurs plantes hôtes.

L'environnement extérieur peut également influencer la richesse spécifique observée dans nos essais. Ainsi le verger de pêchers situé au Nord de notre parcelle a pu servir de réservoir de *Brachycaudus sp*, *Hyalopterus pruni* et *Myzus persicae*, espèces qui effectuent leur reproduction sexuée sur *Prunus sp*. De même, la parcelle de courgettes implantée à l'Ouest de nos essais a pu servir de réservoir aux espèces *Aphis craccivora*, *Aphis fabae*, *Aphis gossypii*, *Brachycaudus helichrysi* et *Myzus persicae*.

## F. Effet de l'aménagement parcellaire

L'effet régulateur de l'aménagement parcellaire sur la dynamique globale des pucerons ailés, mis en évidence l'année dernière, n'a pas été confirmé cette année : il a été capturé autant d'individus dans la modalité BF que dans la modalité SN. La modalité BE a toutefois permis une légère réduction de la population (-9% par rapport à SN). Les observations faites sur le terrain laissaient pourtant présager un effet plus marqué. En effet, dès la mi-mai, les bleuets des bandes enherbées étaient quasiment tous infestés par *Uroleucon juncae*. Cette infestation a attiré de nombreux auxiliaires dont des coccinelles qui ont progressivement éradiqué les colonies. L'effet régulateur marqué dans les bandes est sans doute limité à l'intérieur de la parcelle de melons. De plus, certains éléments de l'environnement proche de l'essai ont pu biaiser les résultats. En particulier, les courgettes cultivées à l'Ouest, à proximité de la modalité SN ont pu contribuer à accroître les effectifs selon un gradient Ouest-Est. Les vergers de pommiers à l'Est ont pu générer un gradient inverse.

Dans tous les cas, il est nécessaire de réitérer l'essai pour avoir un nombre de répétitions plus grand permettant une analyse statistique.

De plus, le projet Parcel-R est pluridisciplinaire et d'autres variables ont été suivies par les autres partenaires, afin de caractériser l'effet des bandes enherbées et fleuries :

- la colonisation des melons par *Aphis gossypii* (GAFL)
- la dynamique des épidémies virales (Equipe de virologie, PV)
- le développement des auxiliaires de culture (Groupe de Recherche en Agriculture Biologique, GRAB).

Il faudra prendre en compte les résultats de tous les partenaires afin de conclure quant à l'efficacité et à la durabilité des méthodes de lutte testées.

## V. Conclusion

J'ai ainsi effectué mon stage de validation du DUT Génie biologique option Agronomie à l'INRA d'Avignon. Durant ces 19 semaines, j'ai pu découvrir une partie du fonctionnement de cet institut réputé, ce qui me semble être essentiel pour toute personne souhaitant travailler en agronomie.

J'ai appris beaucoup sur le secteur de la recherche, lorsque j'ai rencontré des problèmes durant mes manipulations ou lorsque je n'ai pas obtenu les résultats espérés. J'ai aussi réalisé le coût en temps et en argent que peut représenter toute une étude.

De plus, ce stage m'a permis d'avancer sur mes perspectives d'avenir. Désormais, j'appréhende davantage les exigences du monde professionnel, tant sur le plan humain que technique. La patience, la rigueur, la vigilance et l'ouverture d'esprit sont apparues pour moi comme des qualités indispensables dans ce domaine. Je distingue également mieux le rôle de chacun en fonction de ses qualifications ainsi que le travail pour atteindre le statut de chercheur dans le secteur public, qui reste selon moi un des métiers les plus captivants. Dans le même ordre d'idée, je connais maintenant quelques organismes intervenants du secteur privé, comme le GRAB, et la localisation d'autres pôles agronomiques, tels que Rennes ou Montpellier.

En ce qui concerne mes compétences, j'ai beaucoup appris d'un point de vue méthodologique, grâce aux nombreuses manipulations en biologie moléculaire et aux nombreux séminaires auxquels j'ai pu assister. De plus, j'ai enrichi mes connaissances, principalement en entomologie et en virologie. J'ai acquis une certaine autonomie notamment dans l'analyse des résultats scientifiques. Ce stage a été globalement une très bonne expérience.

## Glossaire

**Antibiose** : Diminution de la capacité de reproduction ici du puceron

**Antixénose** : Provoque un comportement de fuite, ici du puceron

**Aphicide** : Qualifie un produit éradiquant les pucerons. Il en existe plusieurs sortes : les modulateurs de canaux sodium, les inhibiteurs de l'acétylcholinestérase ou les antagonistes des récepteurs acétylcholine

**Aphis ou *Brachycaudus sp*** : Indique le genre du puceron sans préciser l'espèce

**Auxiliaires** : Animaux favorable au développement d'une culture. Ici il s'agit d'insectes pouvant être prédateurs de pucerons (les consommant) ou parasitoïde (c'est-à-dire qu'ils pondent leurs œufs à l'intérieur de l'insecte. Les larves provoquent la mort de l'insecte.)

**Cultivar** : Variété obtenue par sélection génétique

**Etiologie** : Etude des causes des maladies

**Marqueur génétique** : Séquence polymorphe d'ADN aisément détectable, utilisée en cartographie génétique pour « baliser » le génome

**Polyphage** : Organisme qui se développe sur plusieurs hôtes

**Quantative Trait Loci (QTL)** : Région plus ou moins grande d'ADN qui est étroitement associée à un caractère quantitatif

**Stade phénologique** : Etat caractérisant le développement d'une plante

**Sylviculture** : Activité d'entretien, de culture, d'exploitation et de reboisement des forêts

## Références

- Astier, S., Albouy, J., Maury, Y. & Lecoq, H., 2001. Principes de virologie végétale. INRA Editions, Paris 444p.
- Blackman, R.L. & Eastop, V. F., 2000. Aphids on the world's crop, an Identification and Information guide. The Natural History Museum, London (UK).
- Cellier, C., Effet de l'aménagement parcellaire sur l'efficacité d'une résistance génétique : cas du gène Vat du melon. 2011. 48 p. Dissertation. Rapport de stage de DUT Génie biologique. Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse, Avignon.
- Edwards, O., Singh, K. B., 2006. Resistance to insect pests: What do legumes have to offer? *Euphytica*, 147: 273-285.
- Fernandez-Calvino, L., Lopez-Abella, D. & Lopez-Moya, J. J., 2007. Integrated management of insect borne viruses by means of transmission interference as an alternative to pesticides. *General concepts in integrated pest and disease management*. section, 3:269-293.
- Hebert, P. D. N., Cywinska Alina, Ball Shelley L., deWaard Jeremy R., Biological identifications through DNA barcodes, 2003, *Proc. R. Soc. Lond. B.* 270.
- Hebert, P. D. N., Ratnasingham, S. & deWaard, J., 2003. Barcoding animal life: cytochrome c oxidase subunit 1 divergences among closely related species. *Proc. R. Lond. B (Suppl.)*. 270, S96-S99.
- Hooks, C. R. R. & Fereres A., 2006. Protecting crops from non-persistently aphid-transmitted viruses: A review on the use of barrier plants as a management tool. *Virus research*, 120:1-16.
- Labonne *et al.*, 1982. Description d'un piège à suction : son emploi dans la recherche des aphides vecteurs de virus transmis sur le mode non persistant. *Agronomie*, 2:773-776.
- Pascal, F., Bastien, J-M. & Schoeny, A., 2012. Fabrication d'un piège à aspiration pour la capture des pucerons ailés vecteurs de virus. *Cahier des Techniques de l'INRA (soumis)*.
- Pfiffner, L., Luka, H., & Schlatter, C., 2005. L'aménagement de l'environnement comme moyen de lutte contre les ravageurs en cultures annuelles. *Journées techniques fruits & légumes et viticulture biologiques*.
- Pitrat, M. & Lecoq, H., 1982. Relations génétiques entre les résistances par non-acceptation et par antibiose du melon à *Aphis gossypii*. *Recherche de liaisons avec d'autres gènes*. *Agronomie*, 2(6):503-508.

- Remaudière, G., Seco Fernandez, V. (ed), 1990. Claves de pulgones alados de la region mediterranea. Universidad de Leon, Leon, España.
- Ronzon, B., 2005-2006. Utilisation des bandes fleuries comme réservoir d'insectes auxiliaires. ENITA de Clermont-Ferrand.
- Simon, J. C., Rispe C & Sunnucks P. 2002. Ecology and evolution of sex in aphids. Trends in Ecology & Evolution., 17:34-39.
- Simmons, J. N., 1957. Effects of insecticides and physical barriers on field spread of pepper veinbanding mosaic virus. Phytopathology 47:139-145.
- Taylor, L. R., 1984. A handbook for aphid identification. Nicklen J. Rothamsted Experimental Station, England, 171 p.
- Thomlinson, J. A., 1987. Epidemiology and control of virus diseases of vegetables. Annals of applied Biology, 110:661-681.

# Annexes

**Annexe 1 :** Informations complémentaires concernant les itinéraires techniques de VirAphid et Parcel-R

**Annexe 2 :** Utilisation de la clé dichotomique de Taylor (1984) pour identifier une espèce de puceron

**Annexe 3 :** Analyses ADN de puceron – protocoles

**Annexe 4 :** Richesses et abondance spécifiques dans les trois modalités de Parcel-R en 2011 et 2012

**Annexe 5 :** Fréquences journalières des huit espèces majoritaires dans les modalités « bandes enherbées » et « bandes fleuries » de Parcel-R 2012

## Annexe 1 : informations complémentaires concernant les itinéraires techniques de VirAphid et Parcel-R

### Parcelle complète (VirAphid et Parcel-R)

Durant l'hiver 2011, un labour de la parcelle complète (VirAphid et Parcel-R) est réalisé. Un passage est effectué début mars avec des disques sur le labour, puis fin mars avec la herse rotative.

### VirAphid

#### **Travail du sol**

Environ deux semaines avant la plantation (10/04/12), une herse rotative est utilisée pour briser les mottes et ameublir la couche arable et le réseau d'irrigation est mis en place. Trois jours après, le paillage est posé puis perforé le 18. Enfin, la veille de la plantation, un dernier travail du sol est effectué au motoculteur.

#### **Fertilisation**

Le 10/04/12, 40 unités d'azote par hectare sont apportés à la parcelle, puis le 26/04/12, 12 d'azote et 61 de phosphate.

#### **Irrigation**

Le jour de la plantation (26/04/12), les melons ont reçu 17.3mm d'eau (durée d'irrigation de 150min avec un débit de 4.4mm/h) (Figure A1-1). Le reste du temps, l'irrigation journalière varie entre 0 et 5.2mm. Le volume d'eau à apporter quotidiennement est déterminé en fonction des précipitations et d'un calcul ETP qui prend en compte le stade de végétation.

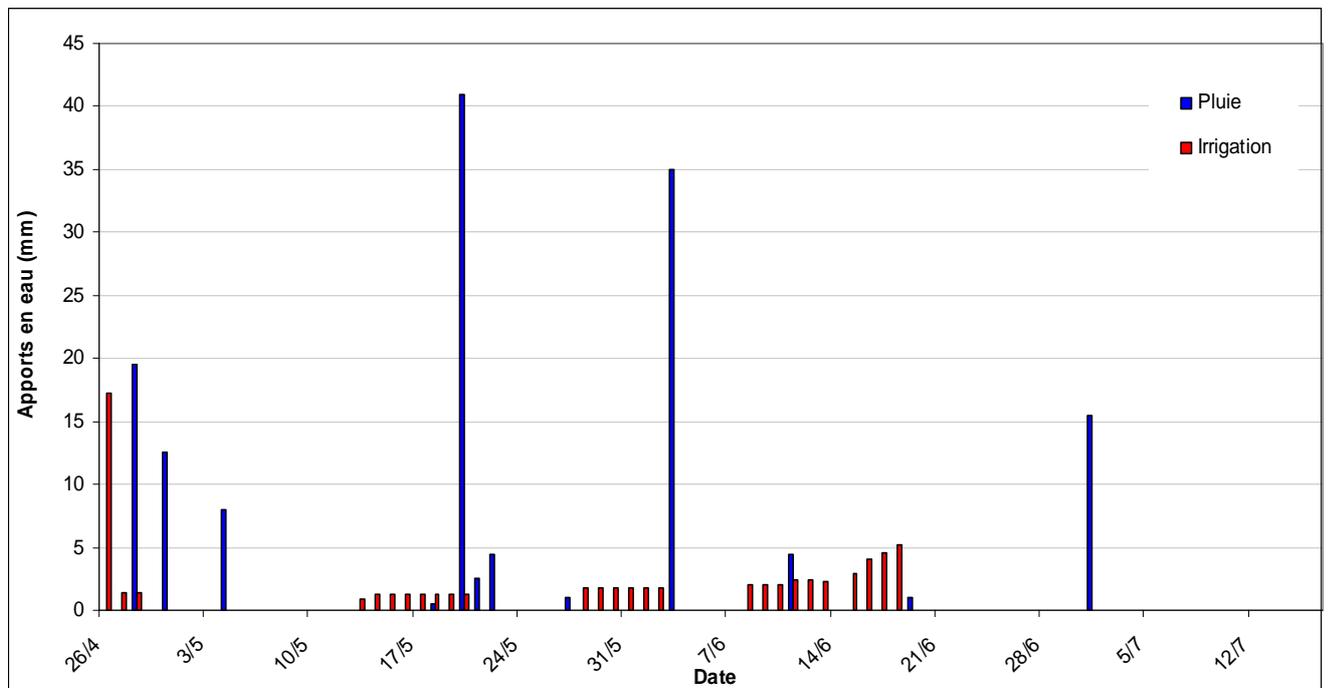


Figure A1-1 : Précipitations et irrigations des melons de VirAphid entre le 25/04/12 et le 16/07/12

## Parcel-R

### **Travail du sol**

La herse rotative est utilisée dans les bandes une semaine avant leur semis (14/03/12) puis le jour même (21/03/12). Deux jours après (23/03/12), le réseau d'irrigation des bandes est monté.

Ensuite, à nouveau des passages de herse rotative sont effectués sur Parcel-R les 2, 7 et 9 mai. Le réseau d'irrigation est mis en place le 3 mai, le système de goutte à goutte le 10 et le paillage le 11, avant d'être perforé le 13.

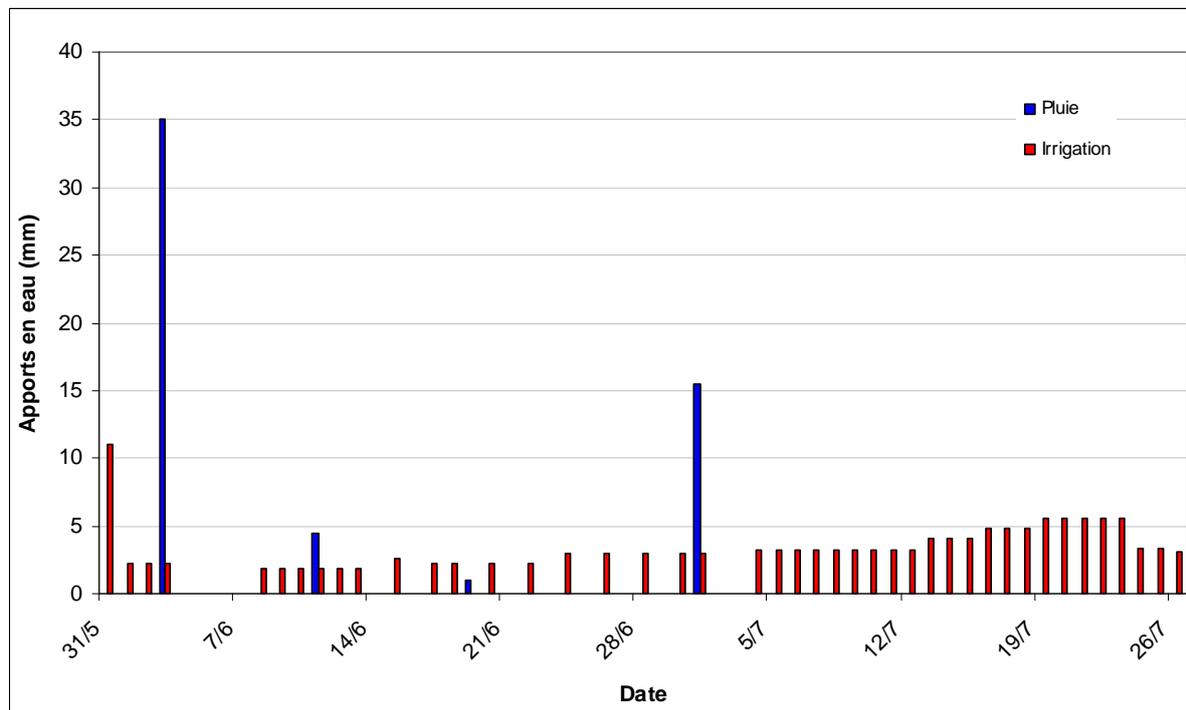
### **Fertilisation**

Plus de trois semaines avant la plantation (le 07 mai), 50 kg d'ammonitrate 33.5% sous forme de granulés sont apportés à la parcelle, ce qui correspond à 48 unités d'azote par hectare, ainsi que 16.5 unités d'azote. Le lendemain de la plantation (01 juin) 40kg de phosphate monoammonique pour la parcelle, ainsi que 4.8 unités d'azote et 25 unités de phosphore par hectare sont apportés par l'irrigation

Les bandes enherbées ont reçues 4kg d'ammonitrate 33.5% ainsi que 1.4 unités d'azote les 04 et 14/05/12, et les bandes enherbées 2kg et 0.7 le 14/05/12.

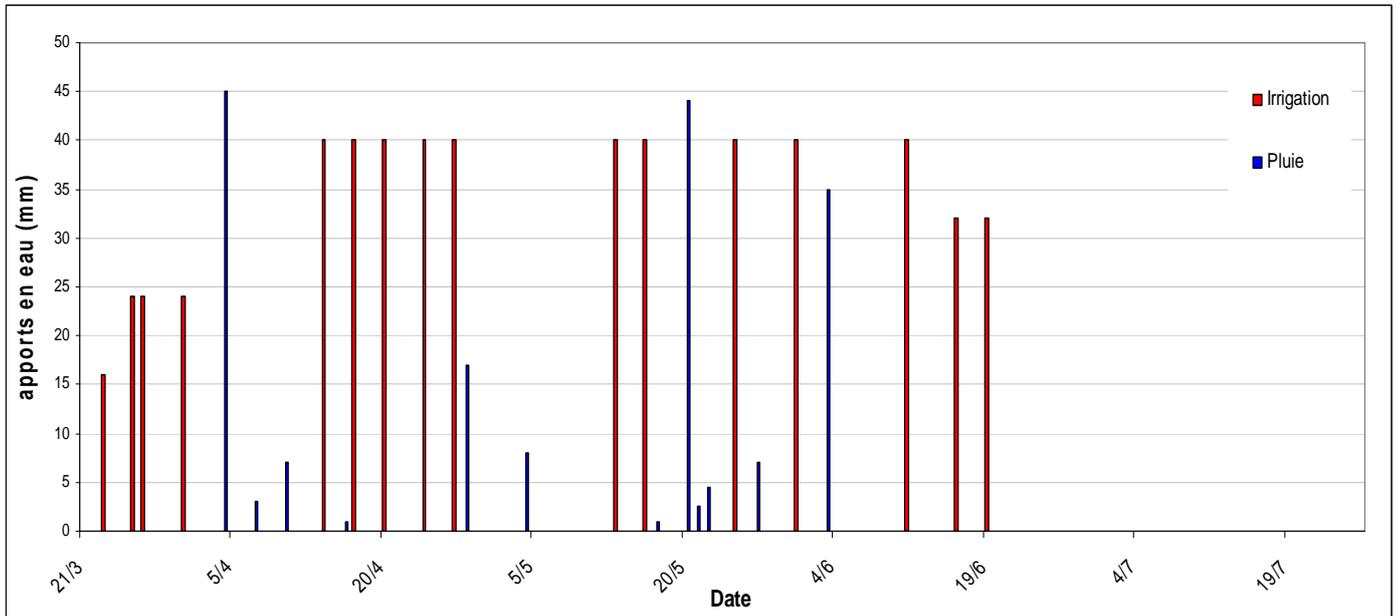
### **Irrigation**

Le jour de la plantation (31/05/12), les melons ont reçu 11mm d'eau (Figure A1-2). Le reste du temps, l'irrigation journalière varie entre 0 et 5.6mm.



*Figure A1-2 : Précipitations et irrigations des melons entre le 31/05/12 et le 26/07/12*

Les bandes enherbées et fleuries n'ont pas été arrosées le jour de leur plantation (21/03/12) (Figure A1-3). L'irrigation journalière a varié entre 0 et 40mm.



**Figure A1-3 :** Précipitations et irrigations des bandes fleuries et enherbées entre le 31/05/12 et le 31/07/12

### Traitements phytosanitaires

Sur les melons S et R, deux traitements contre l'oïdium et le mildiou sont réalisés le 19/06/12 et le 05/07/12 avec le produit ORTIVA (0.8mL/L). Ensuite, des traitements uniquement contre l'oïdium sont effectués les 10 et 19/07/12 avec d'abord SYSTHANE NEW (1.66mL/L) puis KARATHANE (0.6mL/L).

Sur les bandes enherbées, trois traitements contre la rouille sont réalisés les 29/06/12, 05/07/12 et 19/07/12 avec ORTIVA (0.8mL/L).

Annexe 2 : Utilisation de la clé dichotomique de Taylor (1984)  
pour identifier une espèce de puceron  
(ici *Myzus persicae*)

CLE J

J21 (18)	Cornicules pâles à légèrement pigmentées - 22 Cornicules moyennes à sombres - 25
J22 (21)	Plaque à bords assez diffus, ovale ou se rétrécissant - 23 Plaque irrégulière, avec côtés indentés - 24
J23a (22)	Cornicules minces, droites, PT = 5 bVI. Nervure alaire anale légèrement enfusée. <i>Ovatomys culmenatus</i> (Macchiati) 306 Plaque grande, sombre. Nervures alaires foncées. < 22 rhinaries sur III, 9 sur IV, 5 sur V.
J23b	Cornicules minces et droites légèrement renflées, PT = 3 1/2 bVI. <i>Ovatomys etachyus</i> (Hille Ris Lambers) 307 Plaque grande, sombre. Nervures alaires sombres. Pattes moyennes avec genoux et chevilles plus sombres. 23 rhinaries sur III, 8 sur IV, 3 sur V.
J24a (22)	Cornicules longues, moyennement pigmentées, plaque avec bandes au-dessus. <i>Acyrtosiphon primulae</i> (Theobald) 392 ( <i>Microlophium primulae</i> ) Articulations des pattes, moyennement pigmentées. 1/8 proximal du III pâle, ainsi que IV, V et VI. AAR plus long que <i>Metopolophium</i> spp. (Semblable à H112b)
J24b	Cornicules pâles de longueur moyenne, plaque claire avec des "cornes". Peut avoir des nuances foncées aux apices des nervures alaires. <i>Eriophia erioae</i> (Börner) 284 Cornicules droites avec grande collerette. Chevilles sombres. Assez grandes rhinaries, 9 sur III, 1 sur IV. IV = V. PT = 2 bVI. Peu fréquents.
J25 (21)	Plaque interrompue ou avec des côtés très indentés - 26 Plaque très grande, ou plus petite mais avec des côtés diffus - 31
J26 (25)	Cornicules noires, cauda énoussée, pigmentée, plaque à sommet arrondi - 27 Cornicules moyennement pigmentées, cauda pointue ou pâle, plaque avec "cornes" - 30



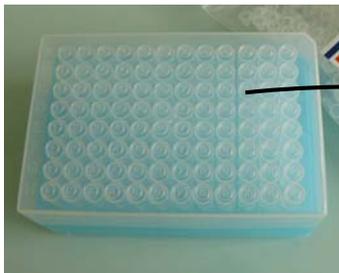
rgents, cornicules cylindriques - 28  
rgents, cornicules légèrement  
s sur IV. *Myzus persicae* (Sulzer) 322  
*Myzus* (*Nectarosiphon*) *persicae*  
on et illustration)

J28 (27)	Plaque plus entière, PT plus court - 29 Plaque tendant à être interrompue, PT = 10 bVI. <i>Macromia ribisnigri</i> (Mosley) 355 (Voir H102a pour description et illustration)
J29a (28)	Plusieurs rhinaries sur III, 11 sur IV, 7 sur V, PT = 4-7 bVI. <i>Macromia</i> ( <i>Neohakimia</i> ) spp. Doncaster & Stroyan 1011 Plaque sombre, pouvant être interrompue. Cornicules droites, foncées. Cauda moyenne. (Inclut <i>N. dasyphylli</i> et <i>N. saxifragae</i> ).
J29b	15 rhinaries sur III, 6 sur IV, 0 sur V, PT = 4 bVI. <i>Macromia circumflexum</i> (Buckton) 378 ( <i>Aulacorthum</i> ( <i>Macromia</i> ) <i>circumflexum</i> ) Plaque sombre, cornicules droites foncées avec collerette. Cauda et antennes sombres.
J30a (26)	Cauda pointue, pigmentée. Tubercules frontaux pointus (plus arrondis au printemps). <i>Phorodon humuli</i> (Schrank) 308 Plaque moyenne. Cornicules droites. Rhinaries disséminées sur III, PT < 6 bVI. <i>Phorodon humuli</i> ♂ - Plaque moyenne, interrompue. Rhinaries sur III, IV et V.
J30b	Cauda pâle. Nervures alaires anales sombres, cornicules plus foncées vers l'apex. <i>Rhodobium porosum</i> (Sanderson) 401 (Voir H100 pour description et illustration).
J31 (25)	Quelques rhinaries sur III - 32 Plusieurs rhinaries sur III - 34

## Annexe 3 : Analyses ADN de pucerons – protocoles

### 1) Extraction de l'ADN de puceron en plaque 96

- Dans une éprouvette, mélanger 30 ml de tampon ACL (Animal Cell Lysis) à 37°C et 2ml de protéinase K.
- Distribuer 320µl de ce mélange dans chacun des 96 puits de la plaque de lyse
- A l'aide d'une pince, prendre le puceron du puits N°1 de la plaque de stockage, le déposer sur du papier absorbant puis le transférer dans le puits N°1 de la plaque de lyse.
- Procéder de la même manière pour les puits N°2 à 94. Vérifier que tous les pucerons sont bien immergés. Les puits 95 et 96 constituent les blancs (1 blanc extraction + 1 blanc mix PCR).
- Fermer la plaque avec des barrettes de bouchons.
- Mettre dans le four à 55°C toute la nuit.
  
- Sortir la plaque du four et la laisser à température ambiante pendant 10 min.
- Vortexer la plaque (20s).
- Centrifuger à 4500g pendant 5min.
- Ajouter 300µl de tampon AB par puits.
- Refermer, vortexer et centrifuger (1 pulse).
- Pipeter 2 x 300µl (lysate + précipité) et transférer dans une plaque 96 *Weel binding plate* posée sur une plaque de filtrat 96 *Deep Well*. Faire 5-6 aspiration/dispersion avec la pipette pour homogénéiser le lysate.



- Sceller avec un film alu.
- Centrifuger à 4000g pendant 5min
- Remplacer la plaque de filtrat par une plaque de lavage N°1.
- Ajouter 750µl de tampon de lavage par puits.
- Re-sceller.

} 2 fois

- Centrifuger à 4500g pendant 5min.
- Transférer la plaque *Well Binding Plate* sur une plaque d'éluion.



- Ajouter 50µl de tampon d'éluion préalablement chauffé à 50°C par puits.
- Re-sceller et laisser reposer 2min.
- Centrifuger à 5500g pendant 3min.
- Pipeter l'éluat N°1 (50µl) et le déposer sur la même colonne.
- Re-sceller.
- Centrifuger à 5500g pendant 4min.
- Mettre les barrettes de bouchons en silicone et stocker au congélateur jusqu'à la PCR.

## 2) Amplification d'ADN par PCR

Plan de plaque :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	1	9	17	25	33	41	49	57	65	73	81	89
B	2	10	18	26	34	42	50	58	66	74	82	90
C	3	11	19	27	35	43	51	59	67	75	83	91
D	4	12	20	28	36	44	52	60	68	76	84	92
E	5	13	21	29	37	45	53	61	69	77	85	93
F	6	14	22	30	38	46	54	62	70	78	86	94
G	7	15	23	31	39	47	55	63	71	79	87	95
H	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80	88	Mix + eau

- Dans un tube à hémolyse, préparer le mix en ajoutant :
  - 1485 µL d'eau milliQ
  - 500 µL de tampon 5X
  - 10 µL de MgCl<sub>2</sub> à 25 mM
  - 10 µL de dNTP à 25 mM
  - 17.5µL de Lep F (amorce 1)
  - 17.5µL Lep R (amorce 2)
  - 20 µL de GoTaq (Taq polymérase) à 5U/µL

- Distribuer 22µL de mix par puits à la pipette automatique
- Ajouter 3µL d'ADN à la micropipette multicanaux
- Bien refermer avec les barrettes en plastique
- Placer dans le thermocycleur avec couvercle chauffant et le programme suivants :
  - Dénaturation initiale:** 94°C – 4min
  - Dénaturation :** 94°C - 30sec
  - Hybridation :** 48°C – 1min
  - Elongation :** 74°C – 1 min
 } 40 cycles
- Elongation finale :** 74°C – 5min

### 3) Migration d'ADN par électrophorèse

Le protocole nécessite l'utilisation du bromure d'éthidium (BET) comme agent intercalant. Ce produit, reconnu extrêmement mutagène, doit être manipulé avec précautions. Pour cela, une salle lui est entièrement réservée. Les gants y sont indispensables et il faut systématiquement changer entre les gants dits « sales » pour les objets contaminés au BET et ceux dits « propres » lorsqu'il s'agit de toucher au matériel venant de l'extérieur.

#### Protocole

- Préparer la plaque d'électrophorèse et les peignes, prévus chacun pour 51 puits
- Verser 250mL d'Agarose 1% à 65°C dans un erlenmeyer
- Sous la hotte, ajouter 10mL de BET.
- Couler le gel et laisser refroidir Préparer le mélange 1µl de bleu de charge + 2.5µL d'ADN dans une plaque PCR de 96 puits
- Placer le gel dans la cuve d'électrophorèse
  - Recouvrir avec du tampon TAE 1X (Tris, Acétate, EDTA)
  - Remplir les puits avec les 3.5µl du mélange ADN/bleu ou de marqueur de taille (MT) selon le schéma suivant (micropipette 12 puits) :

MT A B A B A B A B A B A B ... MT C D C D C D C D C D C D ... MT

-----  
-----

MT E F E F E F E F E F E F ... MT G H G H G H G H G H G H ... MT

*A correspond à la ligne A de la plaque PCR, B à la ligne B etc.*

- Faire migrer pendant 30min à 120V

#### Préparation pour 500mL d'Agarose 1%

- Dans un flacon de 1L, ajouter 500mL de tampon TAE 1X et 5g d'agarose
- Chauffer 4min au microonde (le mélange est encore opaque)
- Agiter délicatement
- Remettre 3min (le mélange est homogène)
- Mettre à l'étuve à 65°C

## Annexe 4 : Richesses et abondances spécifiques dans les trois modalités de Parcel-R en 2011 et 2012

### Légende :

	Espèces majoritaires dans les trois modalités
	Espèces majoritaires dans une ou deux modalités
	Espèces minoritaires dans les trois modalités

### En 2012 :

Espèces	BE	BF	SN
<i>Acyrtosiphon malvae</i>	1	4	4
<i>Acyrtosiphon pisum</i>	0	3	0
<i>Anoecia corni</i>	11	14	6
<i>Anoecia spp</i>	0	0	1
<i>Aphis craccivora</i>	1261	1241	1257
<i>Aphis fabae</i>	10	2	13
<i>Aphis gossypii</i>	77	124	105
<i>Aphis nerii</i>	3	0	1
<i>Aphis pomi</i>	1	0	1
<i>Aphis spp</i>	80	86	58
<i>Aploneura lentisci</i>	8	3	11
<i>Baizongia pistaciae</i>	0	4	0
<i>Brachycaudus cardui</i>	0	0	2
<i>Brachycaudus helichrysi</i>	0	0	2
<i>Brachycaudus populi</i>	0	0	1
<i>Brachycaudus rumexicolens</i>	0	0	3
<i>Brachycaudus sedi</i>	1	0	0
<i>Brachycaudus spp.</i>	26	50	13
<i>Brevicoryne brassicae</i>	0	0	1
<i>Callipterinella minutissima</i>	1	0	1
<i>Capitophorus elaeagni</i>	37	40	36
<i>Capitophorus horni</i>	1	0	0
<i>Chaitophorus capreae</i>	0	1	0
<i>Chaitophorus leucomelas</i>	0	0	1
<i>Cinara spp</i>	1	0	0
<i>Diuraphis muehleii</i>	0	0	1
<i>Diuraphis noxia</i>	112	164	109
<i>Dysaphis plantaginea</i>	0	0	1
<i>Eucallipterus tiliae</i>	0	1	0
<i>Geioca eragrostidis</i>	0	2	0
<i>Hayhurstia atriplicis</i>	1	0	12
<i>Hyalopterus pruni</i>	63	59	42
<i>Hyperomyzus lactucae</i>	0	0	1
<i>Kallistaphis basalis</i>	5	1	3
<i>Macrosiphoniella abrotani</i>	1	0	0
<i>Macrosiphoniella persequens</i>	0	1	0
<i>Macrosiphum rosae</i>	0	0	1

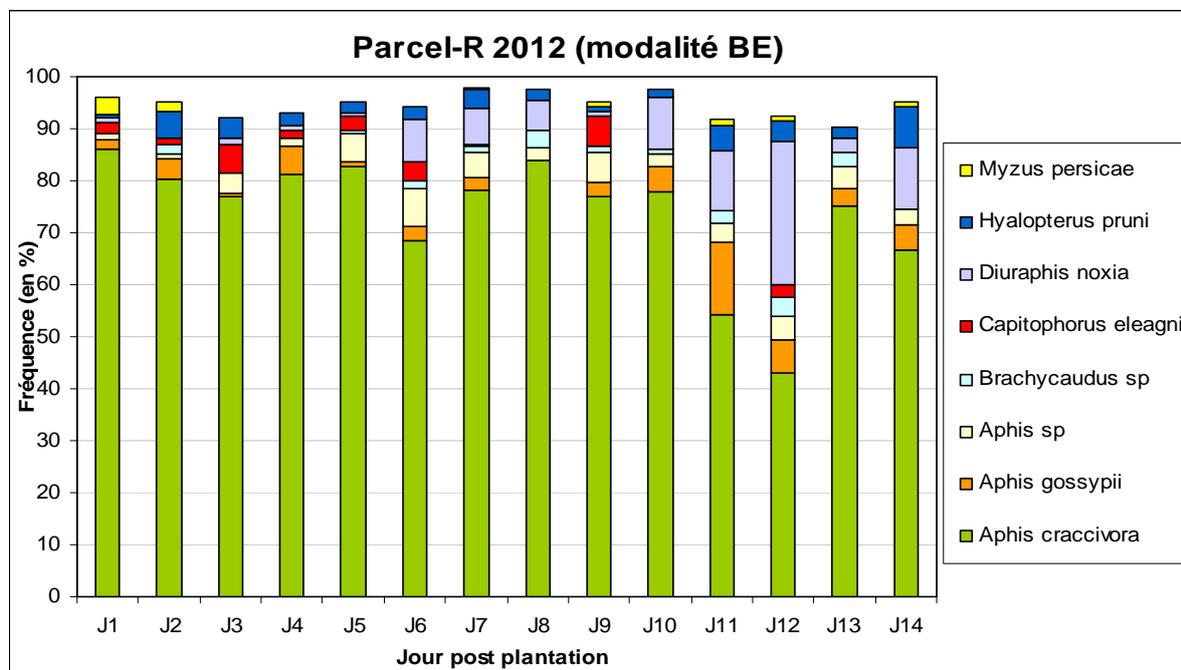
<i>Megoura viciae</i>	0	0	1
<i>Melanaphis pyrraria</i>	0	1	0
<i>Metopolodius dirhodum</i>	1	2	0
<i>Metopolodius sp</i>	3	0	0
<i>Myzocallis castanicola</i>	0	1	1
<b><i>Myzus persicae</i></b>	<b>15</b>	<b>18</b>	<b>18</b>
<i>Myzus varians</i>	0	0	1
<i>Nasonovia ribisnigri</i>	2	0	0
<i>Pemphigus sp</i>	0	1	0
<i>Phorodon cannabis</i>	0	0	1
<i>Phylloxera sp</i>	1	6	0
<i>Protaphis anuraphoides</i>	1	0	4
<i>Protaphis sp</i>	1	0	0
<i>Protaphis terricola</i>	0	0	5
<i>Pterocallis alni</i>	0	1	1
<i>Rhopalosiphum insertum</i>	1	0	0
<i>Rhopalosiphum nymphaeae</i>	0	1	0
<i>Rhopalosiphum padi</i>	0	0	1
<i>Rhopalosiphum pilipes</i>	0	0	2
<i>Rhopalosiphum rufulum</i>	0	0	4
<i>Rhopalosiphum sp</i>	0	0	3
<i>Sitobion avenae</i>	0	0	1
<i>Sitobion fragariae</i>	8	2	4
<i>Tetraneura ulmi</i>	1	0	1
<i>Thelaxes dryophila</i>	5	8	7
<i>Thelaxes spp</i>	1	0	2
<i>Therioaphis luteola</i>	0	0	2
<i>Therioaphis trifolii</i>	6	2	3
<i>Tuberculatus borealis</i>	4	5	4
<i>Tuberculatus querceus</i>	0	0	2
<i>Uroleucon (Uroleucon) spp</i>	3	18	2
<i>Uroleucon (Uromelan) spp</i>	5	8	8
Non identifiés	10	11	12
<b>Total</b>	<b>1769</b>	<b>1885</b>	<b>1769</b>

### En 2011 :

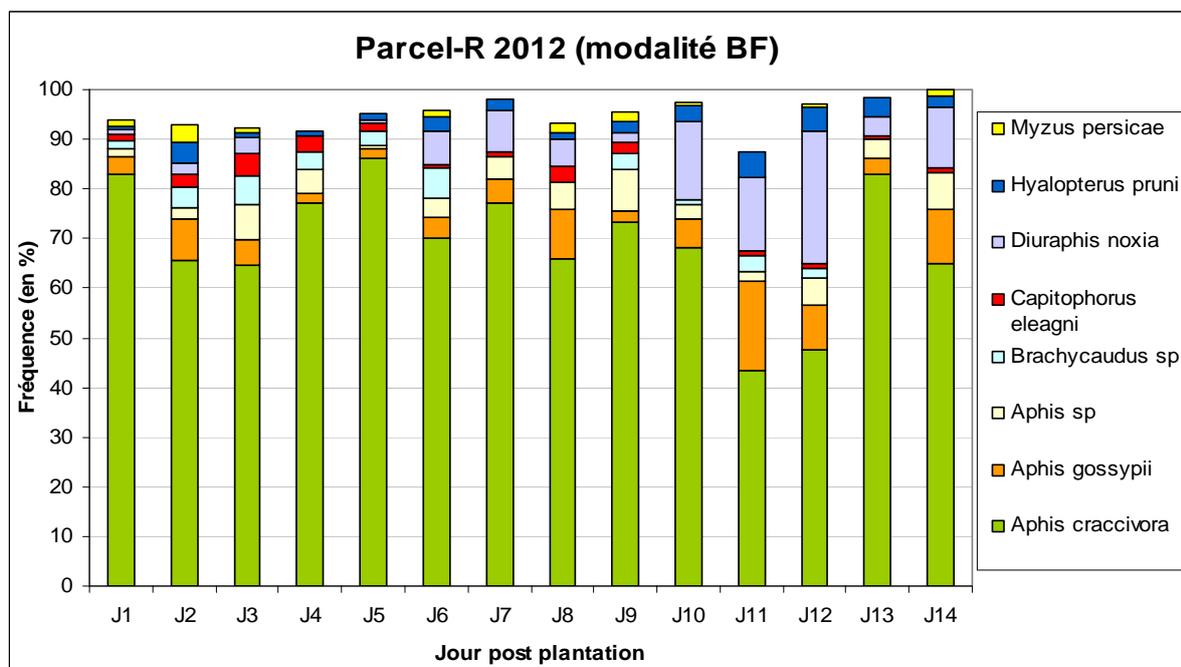
Espèces	BE	BF	SN
<i>Acyrtosiphon loti</i>	2	4	3
<i>Acyrtosiphon malvae</i>	2	11	1
<i>Acyrtosiphon pisum</i>	4	0	3
<i>Adelges spp</i>	1	0	1
<i>Anoecia spp</i>	6	5	0
<i>Anuraphis farfarae</i>	2	0	1
<b><i>Aphis craccivora</i></b>	<b>152</b>	<b>152</b>	<b>81</b>
<i>Aphis fabae</i>	9	13	9
<b><i>Aphis gossypii</i></b>	<b>98</b>	<b>147</b>	<b>123</b>
<i>Aphis nerii</i>	5	8	21
<i>Aphis pomi</i>	0	13	2
<i>Aphis sambuci</i>	0	0	1
<i>Aphis serpyllii</i>	0	2	0
<i>Aphis spiricola</i>	1	0	0

<i>Aphis</i> spp	77	80	98
<i>Aploneura lentisci</i>	18	16	14
<i>Brachycaudus cardui</i>	13	6	4
<i>Brachycaudus helichrysi</i>	20	57	10
<i>Brachycaudus populi</i>	0	4	8
<i>Brachycaudus rumexicolens</i>	11	11	4
<i>Brachycaudus</i> spp.	2	12	5
<i>Brevicoryne brassicae</i>	2	6	8
<i>Capitophorus hippophaes</i>	0	1	0
<i>Capitophorus horni</i>	0	0	2
<i>Capitophorus elaeagni</i>	4	1	0
<i>Chaitophorus populialbae</i>	0	0	1
<i>Chaitophorus</i> spp	1	0	0
<i>Cryptomyzus ribis</i>	0	0	1
<i>Diuraphis noxia</i>	7	7	2
<i>Eucarazzia elegans</i>	1	0	1
<i>Holcaphis</i> sp	1	0	1
<i>Hoplocallis pictus</i>	1	0	0
<i>Hormaphis betulae</i>	0	1	0
<i>Hyadaphis foeniculli</i>	2	1	0
<i>Hayhurstia atriplicis</i>	0	2	4
<i>Hyalopterus pruni</i>	11	10	4
<i>Macrosiphoniella</i> sp	0	1	0
<i>Macrosiphum rosae</i>	1	2	1
<i>Melanaphis elezabethae</i>	1	0	.0
<i>Metopolodium dirhodum</i>	3	1	3
<i>Mimeuria ulmiphila</i>	0	0	1
<i>Myzocallis castanicola</i>	2	0	0
<i>Myzus persicae</i>	73	53	39
<i>Pemphigus</i> sp	0	1	6
<i>Protaphis anuraphoides</i>	0	0	1
<i>Protaphis terricola</i>	3	0	2
<i>Rhopalosiphum maidis</i>	0	1	0
<i>Rhopalosiphum nymphaeae</i>	0	0	1
<i>Rhopalosiphum padi</i>	1	0	0
<i>Rhopalosiphum rufulum</i>	0	1	0
<i>Rhopalosiphum</i> sp	1	2	3
<i>Sipha (Rungsia) maydis</i>	0	1	1
<i>Sitobion avenae</i>	0	2	1
<i>Sitobion fragariae</i>	1	0	1
<i>Smynthuroides betae</i>	1	0	0
<i>Tetraneura ulmi</i>	1	0	0
<i>Thelaxes dryophila</i>	3	2	4
<i>Therioaphis trifolii</i>	2	1	3
<i>Tuberculatus borealis</i>	0	1	1
<i>Uroleucon compositae</i>	1	2	1
<i>Uroleucon (Uroleucon) spp</i>	0	1	0
<i>Uroleucon (Uromelan) spp</i>	0	0	1
<i>Wahlgreniella nervata</i>	2	2	2
Non identifiés	6	2	2
<b>Total</b>	<b>555</b>	<b>646</b>	<b>487</b>

Annexe 5 : Fréquences journalières des huit espèces majoritaires dans les modalités « bandes enherbées » et « bandes fleuries » de Parcel-R en 2012



*Figure A4-1* : Fréquences journalières des huit espèces majoritaires capturées dans la modalité BE au cours des 14 premiers jours de suivi de Parcel-R



*Figure A4-2* : Fréquences journalières des huit espèces majoritaires capturées dans la modalité BF au cours des 14 premiers jours de suivi de Parcel-R

## Résumé

Les pucerons peuvent provoquer des dégâts très graves sur les cultures, aussi bien à cause de leur mode d'alimentation (prélèvement de sève) que des virus qu'ils transmettent. Plus particulièrement, *Aphis gossypii* transmet un nombre important de virus au melon, une culture majeure du Sud-Est de la France (40% de la production française). Pour lutter contre ces ravageurs, des traitements aphicides sont appliqués, provoquant des dommages collatéraux sur l'environnement et entraînant parfois une adaptation des pucerons qui rend la lutte inefficace. L'équipe de virologie de l'unité de pathologie végétale de l'INRA à Avignon recherche des méthodes de lutte alternatives et durables. Deux d'entre elles sont particulièrement étudiées: la lutte génétique avec le gène *Vat* qui confère une résistance à la colonisation et à la transmission des virus par *Aphis gossypii* et la lutte culturale avec l'aménagement de l'environnement de la parcelle. Dans le cadre de ce stage, les dynamiques des populations de pucerons ailés ont été établies pour différents sites (Montfavet et Guadeloupe) et pour différents types d'aménagement parcellaire (sol nu, bandes enherbées et bandes fleuries). L'effet site a été très marqué: 211 et 4383 pucerons ont été capturés respectivement en Guadeloupe et à Montfavet au cours des deux premiers mois de suivi. L'effet régulateur de l'aménagement parcellaire, mis en évidence l'année dernière, n'a pas été confirmé cette année: seules les bandes enherbées ont permis de réduire la population de pucerons ailés de 9% par rapport au sol nu. Les richesses et abondances spécifiques déterminées pour les 14 premiers jours de suivi ont été peu affectées par le type d'aménagement parcellaire. Pour cette période, *Aphis craccivora* été de très loin l'espèce majoritaire en représentant entre 43 et 86% des individus capturés quotidiennement.

Mots clés: aménagement parcellaire, *Cucumis melo*, dynamique aphidienne, protection intégrée, ravageurs des cultures

## Abstract

Aphids can cause very serious damages to crops, both because of their mode of feeding – they suck the sap- and the viruses they transmit. More specifically, *Aphis gossypii* transmits a large number of viruses to melon which is a major crop in South-Eastern France - it represents 40% of the whole French production. Aphid treatments are commonly used to control these pests. However, they cause collateral damages to the environment and sometimes lead to the adaptation of aphids which makes treatments ineffective. The virology team of the INRA plant pathology unit in Avignon is seeking alternative and sustainable methods. Research is more particularly focused on two methods: the genetic control by the use of the *Vat* gene that confers resistance against melon colonization and virus transmission by *Aphis gossypii* and the cultural control by the field margin manipulation. During this training period, global population dynamics of winged aphids were established for various sites (Montfavet and Guadeloupe) and for various types of field margins (naked soil, grass strips and flower strips). Site effect was very marked with 211 and 4383 winged aphids captured, respectively in Guadeloupe and Montfavet during the first two months of the trials. The regulating effect of the field margin manipulation, observed last year, was not confirmed: only grass strips allowed reducing by 9% the number of aphids, compared with the naked soil. Species richness and abundances determined in the first two weeks were little affected by the type field margins. For this period, *Aphis craccivora* was by far the major species, representing between 43 and 83% of the daily captured individuals.

Key words: aphid dynamics, *Cucumis melo*, field margin manipulation, integrated pest management, pests