



**HAL**  
open science

# Utilisation de plantes de service en culture de jeunes plants de cerisiers pour lutter contre le puceron noir du cerisier *Myzus cerasi*

Louise Lérault

► **To cite this version:**

Louise Lérault. Utilisation de plantes de service en culture de jeunes plants de cerisiers pour lutter contre le puceron noir du cerisier *Myzus cerasi*. Sciences du Vivant [q-bio]. 2018. dumas-01918925

**HAL Id: dumas-01918925**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01918925>**

Submitted on 12 Nov 2018

**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.

## Mémoire de stage

Présenté pour l'obtention du diplôme d'ingénieur en horticulture  
Option Inter-Etablissement Protection des Plantes et Environnement

Sur le thème

# Utilisation de plantes de service en culture de jeunes plants de cerisiers pour lutter contre le puceron noir du cerisier *Myzus cerasi*

Plante-fleurie : *Euphorbia epithymoides*



Jeunes plants de cerisiers



Auxiliaires prédateurs de *Myzus cerasi*



Photos : Lérault 2018

Par

Louise LÉRAULT

École de rattachement : AGROCAMPUS OUEST

Stage réalisé à :  
AREXHOR Pays de la Loire  
1, Rue des Magnolias  
49130 Les Ponts-De-Cé  
France

Sous la Direction de : Alain FERRE



Soutenu le 26 septembre 2018 à Montpellier, devant le jury composé de :

Présidente : Anne LE RALEC  
Membres : Serge KREITER  
Valérie BALMÈS



# Utilisation de plantes de service en culture de jeunes plants de cerisiers pour lutter contre le puceron noir du cerisier *Myzus cerasi*

## RÉSUMÉ

La recherche d'alternatives à l'agriculture conventionnelle passe par le développement de solutions de lutte biologique par conservation. En protection des plantes, le recours aux plantes de service consiste en la disposition de plantes dans une culture pour lutter contre ses ravageurs arthropodes. Certaines plantes de service ont pour rôle l'attraction d'ennemis naturels du ravageur.

Cet essai mené en 2018 avait pour objectif l'utilisation de plantes-réservoirs et de plantes-fleuries au sein de cultures de jeunes plants de cerisiers, pour lutter contre leur ravageur principal : le puceron noir du cerisier *Myzus cerasi*. En parallèle, l'impact des fourmis, connues pour stimuler la distribution et protéger le puceron, a été étudié par inhibition de leur interaction avec le puceron. Au cours de la saison d'infestation du puceron, les effets des plantes et de l'exclusion des fourmis sur la population du puceron ont été observés. Le lien avec la population des auxiliaires, en particulier des prédateurs de foyer, a été recherché.

L'infestation du puceron a été la moindre dans la parcelle excluant les fourmis. Les effets des parcelles avec plantes de service se sont montrés complexes : même si un impact positif sur la population d'ennemis naturels a été montré, les symptômes causés par le puceron sur les cerisiers n'ont pas été moins graves par rapport au témoin. Bien qu'encourageante, l'utilisation de plantes de service n'est pas encore adaptée à la production en pépinières dans cette situation. En revanche, l'exclusion des fourmis est recommandée pour atténuer les dégâts liés à *Myzus cerasi*.

## ABSTRACT

Looking for alternatives to conventional agriculture leads to the development of strategies of biological control by conservation. In plant protection, using 'service plants' consists in positioning precise plants within a crop in order to enhance pest management. Some 'service plants' using strategies aim at the attraction of the natural enemies of the targeted pest for predation and parasitism.

This study, carried out in 2018, consisted in the placement of banker plants and flowering plants into young cherry trees plots. The purpose of this layout was to fight young cherry trees main pest: the black cherry aphid *Myzus cerasi*. In parallel, the impact of aphid-tending ants was studied by excluding ants from cherry trees apexes. The effects of the plots different treatments on the aphid infestation rate were observed. The link with natural enemies' populations was looked for.

The aphid infestation was the lowest within the ant-excluding plot. Plots with 'service plants' had more complex effects. Although a positive impact on natural enemies' populations was suggested, no difference in cherry trees symptoms and damages was observed compared to the control plot.

The use of 'service plants' in this case presented interesting results, but not satisfying enough for their use in production. Whereas the exclusion of ants from cherry trees revealed a very positive impact in order to limit the damages due to *Myzus cerasi* on young cherry trees.

---

## ENGAGEMENT DE NON PLAGIAT

---

### I. Principes

- Le plagiat se définit comme l'action d'un individu qui présente comme sien ce qu'il a pris à autrui.
- Le plagiat de tout ou parties de documents existants constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée.
- Le plagiat concerne entre autres : des phrases, une partie d'un document, des données, des tableaux, des graphiques, des images et illustrations.
- Le plagiat se situe plus particulièrement à deux niveaux : ne pas citer la provenance du texte que l'on utilise, ce qui revient à le faire passer pour sien de manière passive. Recopier quasi intégralement un texte ou une partie de texte, sans véritable contribution personnelle, même si la source est citée.

### II. Consignes

- Il est rappelé que la rédaction fait partie du travail de création d'un rapport ou d'un mémoire, en conséquence lorsque l'auteur s'appuie sur un document existant, il ne doit pas recopier les parties l'intéressant mais il doit les synthétiser, les rédiger à sa façon dans son propre texte.
- Vous devez systématiquement et correctement citer les sources des textes, parties de textes, images et autres informations reprises sur d'autres documents, trouvés sur quelque support que ce soit, papier ou numérique en particulier sur internet.
- Vous êtes autorisés à reprendre d'un autre document de très courts passages *in extenso*, mais à la stricte condition de les faire figurer entièrement entre guillemets et bien sûr d'en citer la source.

### III. Sanction

En cas de manquement à ces consignes, la DEVE / le correcteur se réservent le droit d'exiger la réécriture du document sans préjuger d'éventuelles sanctions disciplinaires.

### IV. Engagement

Je soussignée

Reconnait avoir lu et m'engage à respecter les consignes de non plagiat

À Angers, le 01/09/2018

Signature :

---

## AUTORISATION DE DIFFUSION DU MÉMOIRE

---

### 1. Identification du rapport et de l'auteur

Nom et Prénom de l'auteur : Lérault Louise

Titre du mémoire : Utilisation de plantes de service en culture de jeunes plants de cerisiers pour lutter contre le puceron noir du cerisier *Myzus cerasi*

Ecole d'inscription : Agrocampus Ouest

### 2. Autorisation de diffusion par l'Auteur

Par la présente, je déclare être titulaire du droit d'auteur pour le mémoire mentionné ci-dessus. J'autorise sans limitation de temps la Bibliothèque à diffuser ce mémoire dans un format électronique adapté et à effectuer toutes éventuelles modifications techniques nécessaires à une amélioration de la diffusion (modification du format). Si ce mémoire est confidentiel, la confidentialité sera respectée dans les mêmes conditions pour les exemplaires électroniques que pour les exemplaires papiers.

Signature de l'Auteur :

Date : 01/09/2018

### 3. Autorisation de diffusion par le Maître de stage

J'autorise par la présente l'auteur à diffuser le mémoire mentionné ci-dessus :

| Intranet                             | OUI<br>NON            | Prêt                     | OUI | NON |
|--------------------------------------|-----------------------|--------------------------|-----|-----|
| Internet                             | OUI<br>NON            | Prêt entre bibliothèques | OUI | NON |
| Après une période de confidentialité | OUI<br>NON<br>Durée : | Résumé diffusable        | OUI | NON |
| Consultation en bibliothèque         | OUI<br>NON            | Reproduction             | OUI | NON |

Signature du Maître de stage :

Date :

### 4. Autorisation de diffusion par le Tuteur

J'autorise par la présente l'auteur à diffuser le mémoire mentionné ci-dessus :

| Intranet                             | OUI<br>NON            | Prêt                     | OUI | NON |
|--------------------------------------|-----------------------|--------------------------|-----|-----|
| Internet                             | OUI<br>NON            | Prêt entre bibliothèques | OUI | NON |
| Après une période de confidentialité | OUI<br>NON<br>Durée : | Résumé diffusable        | OUI | NON |
| Consultation en bibliothèque         | OUI<br>NON            | Reproduction             | OUI | NON |

Signature du Tuteur Enseignant :

Date :

### **CONCLUSIONS :**

Confidentialité absolue : OUI

NON

Durée exigée :

**Le Responsable de l'Option PPE pour L'établissement auquel vous êtes rattaché : Anne Le Ralec**



---

## REMERCIEMENTS

---

Toute ma gratitude et ma reconnaissance vont à l'équipe de l'AREXHOR que j'ai côtoyée durant ce stage de fin d'études, personnel et stagiaires.

Alain, merci de m'avoir donné l'opportunité de faire cette étude et de découvrir l'expérimentation en institut technique. Je te remercie sincèrement pour ta disponibilité malgré ton emploi du temps chargé, et pour tes conseils et tes relectures avisés (même de dernière minute). Merci de m'avoir poussée à la réflexion et d'avoir grandement renforcé ma connaissance des insectes, en plus de ta formation à l'identification des parasitoïdes et des pucerons. Ce savoir sera (très) bientôt réutilisé.

Tom et Guillaume, merci pour vos conseils toujours réfléchis et utiles, merci d'avoir pris le temps de répondre à mes questions de la manière la plus complète possible, merci pour la formation en plomberie, en désherbage, en repotage, en remplacement de bâche... Et, par-dessus tout, merci pour la bonne humeur que vous partagez avec tout le monde chaque jour.

Maud, Sabrina, merci pour votre soutien en continu, votre partage de connaissances, votre enseignement (que ce soit en BPE ou en SPAD, tout est bon à prendre !) et pour maintenir une ambiance de travail si sereine et détendue.

Julie, merci pour les conseils sur ton essai l'an dernier, ils m'ont vraiment aidée. Merci pour ton soutien dans les notations en début de stage, et merci d'avoir constamment cet air souriant et motivant envers tes collègues.

Imane, IL, petit scarabée, un profond remerciement pour toutes les fois où j'ai dû t'engager pour m'épauler dans les notations, malgré la chaleur écrasante de l'après-midi, malgré la fatigue et le stress. Merci pour ces multiples fous rires lors des validations de données (22123), et pour ton éternelle gentillesse et ton amitié. Vivement nos prochaines parties de jeux de société.

Maxime, MD, Dupont Chelia, un grand merci d'avoir imposé cette ambiance folle au sein de l'Arexhor pendant ton stage. Merci pour tes bêtises et ton humour (noir), merci pour ton amitié, merci de m'avoir trainée à la déchetterie et de m'avoir fait découvrir le Black Peat... et le Skyjito. Merci d'avoir la solution pour tout, aussi drastique soit-elle.

Diane, DG, Dianounette, je te dois un sacré remerciement, toi qui m'a accompagnée jusqu'au bout, qui m'a supportée malgré mes sautes d'humeur, qui m'a rendue service un nombre incalculable de fois, et ce toujours avec le sourire. Merci pour l'histoire de ta vie si rebondissante et incroyable. Merci de ne jamais te prendre la tête. Reçois tous mes encouragements pour la suite.

Mes remerciements vont également à Anne Le Ralec pour sa supervision et son encadrement durant ce stage et tout au long du Master PPE, pour moi très enrichissants l'un comme l'autre.

Merci à Noguer, pour être entré dans ma vie au moment idéal, et sans qui mes promenades autour d'Angers seraient bien moins palpitantes.

Merci à mes grands-parents, pour leur affection et leur confiance sans limites depuis mon enfance. Merci à Djoudjou, pour m'avoir toujours empêchée de baisser les bras et pour me supporter depuis la naissance.

Merci à mes parents, sans qui je n'aurais jamais été aussi loin dans les études. Je vous dois toute ma chance, et votre bienveillance m'accompagne à chaque instant et partout où je vais.

---

# TABLE DES MATIÈRES

---

|   |           |
|---|-----------|
| <b>INTRODUCTION</b> .....   | <b>11</b> |
| <b>I. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE</b> .....  | <b>12</b> |
| <b>I.A. La culture de jeunes plants de cerisiers en France</b> .....                | <b>12</b> |
| <b>I.B. Les ravageurs et pathogènes des jeunes plants de cerisiers</b> .....        | <b>14</b> |
| <b>I.C. Le puceron noir du cerisier <i>Myzus cerasi</i></b> .....                   | <b>16</b> |
| <b>I.D. Les moyens de lutte actuels</b> .....                                       | <b>16</b> |
| <b>I.E. Les parasitoïdes du puceron noir du cerisier</b> .....                      | <b>18</b> |
| I.F.1. Les prédateurs généralistes.....   | 20        |
| I.F.2. Les prédateurs de foyer .....  | 20        |
| <b>I.G. Les plantes de service</b> .....  | <b>22</b> |
| <b>II. CONTEXTE DE L'ÉTUDE</b> .....  | <b>28</b> |
| <b>II.A. Arexhor Pays de la Loire et les projets DIAPLASCE</b> .....                | <b>28</b> |
| II.A.1. DIAPLASCE 1 et DIAPLASCE 2.....   | 28        |
| II.A.2. Résultats du projet DIAPLASCE 1 concernant <i>M. cerasi</i> .....           | 28        |
| II.A.3. Structure d'accueil et lieu d'expérimentation.....                          | 28        |
| <b>III. DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL</b> .....   | <b>30</b> |
| <b>III.A. Stratégie adoptée pour l'essai 2018</b> .....                             | <b>30</b> |
| <b>III.B. Choix des plantes de service</b> .....                                    | <b>30</b> |
| III.B.1. Modalité plantes-fleuries PF.....  | 30        |
| III.B.2. Modalité plante-réservoir PR .....   | 32        |
| <b>III.C. Mise en place des modalités</b> .....                                     | <b>32</b> |
| III.C.1. Matériel végétal et entretien : cerisiers et plantes de service.....       | 32        |
| III.C.2. Disposition des parcelles de cerisiers et des plantes de service.....      | 34        |
| III.C.3. Le ravageur <i>Myzus cerasi</i> et l'infestation des cerisiers .....       | 34        |
| III.E.1. Notations liées à l'infestation de <i>M. cerasi</i> et à la prédation..... | 38        |
| III.E.2. Notations liées à la quantification des auxiliaires .....                  | 40        |
| III.E.3. Notations liées aux fourmis.....   | 40        |
| III.E.4. Notations liées aux plantes de service .....                               | 40        |
| <b>IV. VALIDATION DE L'ESSAI</b> .....  | <b>42</b> |
| <b>IV.A. État sanitaire des plantes pendant l'essai</b> .....                       | <b>44</b> |
| <b>IV.B. Évolution de la population de <i>M. cerasi</i> du témoin</b> .....         | <b>44</b> |
| <b>IV.C. Parasitisme de <i>M. cerasi</i> et des pucerons du groseillier</b> .....   | <b>46</b> |

|  |           |
|--|-----------|
| IV.D. Efficacité de l'exclusion des fourmis .....  | 46        |
| IV.E. Fonctionnalité des plantes-réservoirs .....  | 46        |
| IV.E. Fonctionnalité des plantes-fleuries .....  | 48        |
| <b>V. RÉSULTATS &amp; DISCUSSION</b> .....   | <b>50</b> |
| <b>V.A. Effet des différentes modalités sur l'infestation de <i>Myzus cerasi</i></b> ..... | <b>50</b> |
| V.A.1. Évolution de la population de <i>M. cerasi</i> de chaque modalité.....              | 50        |
| V.A.2. Comparaison des symptômes observés sur les cerisiers .....                          | 52        |
| <b>V.B. Effet des auxiliaires de <i>M. cerasi</i> des différentes modalités</b> .....      | <b>54</b> |
| V.B.1. Importance de la prédation dans les quatre parcelles.....                           | 54        |
| V.B.3. Lien entre l'infestation et les prédateurs de foyer .....                           | 56        |
| V.B.4. Identification des prédateurs de foyer au cours de l'essai.....                     | 56        |
| <b>VI. LIMITES ET PERSPECTIVES DE L'ESSAI 2018</b> .....                                   | <b>60</b> |
| VI.A. Possibles interactions inter-parcellaires et environnementales .....                 | 60        |
| VI.B. Exclusion imparfaite des fourmis .....   | 60        |
| VI.C. Combinaison des modalités .....  | 60        |
| VI.D. Deuxième infestation de <i>Myzus cerasi</i> .....                                    | 60        |
| VI.E. Représentativité de la population d'auxiliaires.....                                 | 61        |
| <b>ANNEXES</b> .....   | <b>63</b> |
| <b>RÉFÉRENCES</b> .....  | <b>66</b> |
| <b>SITOGRAPHIE</b> .....   | <b>66</b> |
| <b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....   | <b>66</b> |
| Ouvrages .....   | 66        |
| Articles scientifiques.....  | 67        |
| Comptes-rendus et communications .....   | 69        |



---

# INTRODUCTION

---

La protection biologique intégrée (PBI) et l'agriculture biologique (AB) sont des alternatives à l'agriculture conventionnelle environnementalement durables, dont l'objectif principal est la réduction de l'usage de produits phytopharmaceutiques (PPP) dans les cultures ou le paysage. Dans cette optique, de nombreuses pratiques sont conseillées et mises au point par les instituts de recherche, les instituts techniques et les entreprises privées. Le biocontrôle prend une part de plus en plus grande dans le marché des produits de traitement, et les pratiques mécaniques réapparaissent dans les itinéraires techniques, pour se débarrasser des adventices par exemple.

Les insectes ravageurs ont des impacts pouvant être catastrophiques dans les vergers. De nombreuses études émergent sur des aménagements favorisant la répulsion et l'éloignement des ravageurs : c'est le cas de la stratégie push-pull. Des barrières mécaniques sont aussi mises au point comme les filets à carpopapse en vergers de pommiers. D'autres se penchent plutôt sur la mobilisation des auxiliaires de culture, présents dans la nature ou introduits par lâchers, et cherchent des méthodes pour les attirer et surtout pour les maintenir dans les parcelles.

L'utilisation de plantes de service regroupe ces deux derniers aspects. En système hors-sol ou pleine terre, le placement stratégique d'une plante repoussant un ravageur ou attirant des ennemis naturels dans une parcelle permet la réduction des traitements phytosanitaires, qui sont les plus nombreux sur les cultures pérennes, vergers ou pépinières. Le recours aux plantes de service est une forme de lutte biologique par conservation : l'habitat même des cultures est aménagé pour favoriser l'entomofaune locale et spontanée contre un ravageur.

Le puceron noir du cerisier *Myzus cerasi* Fabricius (1775) fait partie des ravageurs de cerisiers causant de sérieux dégâts économiques. Il s'attaque à la partie aérienne de la plante, aux jeunes apex. Il est présent chaque année, assez précocement, partout sur le territoire européen, et même dans toutes les régions du monde productrices de cerisiers. La lutte chimique étant de moins en moins efficace, et la liste des produits autorisés en Europe étant en diminution constante, les itinéraires techniques des producteurs doivent s'adapter.

Le recours aux plantes de service étant une alternative paraissant idéale pour remplacer, ou pour le moins réduire, les traitements phytosanitaires, l'expérimentation menée pendant ce stage a pour objectif de déterminer si l'utilisation de plantes de service en culture de jeunes plants de cerisiers permet un contrôle du puceron noir *M. cerasi* de manière à obtenir des plants de qualité.

L'expérimentation menée pendant ce stage de fin d'étude se centrera sur l'attraction d'insectes auxiliaires à l'aide de différents types de plantes de service, choisies de manière stratégique par rapport au cycle biologique du puceron. D'autre part, l'impact des fourmis, connues pour protéger les pucerons contre leurs ennemis, sera évalué en bloquant leur accès aux cerisiers. La capacité d'attraction d'auxiliaires prédateurs spécialistes, comme les syrphes et les coccinelles, et la comparaison de l'infestation par le puceron entre les parcelles seront les principaux facteurs analysés. Les différences entre les parcelles avec l'un ou l'autre types de plantes de service ou en l'absence de fourmis seront observées pour en déduire l'effet sur le contrôle du puceron et sur la qualité des cerisiers pendant et à la fin de la culture en pépinière.

---

# I. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

---

Les pucerons comptent parmi les ravageurs les plus problématiques des cultures (Van Emden & Harrington 2017). De nombreux traitements insecticides sont nécessaires afin de contrôler leur prolifération et limiter les dégâts qu'ils engendrent. Mais la prise de conscience des risques liés aux PPP pour l'environnement et la santé humaine dirige l'opinion publique et les réglementations européennes vers la transition pour une agriculture durable et écoresponsable, qui va à l'encontre du recours aux pesticides. Cela incite les instituts de recherche et d'expérimentation à développer, avec la collaboration des producteurs, des méthodes dites alternatives aux produits phytosanitaires. Celles-ci passent par des mesures prophylactiques, des changements ou des adaptations d'itinéraires techniques, voire même un remaniement complet des systèmes culturaux conventionnels avec l'émergence de la permaculture ou de l'agroforesterie (Butault et al. 2011).

Pour trouver et élaborer des alternatives aux PPP, il faut étudier au mieux l'itinéraire technique de la culture concernée, dont les facteurs principaux pouvant influencer (en bien ou en mal) celle-ci, notamment ce qui concerne les ravageurs et les pathogènes.

Les cerisiers sont des arbres très fréquemment rencontrés en France. Lors de l'achat par un particulier ou par un producteur, ces arbres sont déjà âgés de deux ans ou plus. Les parties jeunes des cerisiers, comme tous les arbres fruitiers, sont plus sensibles aux maladies et ravageurs (Antoniazzi 2007). Comment protéger les jeunes cerisiers contre leurs agresseurs ? Existe-il des moyens de lutte tout en limitant le recours aux produits de traitement chimique ?

C'est pour répondre à ces questions qu'est venue l'idée d'élaborer une alternative aux moyens traditionnels de lutte contre le principal ennemi du jeune plant de cerisier, à savoir le puceron noir du cerisier *Myzus cerasi*. Cette espèce récurrente est présente partout en France.

Pour un contrôle efficace, intervenant au bon moment dans l'itinéraire technique, il faut connaître tous les aspects de la biologie et de l'écologie de ce ravageur, de même que ceux de ses ennemis naturels (potentiellement candidats en tant qu'agents de lutte biologique). Étant donné que cette lutte s'opère en extérieur, il faut ensuite envisager quelles alternatives permettraient d'optimiser l'usage d'ennemis naturels en parallèle au bon déroulement des pratiques culturales et du cycle physiologique du cerisier. Les plantes de service semblent être un outil adapté.

Enfin, pour optimiser l'efficacité de cette alternative, il faut estimer l'impact de tous les obstacles pouvant réduire voire annuler celle-ci. Dans le cas de *M. cerasi*, l'impact positif des fourmis sur la distribution et la population des pucerons ayant été montré par de nombreuses études, cela peut s'avérer problématique pour la stratégie d'utilisation de plantes de service visant l'attraction d'auxiliaires (Oliver et al. 2008).

---

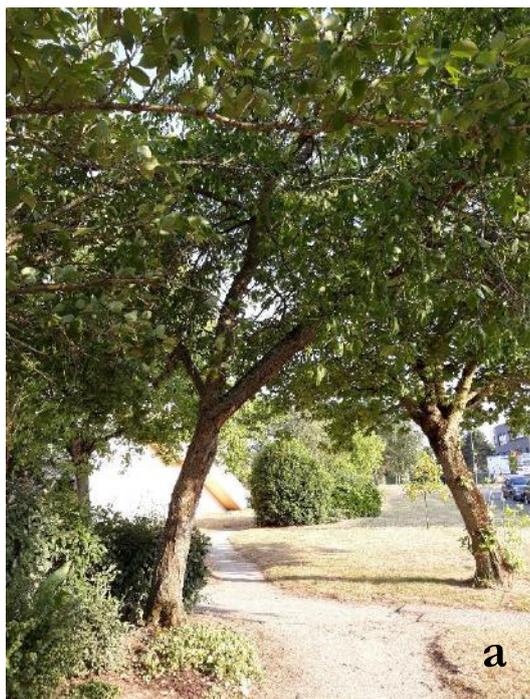
## I.A. La culture de jeunes plants de cerisiers en France

---

L'ensemble des cerisiers appartenant aux espèces *Prunus cerasus* L., *Prunus avium* L. (ce dernier plus communément appelé merisier) et leurs hybrides sont des arbres utilisés pour la consommation estivale de leurs fruits savoureux et légèrement acides, les cerises. Ils sont aussi très appréciés pour l'ornementation des espaces paysagers, des jardins et des espaces verts urbains, comme le montrent les figures 1a et 1b (Olden & Nybom 1968 ; Burger et al. 2016).

Parmi plus d'une centaine de variétés de cerisiers acides, une quinzaine seulement est cultivée en France, dont la 'Hâtif Burlat' ou 'Burlat', la première variété de consommation, et la 'Cœur de pigeon', l'une des plus anciennes variétés de cerisiers, à la fois fertile et rustique (AOP Cerises de France 2018).

Les vergers de cerisiers ne tiennent pas une part importante de l'arboriculture fruitière française. Cela est compréhensible étant donné la courte saison de production de cerises, qui peut néanmoins s'étaler de mai à août selon les variétés. D'après un recensement agricole effectué en 2010 en France métropolitaine par l'Agreste, les vergers de cerisiers occupaient 6% de la superficie totale dédiée à l'arboriculture fruitière, soit 10270 hectares, contre 27% pour les



**Figures 1a & 1b.** Cerisiers utilisés pour l'ornementation des espaces verts de la ville d'Angers (1a) en Maine-et-Loire (49) et pour la production fruitière d'un jardin de particulier à Matougues (1b) dans la Marne (51)  
(Source : Lérault 2018)

vergers de pommiers, soit 43770 hectares (Agreste 2013).

L'espace dédié aux cerisiers est cependant lié à la région productrice : celle-ci s'incline face aux vergers de pommiers dans le nord-ouest de la France, alors que la tendance peut s'inverser dans le sud. Mais généralement, les producteurs de jeunes plants de cerisiers accordent moins d'un tiers de leur surface à cette culture, et consacrent le reste à d'autres arbres fruitiers (Agreste 2013).

La figure 2 résume les grandes étapes de l'itinéraire technique de jeunes plants de cerisiers. Après obtention des porte-greffes par bouturage ou marcottage (très rarement par semis), ceux-ci sont plantés l'année précédant la greffe. Celle-ci est effectuée vers le mois d'août, en écusson, en chip-budding, ou d'une autre manière. Selon les conditions de prise de greffe (climatiques et autres), le porte-greffe est rabattu 15 jours plus tard pour laisser environ 50 cm de végétation. En février de l'année suivante s'exécutent un rabotage mécanique puis un sevrage avant le tuteurage. Les jeunes cerisiers sont alors prêts à la vente en pépinière. Tout au long de cet itinéraire cultural, des désherbages mécaniques et des traitements phytosanitaires sont effectués, qui dépendent de la région de production et du pépiniériste. Si un traitement insecticide est appliqué, il s'agit souvent de produits à large spectre d'actions, visant à la fois les pucerons, les chenilles, et autres arthropodes ou mollusques (limaces) nuisibles (*d'après un entretien téléphonique avec les pépinières Chargé, situées dans le Maine-et-Loire*).

Pour réussir à obtenir des jeunes plants commercialisables, c'est-à-dire prêts à être transplantés en verger ou dans un jardin, il faut un contrôle régulier des ravageurs et pathogènes. La connaissance de ces derniers est importante pour un diagnostic juste et pour choisir la méthode de contrôle la plus adaptée.

## I.B. Les ravageurs et pathogènes des jeunes plants de cerisiers

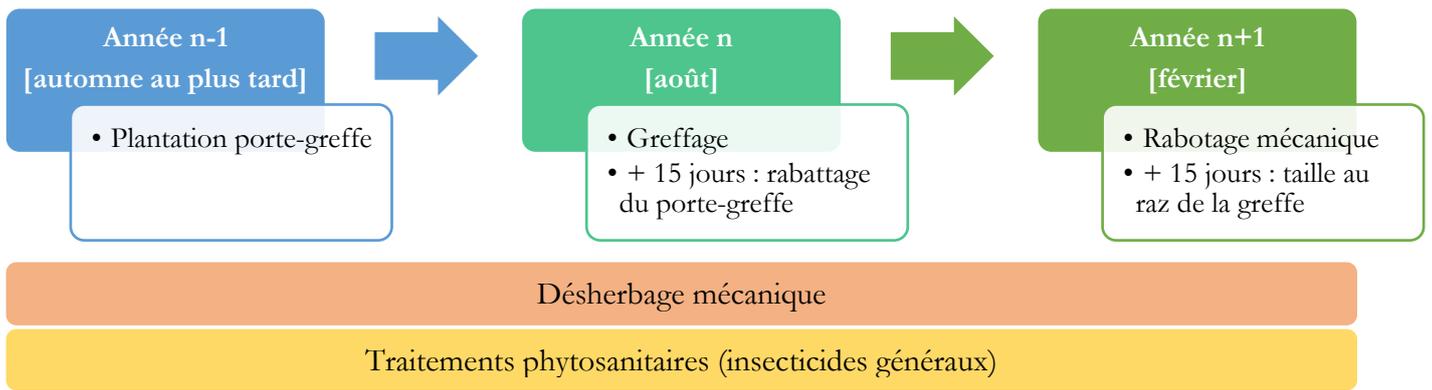
Comme beaucoup d'arbres fruitiers, les cerisiers sont une culture pérenne. En verger, si des ennemis entravent leur croissance, leur fructification, ou même leur vie, cela se répercutera économiquement sur plusieurs années pour le producteur. Il est primordial que ce dernier démarre son verger avec des plantes saines. Ce constat s'applique tout aussi bien aux particuliers.

Les insectes considérés comme des ravageurs sérieux en verger de cerisiers qui s'attaquent aux cerises comme les mouches *Rhagoletis cerasi* L. [Diptera : Tephritidae] ou *Drosophila suzukii* Matsumura [Diptera : Drosophilidae] ne sont pas considérés dans cette étude car ils ne posent pas de problème pour les jeunes plants (Bolda et al. 2010 ; Daniel & Grunder 2012).

Certains pathogènes, comme le chancre bactérien *Pseudomonas syringae* pv. *morsprunorum*, pour lequel les jeunes cerisiers sont particulièrement sensibles, causent des dégâts importants : dépérissement des fleurs, taches nécrotiques sur les feuilles, nécrose des apex entiers, chancre du tronc... pouvant mener à un taux de mortalité conséquent, donc à une baisse de rendement (Kenelly et al. 2007 ; Lillrose et al. 2013).

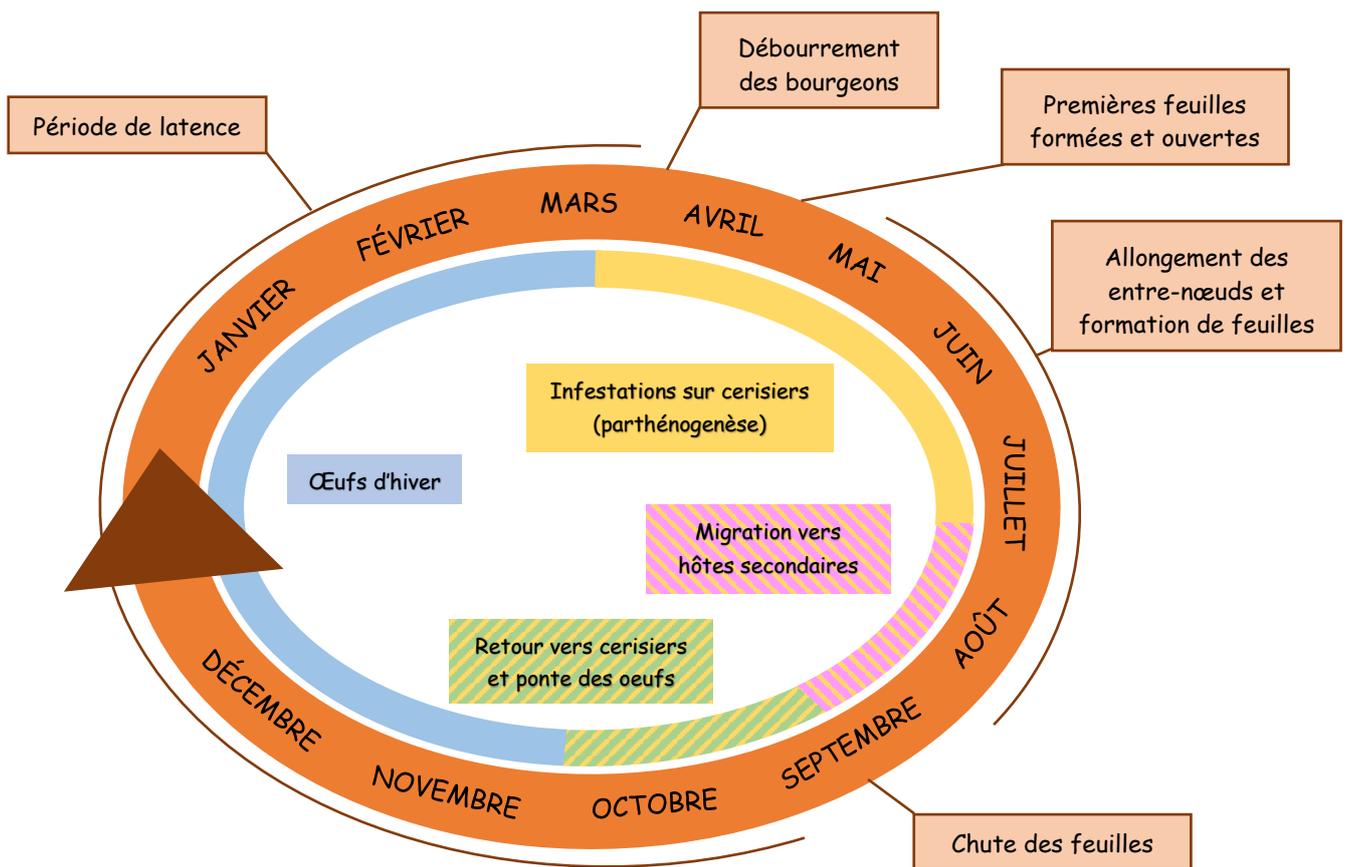
Néanmoins, les plus récurrents destructeurs du système foliaire des jeunes cerisiers sont des ravageurs phytophages classés dans divers ordres d'arthropodes. Parmi les lépidoptères, certaines chenilles mineuses de feuilles comme *Lyonetia clerkella* L. [Lepidoptera : Lyonetiidae] sont craintes par les producteurs (INRA 2018a), de même que des défoliatrices comme la laineuse du cerisier *Eriogaster lanestris* L. [Lepidoptera : Lasiocampidae], dévorant les feuilles en groupes (INPN 2017). Une espèce d'acariens exploitant la sève des cerisiers est *Panonychus ulmi* Koch [Arachnida : Acari : Tetranychidae] : ses dégâts sur les apex peuvent avoir un impact économique important, et sa polyphagie le rend menaçant si les cerisiers sont en association avec d'autres arbres fruitiers comme les pommiers (Curthbertson & Murchie 2010).

Ceux qui comptent parmi les plus problématiques des ravageurs sont les pucerons. L'espèce la plus récurrente sur les cerisiers est le puceron noir du cerisier *Myzus cerasi* Fabricius [Hemiptera : Aphididae] (Wimshurst 1925), piqueur-suceur de sève et responsable principal de l'utilisation répétée de traitements phytosanitaires insecticides en culture de cerisiers.



**Figure 2.** Schématisation des opérations culturales réalisées par les pépiniéristes pour l'obtention de jeunes plants de cerisiers

(Source : entretien téléphonique avec les Pépinières Chargé (49) 2018)



**Figure 3.** Cycle d'infestation sur une saison de *Myzus cerasi* (à l'intérieur de l'ellipse de temps) mis en relation au cycle des jeunes cerisiers (à l'extérieur de l'ellipse de temps)

(Sources : adapté en schéma d'après Gilmore 1960 et INRA 2018b)

## I.C. Le puceron noir du cerisier *Myzus cerasi*

---

*Myzus cerasi* fait partie de la famille des Aphididae, qui regroupe de nombreuses espèces de pucerons ravageurs, dont le tristement célèbre puceron vert du pêcher *Myzus persicae* Sulzer, extrêmement polyphage et problématique sur les cultures du monde entier (Van Emden 1969).

*Myzus cerasi* est holocyclique (alternance de la reproduction asexuée par parthénogenèse et de la reproduction sexuée donnant les œufs d'hiver) et diœcique facultatif (possibilité d'alternance de deux plantes-hôtes au cours de l'année). Ses hôtes primaires, qui accueillent les œufs, sont les cerisiers, les merisiers et leurs hybrides. Les hôtes secondaires, les plantes d'été, sont des plantes herbacées comme les gaillets (*Galium* sp.), les véroniques (*Veronica* sp.) et les aspérules (*Asperula* sp.). En France, ces plantes sont naturellement présentes sur l'ensemble du territoire, aussi *M. cerasi* sévit généralement chaque année (Gilmore 1960 ; INRA 2018b). Un résumé de son cycle de vie ajusté au développement des jeunes cerisiers est schématisé en figure 3. L'espèce passe l'hiver sous la forme d'œufs résistants au froid : de taille réduite et souvent très difficiles à voir, ils sont pondus à l'abri sur le tronc, les branches ou à l'aisselle des bourgeons. Les premières émergences suivies des premières colonies d'aptères arrivent assez tôt au printemps vers mars-avril (figure 4a). Il y a d'abord reproduction asexuée par parthénogenèse. Si les colonies deviennent trop importantes, des pucerons ailés (figure 4b) peuvent s'envoler vers de nouveaux hôtes sains. Au début de l'été, vers juin-juillet, l'envol des ailés permet la migration vers les hôtes secondaires. Cette migration est déclenchée, entre autres, par l'arrêt de croissance des cerisiers et donc du flux de sève, pendant l'été (Kennedy & Stroyan 1959). Le retour aux hôtes primaires se fait à l'automne, période pendant laquelle il y a reproduction sexuée. La ponte des œufs a lieu juste avant l'hiver (INRA 2018b).

Partout où il se trouve, *M. cerasi* est considéré comme l'un des ravageurs les plus problématiques en culture de cerisiers, en particulier de jeunes plants. Les symptômes et dégâts engendrés par ce puceron sont multiples. Le principal est l'enroulement et l'affaiblissement des jeunes pousses et le nanisme des tiges faisant suite à la succion de la sève élaborée (figure 5a), qui peut aussi mener au développement de fumagine. La fumagine regroupe des champignons se développant lorsqu'il y a présence de miellat sur la surface des feuilles (figure 5b) : ils créent un voile noir limitant la photosynthèse (Nelson 2008). De plus, les gouttes de miellat excrétées par les pucerons brûlent le limbe des feuilles qui finit par se crispier. Des taches nécrotiques sont parfois observées sur les feuilles présentant une forte densité de pucerons (figure 5c).

*M. cerasi* n'est pas connu pour être vecteur de virus en conditions naturelles. Cependant, une étude a montré qu'il pouvait transmettre un virus en conditions de laboratoire sur une espèce autre que le cerisier (Katis et al. 2006).

Des études de sélection variétale ayant comparé différents hybrides et variétés de cerisiers sur plusieurs critères, dont la sensibilité à *M. cerasi* par l'observation des dégâts sur feuilles, n'ont pas retenu de différence notable (Santi et al. 1998 ; Koblíha 2002), ce qui semble indiquer que le puceron attaque indifféremment les variétés de cerisiers quelles qu'elles soient.

En plus des mesures prophylactiques, il est recommandé d'opérer une méthode de lutte contre *Myzus cerasi* à partir de seulement 3% de branches infestées par plant, du fait de sa forte vitesse de multiplication (Malavolta et al. 1995).

## I.D. Les moyens de lutte actuels

---

À l'heure actuelle, la lutte contre *M. cerasi* passe essentiellement par les traitements chimiques, que ce soit en agriculture conventionnelle ou en agriculture biologique. Jusqu'au 1<sup>er</sup> septembre 2018, huit molécules chimiques étaient disponibles pour lutter contre *M. cerasi* en système conventionnel, dont le thiaclopride, qui fait partie des néonicotinoïdes et agit en



**Figures 4a & 4b.** Une des premières colonies de *Myzus cerasi* à la fin du mois d'avril sous une feuille de cerisier (4a) et apparition d'une forme ailée du puceron (entourée en rouge) à la fin du printemps (4b)  
 (Sources : Lérault 2018)



**Figures 5a, 5b & 5c.** Symptômes liés à l'infestation de *M. cerasi* : enrroulement des feuilles (5a), recouvrement de la surface foliaire par du miellat (5b), et taches nécrotiques sur feuilles (5c)  
 (Source : Lérault 2018)

neutralisant le système nerveux du puceron. Mais l'usage des néonicotinoïdes étant désormais interdit, la liste des produits de traitement phytosanitaire s'amenuise, de même que les modes d'action. Parmi les substances actives toujours disponibles se trouve le tau-fluvalinate, qui agit par contact et par ingestion et que l'on retrouve par exemple dans le produit Talita©, commercialisé par Adama France SAS (Baudet & Pringard 2018). En biocontrôle, peu de substances naturelles sont autorisées : c'est le cas des pyréthrinés et de l'huile de colza (Charbonnier et al. 2018). Ces produits ne sont pas spécifiques au puceron du cerisier, ni même au groupe des pucerons, ce qui est utile pour traiter contre plusieurs ravageurs en même temps, mais risqué car ils peuvent nuire aux insectes utiles aux cultures (prédateurs, parasitoïdes, pollinisateurs). De plus, leur efficacité parfois faible ne permet pas toujours un contrôle efficace aux doses recommandées, et génère une insatisfaction des producteurs. Les solutions chimiques pour lutter contre le puceron sont donc de moins en moins nombreuses.

Bien qu'ils n'entrent pas dans le contexte de cette étude, il faut savoir que certains microorganismes font partie des ennemis naturels des pucerons. Certains endophytes des plantes comme *Acremonium* sp. parasitent les pucerons et se révèlent efficaces pour leur contrôle (Breen 1994 ; Patil et al. 2011). D'autres endophytes produisent des substances toxiques qui dissuadent les pucerons de piquer la plante, par des mécanismes encore mal compris (Selosse et al. 2004). Les entomophytales sont connues pour engendrer des mycoses et tuer les pucerons, parfois dès l'apparition des premières colonies (Reboulet 1999). Leur efficacité est cependant très dépendante des conditions climatiques, car elles ont besoin d'humidité.

Le puceron *Myzus cerasi* est omniprésent sur le territoire français, d'où la nécessité d'élaborer des stratégies de lutte efficaces comme alternatives à la lutte chimique. Pour cela, utiliser et renforcer les armes biologiques que la nature possède déjà en faveur de la protection des cultures, autrement dit faire de la lutte biologique, est possible. La lutte biologique s'applique à la protection des vergers, dont les cerisiers. Et en effet, les pucerons possèdent de nombreux ennemis, rangés dans deux catégories distinctes : les parasitoïdes et les prédateurs.

## I.E. Les parasitoïdes du puceron noir du cerisier

---

Les parasitoïdes sont des insectes diptères et hyménoptères, dont le cycle de vie est assez bien connu. Les grandes lignes de leur cycle biologique sont les suivantes : la femelle pond ses œufs à la surface ou à l'intérieur de l'hôte, qu'elle soit fécondée ou non. La larve se développe en consommant l'hôte, qui meurt systématiquement. Une fois le stade adulte atteint, les parasitoïdes cherchent à se reproduire et un nouveau cycle commence (Godfray 1994).

Les parasitoïdes ont déjà fait leurs preuves en tant qu'agents de lutte biologique dans de nombreuses cultures attaquées par des pucerons : le taux de parasitisme, lors de fortes infestations, peut atteindre 99%, ce qui entraîne l'effondrement de la population du ravageur (Boyer et al. 2017). De nombreuses espèces de parasitoïdes sont disponibles dans le commerce pour lutter contre les pucerons. Les hyménoptères parasitoïdes primaires connus pour s'attaquer à *M. cerasi* en Europe appartiennent à la famille des Braconidae, plus précisément aux genres *Ephedrus* (dont *Ephedrus cerasicola* Stary, *Ephedrus persicae* Froggatt), *Aphidius* (*Aphidius colemani* Viereck, *Aphidius matricariae* Haliday), *Lysiphlebus* (*Lysiphlebus fabarum* Marshall) et *Lipolexis* (*Lipolexis gracilis* Förster) (Kavallieratos et al. 2001 ; Rakhshani 2012 ; INRA 2017). Plusieurs de ces hyménoptères sont présents spontanément en France, mais aucune étude sur l'efficacité du parasitisme sur le contrôle de *M. cerasi* n'a encore été faite.

Les parasitoïdes primaires sont eux-mêmes parasités par des parasitoïdes dits secondaires durant l'été, ce qui peut fortement réduire leur potentiel régulateur. L'espèce *Dendrocercus carpenteri* Curtis [Hymenoptera : Megaspilidae] a notamment été observée par le passé sur certains des hyménoptères cités ci-dessus (Wimshurst 1925).

Les parasitoïdes sont assez sensibles aux produits phytosanitaires, ce qui rend peu compatible leur utilisation avec des traitements chimiques (Häni et al. 2004). D'autre part, l'absence



d'hôtes alternatifs ou encore les relations de spécificité ou de race peuvent être la cause d'échec dans le maintien des populations au sein d'une culture (Stiling 1993).

L'autre catégorie d'auxiliaires contre les pucerons rassemble les auxiliaires prédateurs, qui peuvent avoir un effet non négligeable sur la régulation de leur population.

## I.F. Les prédateurs des pucerons

En plus de certains animaux comme des rongeurs, des oiseaux et des chauves-souris qui ne seront pas abordés dans cette étude, plus de neuf ordres parmi les insectes comportent des espèces prédatrices d'insectes, les principaux étant les Diptères, les Coléoptères, les Hyménoptères et les Hémiptères (Boivin 2001 ; Coppel & Mertins 2012). La prédation se fait par plusieurs stades de développement, ce qui est le cas des larves et des adultes de coccinelles, ou uniquement du stade larvaire pour les syrphes, les chamaemyiides et les cécidomyies. Les prédateurs présentent certains attraits pour la lutte contre les pucerons : comme les parasitoïdes, ils peuvent être présents spontanément dans l'environnement considéré, et sont très diversifiés en termes de comportement et de période de prédation (Boyer et al. 2017). De plus, les prédateurs ne sont généralement pas spécifiques d'une espèce ou même d'un type de proies, même s'il peut y avoir des préférences (Strand & Obrycki 1996).

Les prédateurs dits « généralistes » se distinguent des prédateurs dits « de foyer » par leur écologie.

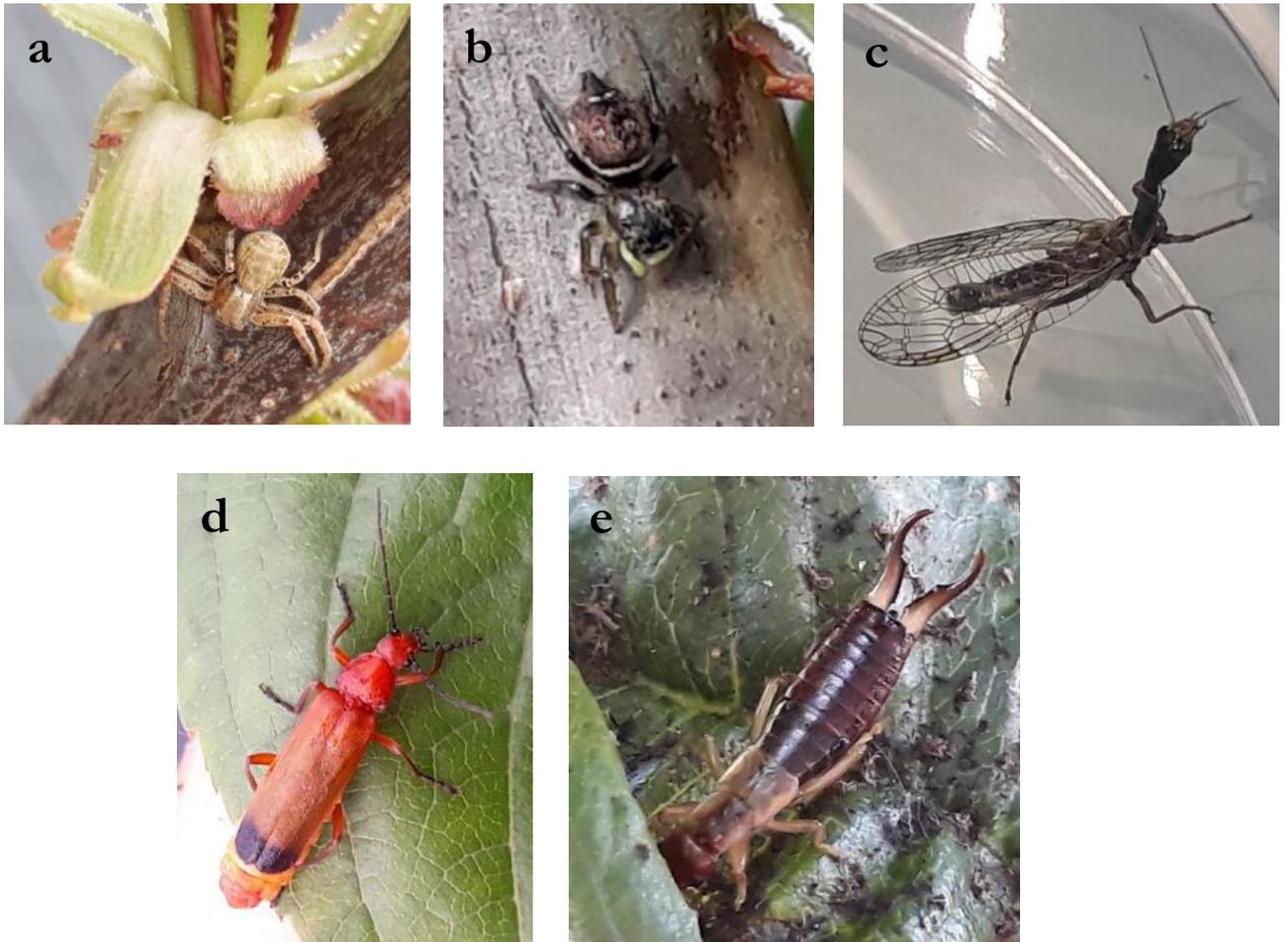
### I.F.1. Les prédateurs généralistes

Cette appellation englobe une grande diversité d'arthropodes comme les araignées [Araneae], les forficules [Dermaptera : Forficulidae], certaines punaises prédatrices [Hemiptera : familles Miridae et Reduviidae], les raphidies [Raphidioptera], certains staphylins [Coleoptera : Staphylinidae], certains carabes [Coleoptera : Carabidae] et d'autres espèces polyphages comme le téléphore fauve *Rhagozycha fulva* Scopoli [Coleoptera : Cantharidae] (Miñarro et Dapena 2001). Les figures 6 en illustrent quelques-uns. Leurs modes de vie sont variés : certains prédateurs généralistes sont plutôt territoriaux et solitaires comme les araignées sauteuses (famille des Salticidae), d'autres peuvent vivre en groupes familiaux comme les forficules (Greene et al. 1987 ; Kölliker 2007). Certains prédateurs peuvent être sédentaires : c'est le cas des araignées qui tissent leur toile en attendant de piéger des proies (Marc et al. 1999). D'autres parcourent de longues distances à leur recherche comme les carabes ou les araignées de la famille Anyphaenidae qui chassent à course (Baars 1979 ; Riechert & Lockley 1984 ; Marc et al. 1999).

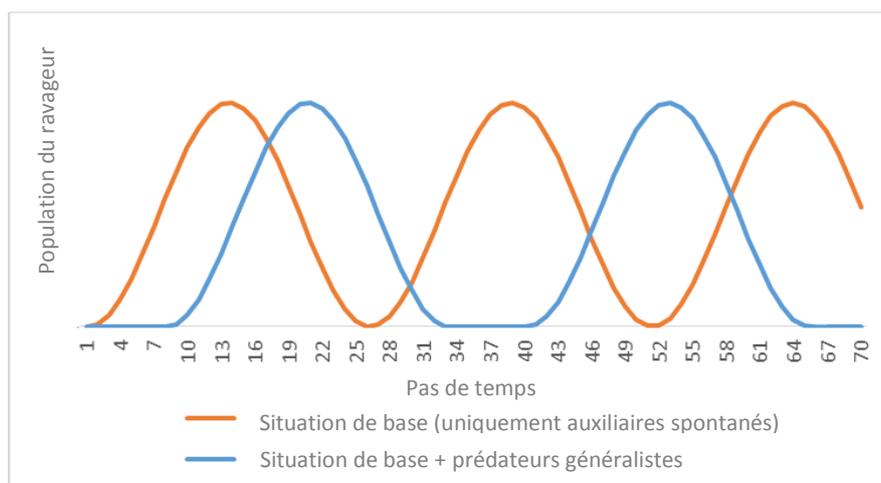
Les prédateurs généralistes se révèlent efficaces s'ils sont présents lors de l'apparition des premiers pucerons pour retarder leur implantation, mais ne sont d'aucune aide en cas de fortes pullulations. Leur comportement de prédation est indépendant de la disponibilité en proies. La prédation par ce groupe a un effet théorique sur la fréquence des infestations, pas sur leur intensité, comme le montre la figure 7. Pour réduire l'intensité des attaques, les prédateurs de foyer sont les mieux adaptés.

### I.F.2. Les prédateurs de foyer

Parmi ces prédateurs se trouvent les coccinelles, larves et adultes, modèles d'agents de lutte biologique dont, en France, la coccinelle asiatique *Harmonia axyridis* Pallas, la coccinelle à deux points *Adalia bipunctata* L. et la coccinelle à sept points *Coccinella septempunctata* L. [Coleoptera : Coccinellidae] (Koch 2003 ; Kianpour et al. 2012 ; Boyer et al. 2017). De même, les



**Figures 6 a, b, c, d & e.** Exemples de prédateurs généralistes (sur ces photos, prédation de *M. cerasi* sur cerisiers) : une araignée Thomisidae (6a), une araignée Salticidae (6b), une raphidie (6c), un téléphore fauve (6d) et un forficule (6e)  
 (Source : Lérault 2018)



**Figure 7.** Effet théorique des prédateurs généralistes sur la fréquence d'infestation des pucerons, par rapport à une situation de base de présence d'auxiliaires spontanés (suivant le modèle de prédation Lotka-Volterra)  
 (Source : Ferre 2017)

larves de beaucoup de diptères sont des prédatrices très voraces, dont les larves de syrphes comme par exemple le syrphe ceinturé *Episyrphus balteatus* De Geer, ou des espèces des genres *Syrphus* et *Eupeodes* [Diptera : Syrphidae] (Dussaix 2013). Les larves de Chamaemyiidae et de certaines espèces de cécidomyies en font aussi partie, dont la bien connue *Aphidoletes aphidimyza* Rondani [Diptera : Cecidomyiidae] (Higashida et al. 2016). En plus d'autres taxons, les larves de chrysopes [Neuroptera : Chrysopidae] sont aussi incluses comme prédatrices de foyer (Boyer et al. 2017). Les figures 8 illustrent quelques prédateurs de cette catégorie consommant *M. cerasi* sur des cerisiers.

Ces auxiliaires sont dits « de foyer » car les adultes cherchent les fortes densités de proies pour pouvoir y pondre et permettre à leur progéniture de s'alimenter au sein des pullulations et ainsi accomplir leur cycle larvaire. Une larve de syrphe ceinturé *E. balteatus* consomme jusqu'à 12 pucerons par heure, et peut consommer 3 à 10 fois plus de pucerons la nuit que le jour (Ankersmit et al. 1986). Une adulte coccinelle asiatique *H. axyridis* peut consommer de 15 à 65 pucerons par jour en moyenne (Koch 2003).

Les prédateurs de foyer sont les plus voraces et potentiellement les plus efficaces pour le contrôle de *M. cerasi*, c'est-à-dire pour maintenir sa population en-dessous d'un seuil d'acceptabilité, en particulier lorsque la multiplication du puceron s'accélère à partir du mois de mai (Wimshurst 1925). Renforcer la présence de ces prédateurs de foyer, qui vont « nettoyer » les feuilles des colonies de pucerons, permettrait de diminuer l'intensité des pics de population de ces derniers, comme le montre la figure 9.

Généralistes ou de foyer, en combinant l'action de prédation des prédateurs de pucerons, leur potentiel de régulation pourrait se révéler suffisant pour contrôler le puceron noir du cerisier. En favorisant la présence de prédateurs de chaque catégorie à la bonne période dans la culture, c'est-à-dire les généralistes en début d'émergence et ceux de foyer pour les pullulations, l'effet combiné schématisé en figure 10 pourrait être observé : un retard dans l'installation du puceron, et un pic de population plus faible.

Encore faut-il, par des méthodes spécifiques, pouvoir favoriser la présence des ennemis naturels au sein de la culture (encourager les immigrations), et maintenir leur population (limiter les émigrations) pendant toute la durée de menace du puceron, de mars à août. Il est alors nécessaire de disposer d'un outil renforçant la lutte biologique par conservation, non pas en favorisant les auxiliaires dans l'environnement de la culture, mais directement en les attirant en son sein.

## I.G. Les plantes de service

---

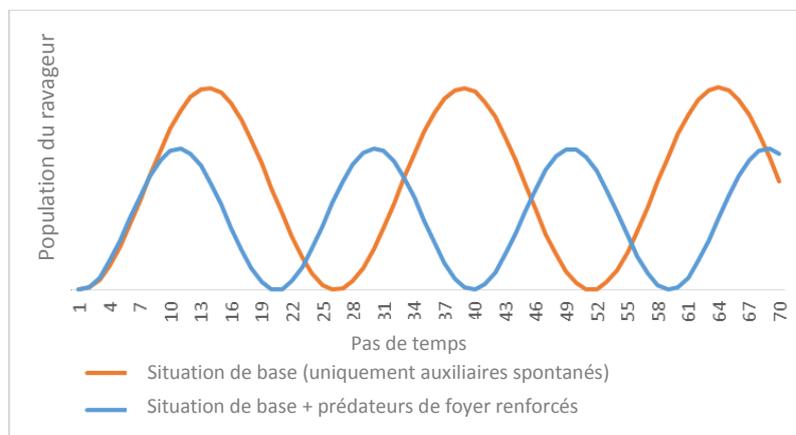
La lutte biologique par conservation consiste à favoriser les ennemis naturels spontanément présents dans l'environnement de la culture, ce qui s'obtient en formant des associations culturales ou en aménageant les bordures de parcelles (Altieri & Letourneau 1982).

Il est plus difficile d'élaborer des techniques de lutte biologique en extérieur qu'en intérieur. En système semi-fermé comme dans une serre, où l'écosystème y est simple et les facteurs environnementaux contrôlés pour la plupart, le lien entre les pullulations des ravageurs et le contrôle par les auxiliaires introduits est plus facilement mis en évidence. De plus, si les conditions sont propices à la survie des auxiliaires, il n'y aura pas d'émigrations, ou alors l'effet de celles-ci pourra être atténué par de nouvelles introductions (Frank 2010). En extérieur, tous les facteurs environnementaux non contrôlés de la culture ou des alentours peuvent influencer l'immigration et l'émigration des auxiliaires (Kruess & Tscharrnke 1994). Que ce soit les effets climatiques, les préférences de certains auxiliaires, l'effet de la composition du paysage ou la présence d'une biodiversité plus riche, le système est beaucoup plus complexe. En système monoculturel par exemple, l'absence d'abris, une faible disponibilité en ressources nectarifères (de cultures céréalières par exemple) ou une préférence d'hôte ou de proie dans le champ d'à côté peuvent être les causes d'un mauvais contrôle des ravageurs par les auxiliaires. À cela s'ajoutent

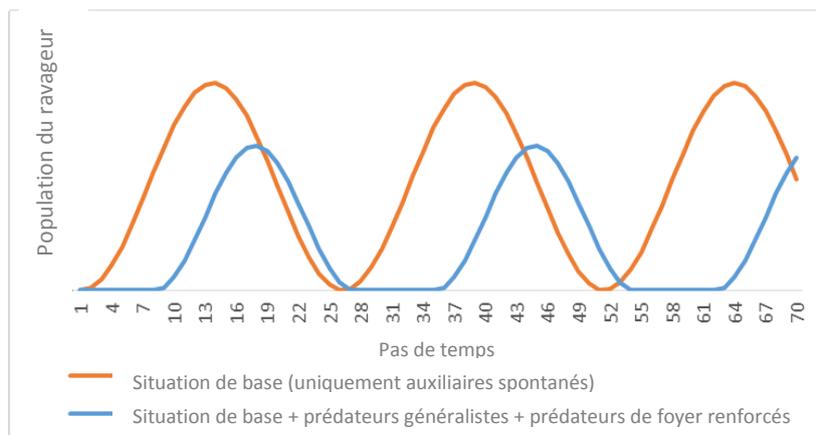


**Figures 8 a, b & c.** Exemples de prédateurs de foyer (sur ces photos, prédation de *M. cerasi* sur cerisiers) : larves de syrphes (*entourées en bleu* ; 8a), larve (*en haut à gauche*) et nymphe (*en haut à droite*) de coccinelle asiatique avec adulte coccinelle à sept points (*en bas* ; 8b) ; larves de cécidomyies prédatrices (*entourées en jaune* ; 8c)

(Source : Lérault 2018)



**Figure 9.** Effet théorique d'un renforcement des prédateurs de foyer sur l'intensité d'infestation des pucerons, par rapport à une situation de base de présence d'auxiliaires spontanés (suivant le modèle de prédation Lotka-Volterra)  
(Source : Ferre 2017)



**Figure 10.** Effet théorique combiné de l'action renforcée des deux catégories de prédateurs sur la population du puceron selon un modèle de prédation de type Lotka-Volterra, par rapport à une situation de base de présence d'auxiliaires spontanés (suivant le modèle de prédation Lotka-Volterra)  
(Source : Ferre 2017)

les pratiques agricoles comme l'application de pesticides ou le travail du sol, qui les défavorisent (Holland & Luff 2000 ; Berndt & Wratten 2005).

En culture ornementale, un outil qui permettrait de contourner ces contraintes est le recours aux plantes de service. Ce sont des plantes disposées avant ou pendant une culture, dans ou autour, et qui apportent un ou des avantage(s) à celle-ci. Ces avantages peuvent porter sur la qualité des sols ou le contrôle des bio-agresseurs (adventices, maladies ou ravageurs). Les plantes de services ne sont pas destinées à la vente (Ferre 2008). Appliqué à la protection des plantes, le type de plantes de service à utiliser dépend du ravageur ciblé (figure 11) et de la stratégie adoptée (le tableau présentant les différents types de plantes de service est disponible en Annexe I). Une plante-piège sert à attirer les ravageurs polyphages et mobiles pour les éloigner de la culture. Une plante-indicatrice, sur laquelle la présence ou l'absence du ravageur renseigne sur la nécessité ou non d'appliquer un traitement phytosanitaire, est utile pour adopter une politique de lutte chimique raisonnée. Ces deux types ne font pas intervenir d'auxiliaires.

L'utilisation de plantes de service a déjà connu plusieurs succès. Par exemple, des plants d'aubergine peuvent être utilisés comme plantes-pièges pour les aleurodes comme *Trialeurodes vaporariorum* Westwood [Hemiptera : Aleyrodidae] sur certaines cultures comme le rosier. Cette espèce d'aleurode a une nette préférence pour l'aubergine, et les adultes quittent la culture de rosiers pour se concentrer sur la plante-piège : le contrôle est alors plus facile à opérer (Ferre & Hebbinckuys 2013).

Certaines études combinent des lâchers inondatifs d'auxiliaires en début d'émergence du ravageur avec l'utilisation de plantes de service, lorsque la population d'auxiliaires n'est pas suffisamment bien maintenue pour réguler la population ravageuse de la culture. C'est le cas de la cécidomyie prédatrice *A. aphidimyza* qui, après son introduction en serre, peut se maintenir en culture d'aubergines pour lutter contre le puceron ravageur *Aphis gossypii* Glover [Hemiptera : Aphididae] en présence de plantes-relais hébergeant le puceron substitut, ici *Rhopalosiphum padi* L. [Hemiptera : Aphididae] sur des plants d'avoine (Higashida et al. 2016).

Les plantes de service ont de multiples avantages : le coût de la lutte biologique comme le lâcher d'auxiliaires peut être réduit si la plante permet de les maintenir, ou même d'en attirer des spontanés, dans la culture, en les alimentant de pucerons substitués, de nectar ou de pollen. Cette méthode alternative peut même se révéler moins chère que la lutte chimique. D'autre part, les plantes de service s'adaptent à l'itinéraire cultural établi, elles ne requièrent quasiment pas de changement de pratiques (Ferre 2016).

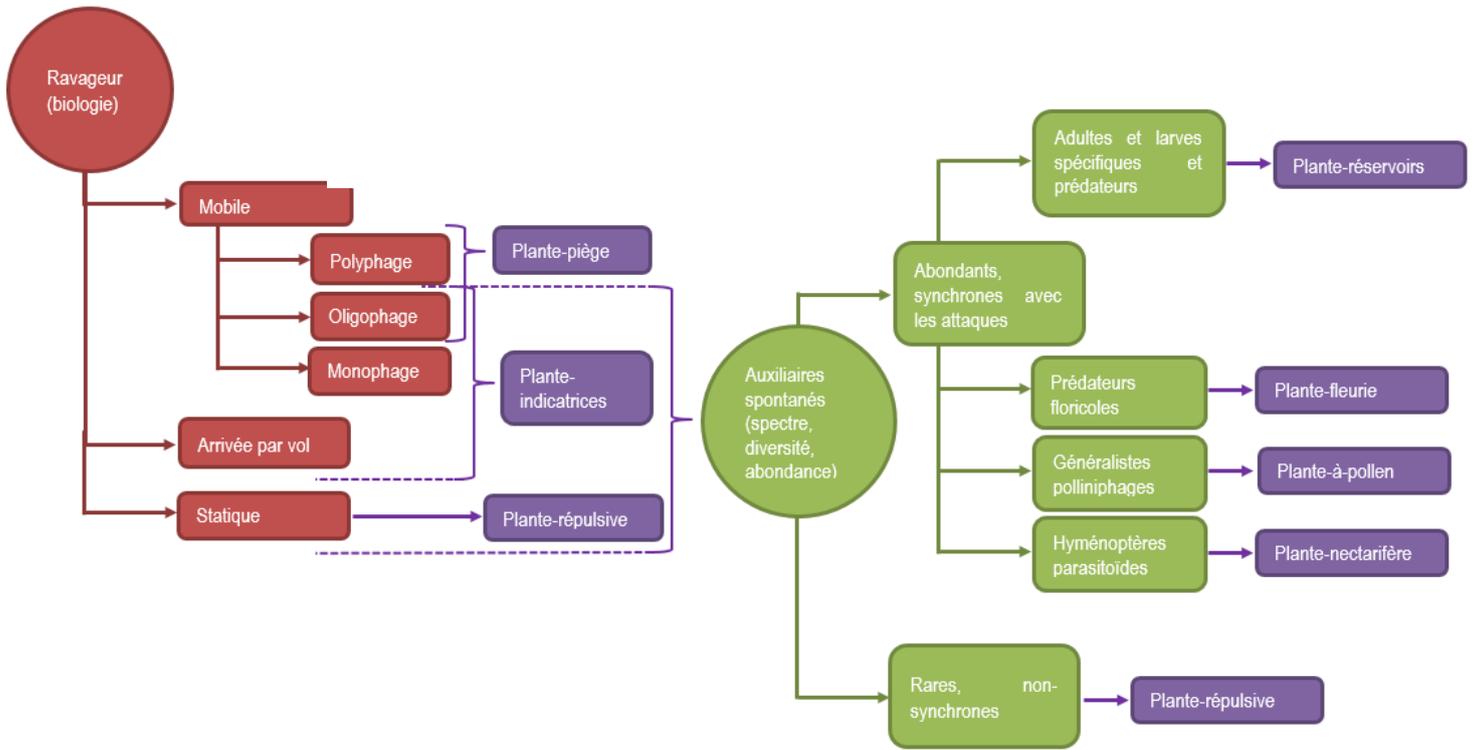
Dans le cas de *M. cerasi*, le ravageur est statique sur la culture de cerisiers, sauf à son arrivée par vol à l'automne pour la ponte. L'attraction de ses principaux auxiliaires spontanés est à privilégier dès l'émergence des œufs de pucerons fin mars. Nombreux prédateurs de foyer sont floricoles à l'état adulte (les syrphes par exemple), et les parasitoïdes adultes s'alimentent de nectar : une plante-fleurie semble être l'un des types les plus stratégiques pour les attirer dans la culture (figure 12). D'autres prédateurs fréquemment rencontrés dans les cultures sont assez polyphages mais se nourrissent exclusivement d'insectes : une plante-réservoir (= plante-relais = plante-banque) leur procurerait des proies de substitution pour maintenir leur population dans la culture, comme schématisé sur la figure 13 (Ferre 2016).

Mais, même s'ils sont présents dans la culture, l'efficacité des ennemis naturels est face à un obstacle non négligeable, dont l'impact n'est pas encore connu pour *M. cerasi* mais pourtant fréquemment observé et rapporté pour d'autres espèces de pucerons : les fourmis.

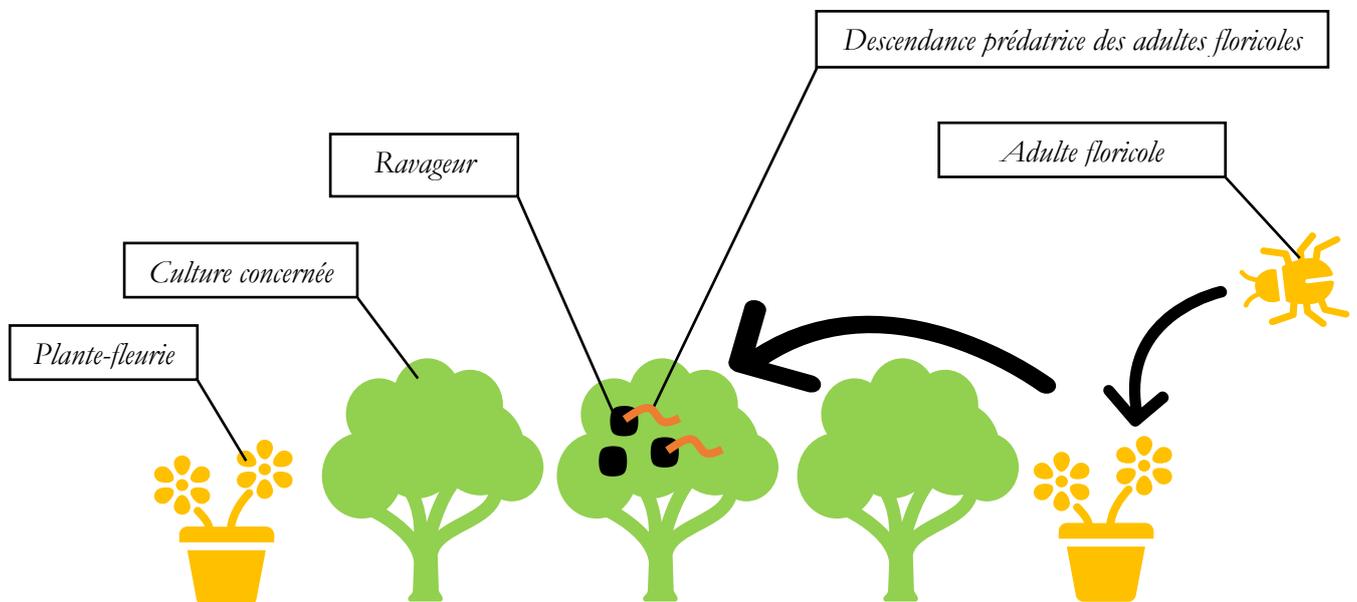
## I.H. Les fourmis et les pucerons

---

Les fourmis sont un des facteurs potentiels d'échec de la lutte biologique. Une interaction, parfois complexe, est fréquemment observée entre de nombreuses espèces de pucerons et des colonies de certaines espèces de fourmis. Dans de nombreux cas étudiés, il s'agit



**Figure 11.** Critères de l'ensemble ravageurs – auxiliaires à connaître pour la détermination du type de plante de service le plus stratégique  
(Source : Ferre 2017)



**Figure 12.** Stratégie d'utilisation d'une plante-fleurie : les fleurs attirent les adultes floricoles qui viennent s'alimenter et migrent sur la culture proche pour pondre et permettre à leur descendance de s'alimenter du puceron ravageur  
(Source : Lérault 2018)

d'un mutualisme : le miellat des pucerons nourrit les fourmis, en échange de quoi les secondes leur rendent plusieurs services. Des études ont montré qu'elles les protègent de certains prédateurs, et qu'elles nettoient le miellat des feuilles et évacuent les cadavres des colonies de pucerons pour empêcher l'apparition d'éventuels parasites, en plus de favoriser la croissance des colonies de pucerons (Nixon 1951 ; El-Ziady & Kennedy 1956 ; Takizawa & Yasuda 2006 ; Nielsen et al. 2010). Les fourmis déplacent les pucerons vers des endroits propices à la succion de sève, et les pucerons élevés par les fourmis produisent davantage de miellat (Collins & Leather 2002 ; Stadler & Dixon 2005).

Parmi les genres de fourmis connues pour établir ce type de mutualisme avec les pucerons se trouvent les genres *Lasius*, *Formica* et *Myrmica* [Hymenoptera : Formicidae]. La fourmi noire des jardins *Lasius niger* L. est l'espèce formant un mutualisme avec la plus grande diversité d'espèces de pucerons en régions tempérées (INRA 2018c). Cependant, des études montrent qu'elle peut aussi être prédatrice des pucerons, et que cette prédation varie en fonction de la disponibilité en sucres dans l'environnement, en dehors du miellat (Offenberg 2001).

Des espèces de fourmis sont fréquemment observées auprès des colonies de *M. cerasi* par les producteurs (figures 14). Une étude de l'impact du paysage autour de jeunes plants de cerisiers sur l'interaction puceron – fourmis – prédateurs a suggéré que la prédation par les syrphes et les coccinelles était plus efficace lorsque les fourmis étaient exclues des cerisiers, mais que les différents aspects du paysage autour des cerisiers (forêt, champ, prairie) n'avaient pas d'influence visible sur cette interaction (Stutz & Entling 2011).

Les fourmis, dans un contexte de lutte biologique par conservation, pourraient représenter un frein considérable à l'efficacité d'utilisation de plantes de service pour le contrôle de *M. cerasi*.

## I.I. Problématique

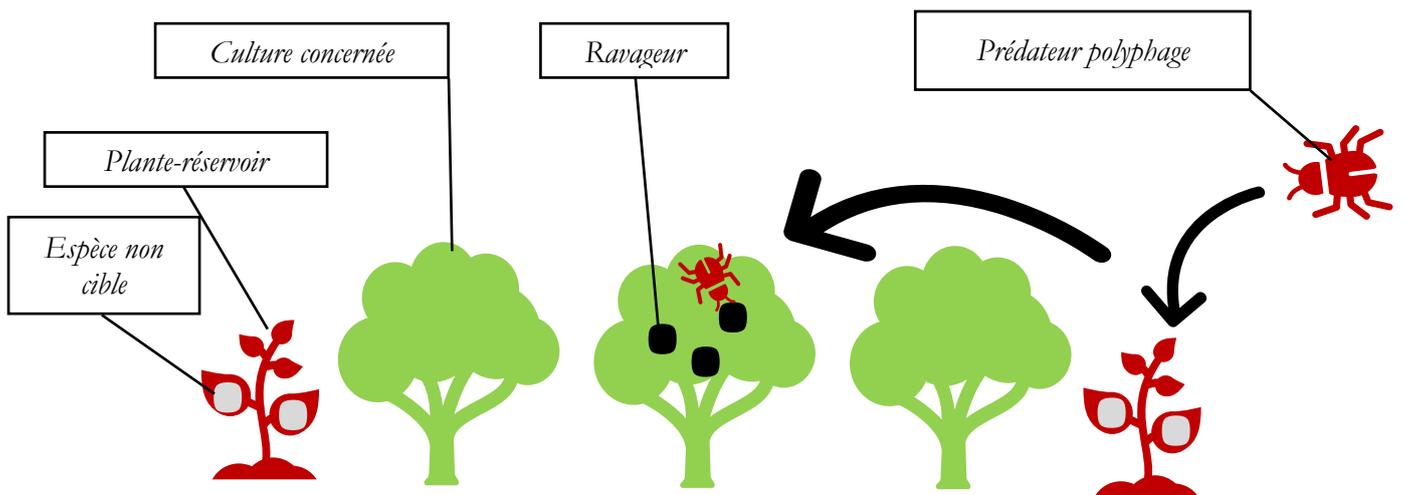
---

De toutes ces informations émerge une problématique sur laquelle s'est portée cette étude :

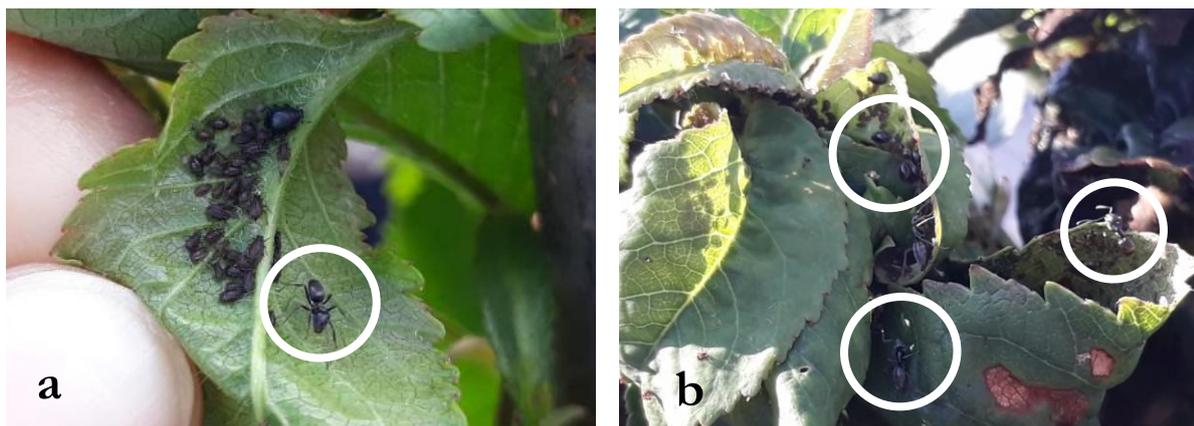
**L'utilisation de plantes de service en culture de jeunes plants de cerisiers permet-elle de contrôler le puceron noir du cerisier *Myzus cerasi* de manière à obtenir des plants commercialisables ?**

Les objectifs de cette étude sont d'observer et d'analyser les effets de la disposition de plantes de service au sein de la culture de jeunes plants de cerisiers, et ainsi pouvoir finalement proposer, si les résultats sont satisfaisants, un itinéraire technique alternatif aux producteurs réduisant ou même annulant le recours aux traitements phytosanitaires pour le contrôle de *Myzus cerasi*. Après la mise en place du dispositif expérimental, une première étape consiste à observer si ces plantes sont bien fonctionnelles et attirent les ennemis naturels du puceron ravageur cible, et s'il y a bien migration de ces derniers vers la culture. Puis, si des différences de régulation du puceron pour les cultures avec plantes de service et les cultures sans sont mises en évidence, il faut vérifier si le contrôle du puceron est le plus rapide et le plus efficace pour les cultures avec plantes de service. Enfin, il faut observer si le contrôle reste efficace jusqu'au terme de la saison. Un objectif parallèle est d'estimer l'influence des fourmis sur l'implantation du puceron, pour vérifier si leur action d'élevage pose un frein à l'efficacité des plantes de service, et si l'exclusion seule des fourmis n'est pas suffisante pour réduire la population de pucerons à un niveau acceptable, même sans plantes de service.

Une stratégie basée sur des essais passés et sur les objectifs décrits ci-dessus a été mise au point pour élaborer le dispositif expérimental de l'étude.



**Figure 13.** Stratégie d'utilisation d'une plante-réservoir : la population d'une espèce de puceron spécifique à la plante-réservoir est maintenue et offre une ressource alimentaire aux prédateurs, qui migrent vers la culture lorsque le puceron ravageur émerge/arrive et/ou pullule  
 (Source : Lérault 2018)



**Figures 14 a & b.** Fourmi ouvrière s'occupant d'une colonie de *Myzus cerasi* (14a) et fourmis en déplacement rapide autour de *Myzus cerasi* en réaction au mouvement d'un apex de cerisier (14b)  
 Les fourmis sont entourées en blanc.  
 (Source : Lérault 2018)

---

## II. CONTEXTE DE L'ÉTUDE

---

Dans cette partie sont présentés la structure d'accueil ainsi que le projet de recherche à l'origine de l'essai mis en place.

### II.A. Arexhor Pays de la Loire et les projets DIAPLASCE

---

#### II.A.1. DIAPLASCE 1 et DIAPLASCE 2

Le projet de Diagnostic Précoce et Plantes de Service en Cultures Spécialisées 2, ou DIAPLASCE 2, s'étale de 2018 à 2021, et fait suite au projet DIAPLASCE 1 datant de 2014 à 2017. DIAPLASCE 2 est financé par FranceAgriMer et le conseil régional des Pays de la Loire, et mobilise des partenaires comme la FREDON Pays de la Loire, l'Institut de Recherche en Horticulture et Semences (IRHS), une coopérative de producteur (Fleuron d'Anjou) et un pépiniériste (Pépinières Pichot). Ce projet vise la recherche de plantes de service permettant le contrôle des ravageurs en cultures ornementales ou en espaces verts. Il comprend une première étape d'élaboration de méthodes de diagnostic précoces moyennant l'utilisation de plantes-indicatrices et une deuxième étape de développement d'itinéraires techniques avec le recours aux plantes de service suivie de la diffusion de ces itinéraires. Cinq ravageurs ayant un impact économique majeur en cultures spécialisées sont visés : le puceron noir du cerisier *Myzus cerasi*, l'otiorhynque *Otiorhynchus* spp. [Coleoptera : Curculionidae] en culture de pleine terre et en espace vert, la pyrale *Duponchelia fovealis* Zeller [Lepidoptera : Crambidae], le thrips du feuillage *Heliothrips haemorrhoidalis* (Bouché) [Thysanoptera : Thripidae] et l'acarien du bambou *Schizotetranychus celarius* (Banks) [Trombidiformes : Tetranychidae] (Ferre 2017).

#### II.A.2. Résultats du projet DIAPLASCE 1 concernant *M. cerasi*

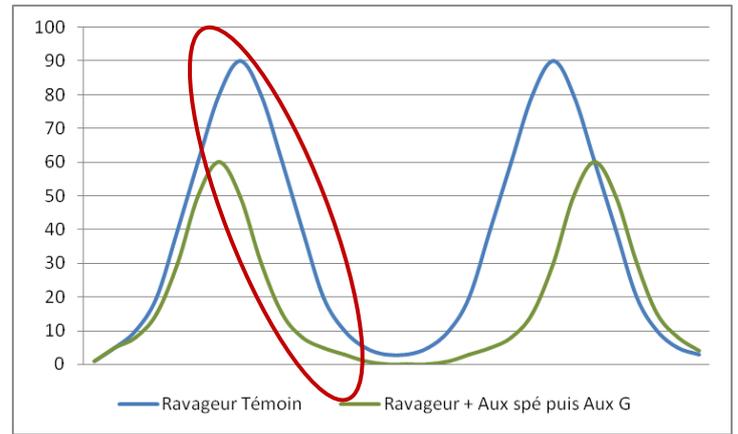
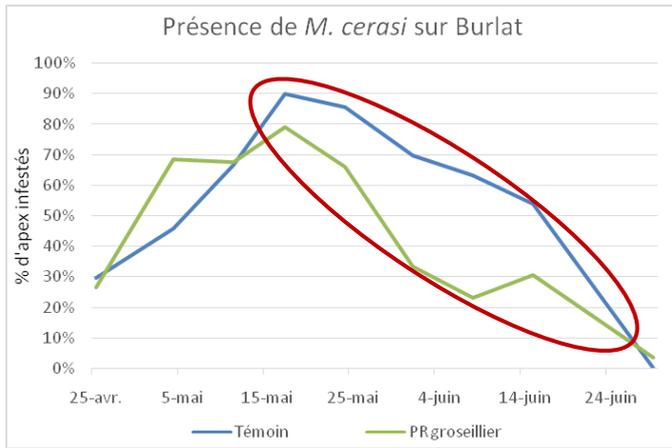
En 2017, des résultats ont été obtenus au cours du projet DIAPLASCE 1 (porteur des mêmes objectifs que DIAPLASCE 2) sur l'utilisation de plantes de service pour lutter contre *M. cerasi* : le groseillier semblait prometteur en tant que plante-réservoir. Sur une parcelle de cerisiers 'Burlat', le taux d'apex de cerisiers infestés par le puceron en présence de groseilliers dans la parcelle était plus bas que le témoin au moment du pic de population, et le pourcentage d'apex infestés par *M. cerasi* diminuait plus rapidement ensuite (figure 15). La pression de prédation semblait être plus élevée pour la parcelle avec groseilliers, car le taux d'apex « nettoyés », c'est-à-dire présentant des symptômes mais libres de pucerons, était plus élevé que le témoin au moment du pic de présence d'auxiliaires dans les parcelles (Egon 2017).

Les résultats de l'année précédente ayant été prometteurs, les acteurs du projet ont souhaité renouveler l'expérimentation en 2018 sur les cerisiers et le recours aux plantes de service.

#### II.A.3. Structure d'accueil et lieu d'expérimentation

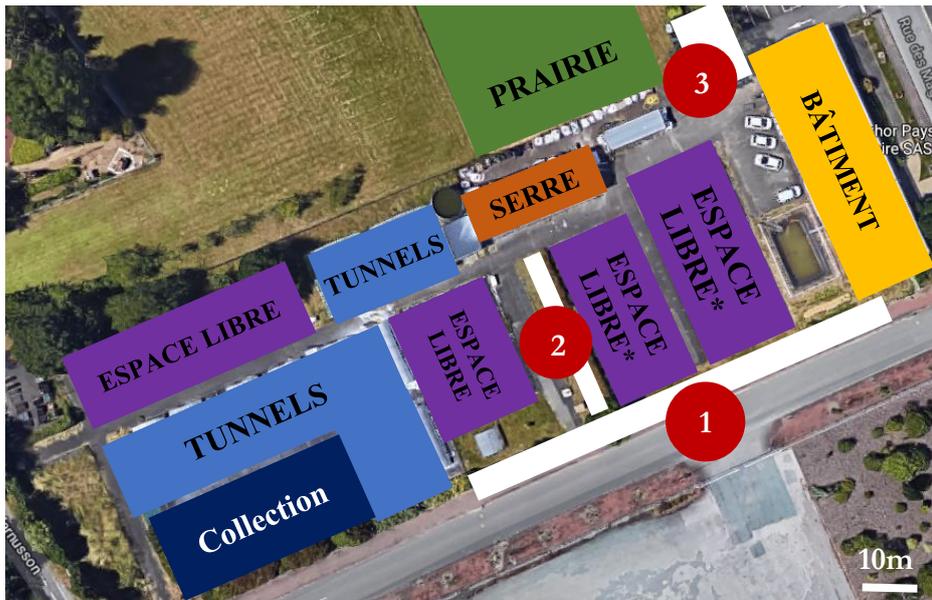
L'AREXHOR Pays de la Loire (Agence Régionale pour l'Expérimentation HORTICOLE en Pays de la Loire, abrégée APL), membre de l'Institut technique de l'horticulture ASTREDHOR (Association nationale des Structures d'Expérimentation et de Démonstration en HORTICULTURE), compte parmi ses principales thématiques la recherche et l'expérimentation sur des plantes de service pour la protection des cultures, et ce depuis 2007 (Ferre 2008).

L'institut d'expérimentation APL se situe aux Ponts-de-Cé (49), au sud d'Angers, au beau milieu de nombreuses entreprises horticoles et paysagistes. Dans son paysage proche se trouvent des pépinières et des serres cultivant une grande diversité de plantes ornementales, arbustives et



**Figure 15.** Résultats de l'essai mené en 2017 : l'effet observé (15a) de l'utilisation du groseillier comme plante-réservoir sur le pourcentage d'apex infestés par *M. cerasi* est assimilé à l'effet théorique souhaité (15b) de l'attraction des ennemis naturels selon le modèle proie-prédateur de Lotka-Volterra, en particulier le pic d'infestation et la phase de prédation qui suit. L'axe des abscisses représente le temps et l'axe des ordonnées est le même pour les deux graphiques.

(Source : Egon 2017)



| Zone n° | Espèce végétale (nom scientifique)  |
|---------|---|
| 1       | <i>Bergenia cordifolia</i> (Haw.) Sternb.<br>(à l'extrémité des bâches, à partir de début mai 2018) |
|         | <i>Clerodendron bungei</i> L.   |
|         | <i>Corylus avellana</i> L.  |
|         | <i>Hibiscus syriacus</i> L.   |
|         | <i>Hortensia macrophylla</i> Thunb.   |
|         | <i>Kerria japonica</i> L.   |
|         | <i>Mabonia aquifolium</i> (Pursh.) Nutt.  |
|         | <i>Robinia pseudoacacia</i> L.  |
|         | <i>Thymus x citriodorus</i> (Pers.) Schreb.   |
|         | <i>Thymus x citriodorus</i> (Pers.) Schreb.   |
| 1 & 2   | <i>Viburnum tinus</i> L.  |
|         | <i>Lipia nodiflora</i> (L.) Greene.   |
|         | <i>Phuopsis stylosa</i> (Trin.) Benth. & Hook.f.  |
|         | <i>Callicarpa bodinieri</i> L.  |
| 2       | <i>Eleagnus angustifolia</i> L.   |
|         | <i>Eleagnus pungens</i> Thunb.  |
|         | <i>Eleagnus umbellata</i> Thunb.  |
| 3       | <i>Lespedeza thunbergii</i> Nakai   |
|         | <i>Eucalyptus gunnii</i> Hook   |
|         | <i>Eucalyptus niphophila</i> Maiden & Blakely   |

**Figure 16.** Organisation de la station APL, avec le tableau des espèces végétales des zones 1, 2 et 3 (présentes de manière permanente si non précisé) \* : emplacement de l'essai 2018

(Source : Google Maps 2016 ; modifié par Lérault en 2018)

florales, d'extérieur et d'intérieur, ainsi que quelques vergers (pommiers) et quelques champs (Annexe II). De manière générale, à l'échelle du paysage, la diversité de l'entomofaune est favorisée avec la présence de nombreuses haies dans le paysage pouvant jouer le rôle d'abris et de cours d'eau entourés d'une végétation dense, comme l'Authion à moins de 40 mètres, mais aussi de plantes herbacées fleurissant au printemps et à l'été aux bordures des routes.

Le plan de la station (figure 16) illustre les végétaux présents de manière permanente et dans l'environnement proche du dispositif de parcelles ayant été mis en place. Il liste les espèces à proximité des parcelles étudiées (leur position sur la station est indiquée par la numérotation). Leur impact éventuel sur l'essai est abordé dans la partie VI.

---

## III. DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

---

### III.A. Stratégie adoptée pour l'essai 2018

---

L'expérimentation, visant à tester l'efficacité de plantes de service en culture de jeunes plants de cerisiers sur le contrôle du puceron noir du cerisier, s'est déroulée au sein de la station d'Arexhor Pays de la Loire.

*Myzus cerasi* étant un puceron d'émergence assez précoce dans l'année, l'idée était d'arriver, par le recours aux plantes de service, à retarder la croissance des premières colonies du puceron par l'attraction des premiers auxiliaires du printemps, et à diminuer les pics d'infestations plus tard dans la saison par les nouvelles générations d'auxiliaires (la descendance de ceux du printemps) en plus de l'arrivée de nouveaux auxiliaires d'apparition un peu plus tardive dans la saison.

En culture, la population de pucerons est régulée par la population d'auxiliaires avec des pics de populations légèrement décalés, respectivement les pucerons et les auxiliaires, selon le modèle Lotka-Volterra décrivant la dynamique de l'interaction proie-prédation de systèmes biologiques (voir les figures 7, 9 et 10 de la partie I). L'utilisation de plantes de service pour l'essai visait à réduire ce décalage et à maintenir la population de prédateurs à un niveau suffisamment élevé pendant toute la durée de présence de *M. cerasi* sur les cerisiers.

Les types de plantes de service les plus adaptés dans ce cas étaient la plante-fleurie et la plante-réservoir. La plante-fleurie ciblait l'attraction des auxiliaires floricoles (les syrphes, les chrysopes, etc.) qui, en venant butiner les fleurs, migreraient vers les cerisiers pour la ponte. La plante-réservoir visait plutôt l'attraction des auxiliaires polyphages (les coccinelles, les carabes, etc.) : l'alternance de la prédation de pucerons entre les cerisiers et les plantes de service devait permettre un équilibre des populations de prédateurs, sans les faire partir de la culture.

Un dernier objectif de cet essai était de mesurer l'impact des fourmis sur la réussite de l'itinéraire cultural faisant intervenir des plantes de service, par leur interaction généralement positive sur les pucerons, ici *M. cerasi*.

Quatre modalités ont donc été testées : une modalité plante-fleurie (PF), une modalité plante-réservoir (PR), une modalité avec exclusion des fourmis sur les cerisiers ('Sans fourmis'), et un témoin non traité (TNT).

### III.B. Choix des plantes de service

---

#### III.B.1. Modalité plantes-fleuries PF

Pour couvrir toute la saison d'infestation par *M. cerasi*, l'idéal était une plante à floraison très étalée. Mais rares sont les plantes qui fleurissent de mars à août et qui sont potentiellement fortement attractives pour les auxiliaires floricoles. Une solution était donc de combiner une plante-fleurie à floraison précoce avec une autre plante-fleurie à floraison plus tardive.



Peu de plantes à floraison assez précoce et potentiellement efficaces comme plante-fleurie étaient disponibles sur le marché au moment de l'obtention (mars 2018). La recherche s'est portée sur des plantes déjà en fleurs en mars, avec des fleurs de préférence de couleur jaune ou blanche et nectarifères. Bien qu'il n'existe que peu d'études portant sur l'attraction d'auxiliaires floricoles par la famille des Euphorbiaceae dans la littérature, certaines recherches ont mis en évidence l'attraction de Syrphidae par des euphorbes, notamment Ehrenfeld (1979), Lokar et al. (1986), Meeuse et al. (1989) et Ebejer & Bensusan (2010). Ainsi, le choix des premières plantes-fleuries s'est porté sur deux espèces d'euphorbes : *Euphorbia* x 'Ascot rainbow' et *Euphorbia epithymoides* L. (figures 17a et 17b). La première était déjà en floraison lors de la mise en place en mars, et ses nombreuses petites fleurs jaunes ont duré jusque fin juin. La seconde était au stade pré-floraison lors de l'achat, et ses grandes fleurs jaunes et plates sont apparues fin mars et ont duré jusque mi-mai.

Parmi les plantes dont l'attraction d'auxiliaires floricoles avait déjà été mise en évidence par l'APL lors d'études précédentes se trouvait la potentille arbustive *Potentilla fruticosa* L. variété 'Gold finger'. Elle attirait particulièrement les syrphes, les punaises du genre *Orius* et les chrysopes (Ferre 2014). La potentille arbustive fleurit assez tardivement, à partir de juin. Elle a donc été retenue et utilisée comme plante-fleurie pour remplacer les euphorbes lors de l'essai à partir du 16/07/2018, en pleine période de sa floraison. Elle donne de nombreuses fleurs jaunes et la floraison dure assez longtemps (figure 17c).

### III.B.2. Modalité plante-réservoir PR

La plante-réservoir a été suggérée par les résultats intéressants de l'essai en 2017, en plus de tests de comparaison d'attraction de différentes plantes, réalisés par l'APL les années précédentes : le groseillier, *Ribes rubrum* L. (famille des Grossulariacées), était le meilleur candidat (figure 18a). Le groseillier est l'hôte de deux espèces de pucerons, *Cryptomyzus ribis* L. qui lui est spécifique, et *Aphis schneideri* Börner qui colonise aussi les cassissiers [Hemiptera : Aphididae]. Ces pucerons n'ont jamais été observés sur le cerisier. Des colonies de ces pucerons sont visibles sur les groseilliers dès le mois d'avril (figure 18b). Les groseilliers, et surtout les deux espèces de pucerons substitués, se sont révélés particulièrement attractifs pour les coccinelles et les chrysopes (Ferre 2014).

Un frein potentiel d'utilisation du groseillier comme plante-réservoir est le parasitisme de *C. ribis* par un parasitoïde primaire strictement spécifique à cette espèce : *Aphidius ribis* Haliday [Hymenoptera : Braconidae]. Si le taux de parasitisme de ce dernier était trop important, le rôle de plante-réservoir du groseillier serait atténué. Ce parasitisme a donc été surveillé pendant l'essai.

## III.C. Mise en place des modalités

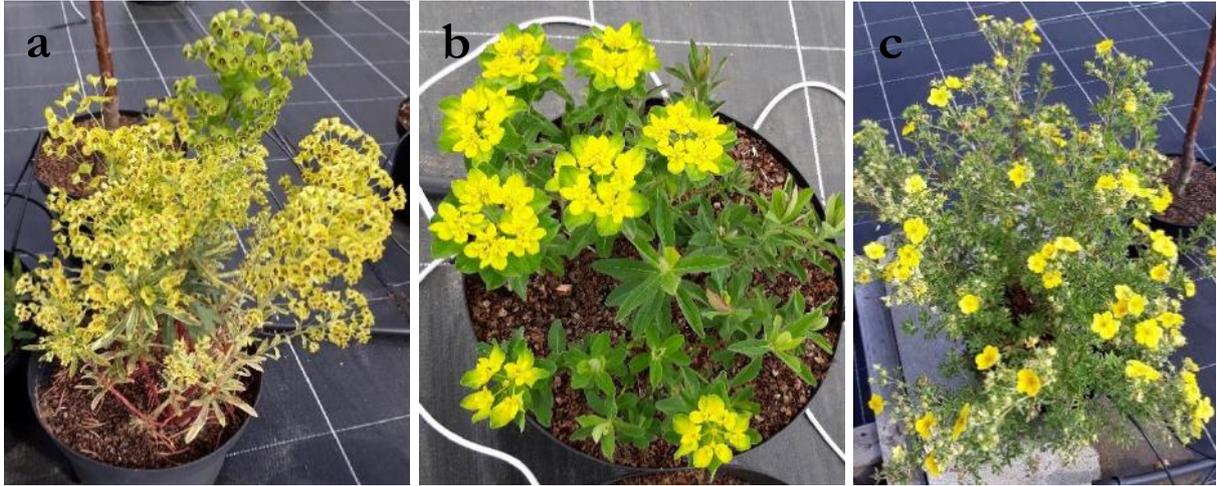
---

### III.C.1. Matériel végétal et entretien : cerisiers et plantes de service

Deux cents scions de cerisiers de la variété 'Cœur de Pigeon' (porte-greffe du genre *Prunus*) ont été achetés auprès des pépinières Chargé (49). L'APL les a récupérés en février 2018, à la suite de quoi ils ont été rempotés au tout début du mois de mars dans des conteneurs de 10L avec du terreau conteneur-goutteur (assez drainant), et comme fertilisation du 16-8-12+2 (Basacote© de Compo Expert). Lors du rempotage, les racines ont été taillées, et de la cosse de sarrasin a été répartie par-dessus le terreau comme paillage, pour bloquer l'émergence d'adventices. Les cerisiers mesuraient en moyenne 1,20 mètres. Les pots ont été placés à l'extérieur, regroupés tous ensemble, jusqu'à la mise en place de l'essai.

Les euphorbes ont été achetées en mars 2018 ; les groseilliers et les potentilles arbustives étaient déjà présents à l'APL. Toutes les plantes de service ont été inspectées avant leur mise en place dans les parcelles de cerisiers, et les éventuels auxiliaires présents dessus, quel que soit leur stade de développement, étaient retirés.

Après la mise en place des parcelles de cerisiers, l'arrosage de toutes les plantes était assuré par les précipitations en début d'essai. Puis, une programmation automatique des goutteurs à partir du 10/05/2018 avec un débit de 4L/h est venu compléter l'arrosage naturel. Un apport d'eau à



**Figures 17 a, b & c.** Plantes-fleuries utilisées pour l'essai : *Euphorbia* x 'Ascot rainbow' (17a), *Euphorbia epithymoides* (17b) et *Potentilla fruticosa* 'Gold finger' (17c)  
(Source : Lérault 2018)



**Figures 18 a & b.** Plante-réservoir utilisée pour l'essai, le groseillier *R. rubrum* (18a) ; colonies de pucerons *C. ribis* (à gauche) et *A. schneideri* (à droite) sous une feuille de groseillier (18b)  
(Source : Lérault 2018)

l'arrosoir était parfois opéré sur les plantes de service lors de fortes chaleurs. La programmation était modifiée en fonction de la température extérieure, de la pesée des pots et de l'aspect visuel du système foliaire des cerisiers (ajout ou retrait de minutes d'arrosage supplémentaires).

Les cerisiers n'ont pas reçu de nouvelle fertilisation après leur rempotage. Les plantes de service ont été fertilisées une fois pour les euphorbes et deux fois pour les groseilliers.

Aucun traitement n'a été appliqué. Une infestation croissante de chenilles tordeuses a été éliminée manuellement à partir du mois de mai. De manière générale, toutes les chenilles observées sur les cerisiers étaient éliminées des parcelles pour ne pas compromettre l'observation des symptômes liés à *Myzus cerasi* sur les apex des cerisiers.

L'exclusion des fourmis a d'abord été réalisée en utilisant de la poudre de diatomée pour encercler la base de chaque tronc de cerisier de la parcelle concernée. L'exclusion a marché au début, mais des fourmis ont quand même réussi à passer. Ainsi, l'ajout au pinceau d'une bande de glu arboricole (disponible en pépinières) large de 10 à 20cm autour de chaque tronc (à environ 1 mètre de hauteur) est venu compléter la poudre pour l'exclusion à partir du 16/05/2018. La glu était renouvelée tous les mois, plus fréquemment si jamais une fourmi était observée sur un cerisier. L'exclusion des fourmis observée a été totale après l'ajout de ces bandes engluées.

### III.C.2. Disposition des parcelles de cerisiers et des plantes de service

Quatre parcelles de 50 cerisiers chacune ont été disposées au niveau des plateformes extérieures de la station suivant le plan figure 19a. Les parcelles ont été arrangées sur les emplacements les plus grands de la station (figure 16) de manière à laisser le plus de distance entre elles les unes des autres. La distance entre parcelle était, dans tous les cas, supérieure à 10m. Pour cette distance, les transferts d'insectes entre parcelles étaient considérés comme négligeables, ce qui assurait l'indépendance des données. Le nombre de rangs a été fixé à quatre par parcelle, pour des raisons techniques et pratiques : chaque rang était constitué de 12 ou 13 cerisiers alignés. Au niveau de chaque rang était tendu solidement un fil de tension sur lequel était attaché chaque tronc de cerisier à l'aide d'une attache, pour éviter les chutes liées au vent (figure 19b). Juste après leur mise en place, seuls 4 à 7 apex (du côté terminal de la plante) étaient laissés sur chaque cerisier. Les apex qui se formaient au fur et à mesure pendant l'essai étaient systématiquement retirés.

La distance séparant deux cerisiers d'un même rang était de 0,75m (distance pratiquée en production). Les rangs 1 et 2 et les rangs 3 et 4 étaient séparés d'une distance de 0,80m ; les rangs 2 et 3 était distancés de 1,50m (conséquence des supports des fils de tension).

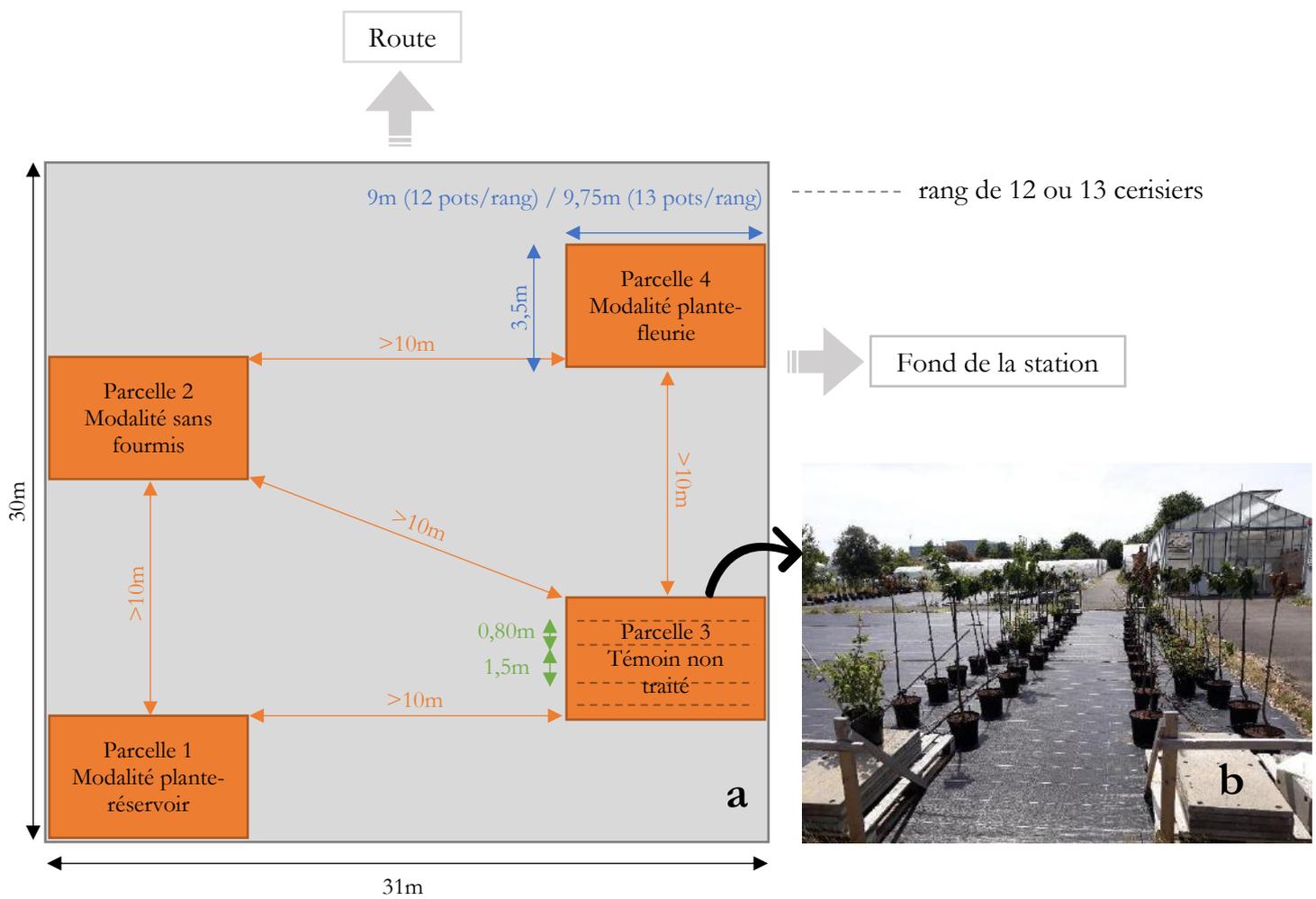
À la suite de la mort d'un certain nombre de cerisiers, un réaménagement des parcelles a été opéré à partir du 28/06/2018, avec le retrait des plants morts, et la réduction du nombre de plantes par rang. La nouvelle répartition s'est faite de manière équitable par rang selon le nombre restant de cerisiers sains dans chaque parcelle, pour essayer de reformer un effet parcellaire. Les notations ont continué pour la deuxième infestation du puceron, mais la parcelle témoin n'était plus valide car ne comportait plus que 7 cerisiers.

Les plantes de service étaient au nombre de cinq par parcelle. Une étude faite par l'APL a permis d'estimer le rayon d'action d'une plante de service en extérieur à environ 8 mètres (Ferre & Gourlay 2011). Pour ajouter du pouvoir attractif aux plantes de service et homogénéiser le champ d'action des plantes de service sur toute la parcelle, le nombre de plantes de service à disposer dans chaque parcelle a été fixé à cinq, en considérant un rayon d'action de 6 mètres (figure 20).

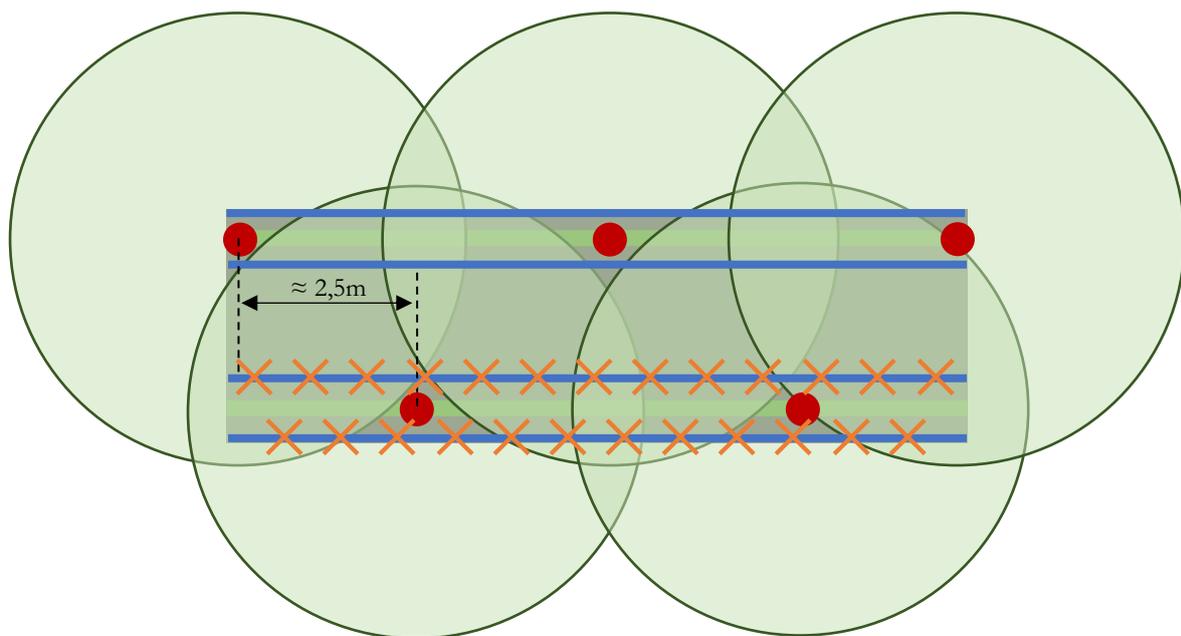
Les cerisiers ont été disposés en parcelles le 06/04/2018, après que l'absence d'émergence de *M. cerasi* ait été constatée sur tous, et les plantes de service (euphorbes + groseilliers) ont été ajoutées le 11/04/2018.

### III.C.3. Le ravageur *Myzus cerasi* et l'infestation des cerisiers

Une fois les parcelles disposées, les premières émergences du puceron noir du cerisier ont été attendues. Mi-avril, le puceron n'était toujours pas présent sur les cerisiers de l'essai, alors que des colonies se formaient déjà sur des cerisiers utilisés pour d'autres essais sur la station. D'autre



**Figure 19.** Plan de la disposition des modalités de l'essai (19a) avec les dimensions des parcelles (en bleu), entre parcelles (en orange), entre rangs dans chaque parcelle (en vert) et les dimensions générales (en noir) ; illustration d'une parcelle (ici modalité PR) utilisée pour l'essai (19b)



**Figure 20.** Représentation des champs d'action des plantes de service disposées au sein d'une parcelle de cerisiers. Les points rouges sont les emplacements des plantes de service, entourés de cercles verts correspondant à leur champ d'action. Les traits bleus représentent les rangs de cerisiers, et chaque croix orange symbolise un cerisier (pour plus de clarté, seuls 2 rangs comportent des croix, les deux autres étant disposés de manière identique).

part, une recherche d'œufs d'hiver de *M. cerasi* sur les cerisiers de l'essai n'a rien donné : l'absence d'œufs était probablement liée à un traitement insecticide général effectué par le fournisseur des cerisiers pendant l'hiver. Il a alors été décidé de faire une première infestation manuelle pour démarrer de manière homogène toutes les parcelles : deux pucerons adultes, ou un puceron adulte et deux nymphes étaient placés sur deux apex différents de chaque plant de cerisier. Les pucerons ont été prélevés à partir des cerisiers de l'autre essai. Au bout d'une semaine, les premières colonies étaient visibles.

### III.D. Hypothèses de travail

---

Pour des essais en extérieur, de nombreux facteurs ne sont pas contrôlés, à la différence d'essais en laboratoire. Il est primordial d'envisager toutes les explications possibles des résultats attendus et des résultats inverses à ceux attendus. En plus de passer par l'étape de validation de l'essai, il faut structurer le raisonnement et les liens entre ce qui est observé et ce qui peut l'expliquer. Pour cela, différentes hypothèses sont formulées.

L'hypothèse de réussite générale est l'hypothèse intuitive de réussite, celle que l'on souhaite confirmer : dans ce cas, l'hypothèse est la réussite du contrôle de l'infestation de *Myzus cerasi* par l'effet des plantes de service ou en l'absence de fourmis. Réussite signifiant que la majorité des plants de cerisiers sont de qualité à la fin de l'essai et peuvent être vendus. L'observation correspondant à cette hypothèse suggère que la croissance des colonies de *M. cerasi* est retardée et le pic d'infestation est inférieur pour les modalités avec plantes de service et avec exclusion des fourmis par rapport au témoin. Même si l'infestation dépasse 3% d'apex infestés, cela permettrait de proposer un itinéraire technique réduisant et rendant plus efficaces les traitements chimiques. L'hypothèse mentionnée ci-dessus étant globale, plusieurs sous-hypothèses de réussite intuitives la décomposent, en accord avec le dispositif expérimental mis en place. Pour les modalités avec plantes de service :

- Les plantes de service attirent les ennemis naturels de *M. cerasi*. Cela implique que les plantes de service restent en bon état et fonctionnelles pendant toute la durée de l'essai. Pour confirmer leur fonctionnalité, certaines conditions doivent être remplies :
  - o Les pucerons de substitution (*C. ribis* et *A. schneideri*) s'installent sur les groseilliers avant ou au même moment que *M. cerasi*.
  - o Les pucerons de substitution restent sur les groseilliers jusqu'à la période de diminution de la population de *M. cerasi*.
  - o Les plantes-fleuries sont en fleurs pendant la période de menace de *M. cerasi*.
  - o Les auxiliaires attirés sont des ennemis naturels de *M. cerasi*.
- Les ennemis naturels attirés migrent vers les cerisiers pour la prédation et éventuellement pour la reproduction. Les conditions à remplir sont alors :
  - o La quantité d'auxiliaires observés dans les cerisiers est supérieure pour les modalités avec plantes de service.
  - o Différents stades de développement des auxiliaires sont observés (œufs, larves, nymphes, adultes, momies de pucerons) sur les plantes de service, et éventuellement sur les cerisiers.
- La prédation opérée par les ennemis naturels est supérieure au taux de reproduction du puceron et permet la réduction de sa population.

Pour la réussite de la modalité avec exclusion des fourmis, la sous-hypothèse à vérifier est l'interdiction d'accès du système foliaire des cerisiers aux fourmis, pour empêcher toute interaction possible avec le puceron, et ce pendant toute la durée de l'essai. Dans le cadre de l'hypothèse générale, cela signifie qu'il n'y a pas eu d'élevage et de protection du puceron. Cela suggère une plus grande quantité d'auxiliaires dans la parcelle par rapport au témoin avec des fourmis spontanées, et une vitesse de dispersion plus lente du puceron *M. cerasi*.



Ces derniers points sont la situation attendue pour l'essai. Mais des hypothèses non intuitives existent, et pourraient expliquer une faible infestation de *M. cerasi* en présence de plantes de service ou en l'absence de fourmis :

- Les plantes de service ont un effet répulsif sur le puceron.
- Des fluctuations des conditions climatiques ont limité son installation et son infestation.
- Les cerisiers étaient en trop mauvais état et le puceron ne s'est pas développé.
- Un autre ravageur s'est installé sur les cerisiers et bloque l'infestation de *M. cerasi*.

Ces hypothèses non intuitives ont été considérées dans la validation de l'essai.

Enfin, si l'hypothèse générale n'est pas validée et le puceron n'a pas un développement limité sur les parcelles avec plantes de service et sans fourmis, plusieurs raisons peuvent l'expliquer : il s'agit alors d'hypothèses d'échec de l'essai. D'abord, l'inverse des sous-hypothèses mentionnées ci-dessus peut se produire, il s'agit alors d'hypothèses d'échec intuitives. Par exemple, les pucerons du groseillier ne se sont pas installés, ou pas assez tôt. Ou bien les plantes de service n'ont pas attiré d'ennemis naturels de *M. cerasi*. Ou encore le taux de prédation n'est pas assez élevé par rapport au témoin, ou est inférieur à la vitesse de multiplication du ravageur.

D'autres hypothèses d'échec, cette fois-ci non intuitives, sont envisageables :

- Les plantes de service sont répulsives pour les ennemis naturels.
- Les plantes de service attirent les fourmis, par exemple par la présence des colonies de pucerons substitués sur les plantes-réservoirs, ce qui augmente leur impact négatif sur les ennemis naturels.

Pour vérifier et valider ou non ces hypothèses, des critères de notation ont été élaborés, pour être le plus précis possible dans l'observation des évolutions des populations de pucerons et d'ennemis naturels.

### III.E. Méthodes de notation

---

Les notations ont été réalisées sur une base hebdomadaire. Faire des notations plus distancées dans le temps n'aurait pas permis d'observer les variations des densités de populations de manière représentative et fiable, que ce soit pour les auxiliaires ou pour les pucerons. Faire plus court n'aurait pas apporté plus d'informations compte tenu de la durée du cycle de vie du puceron d'environ deux semaines.

L'état sanitaire général de chaque plante, cerisiers et plantes de service confondus, était surveillé, au minimum à chaque période de notation. L'état des cerisiers répondant aux exigences qualitatives pour la commercialisation étaient qualifiés de « bon », même s'ils comportaient des symptômes liés au puceron. Les autres critères étaient « moyen », « mauvais », ou « mort » selon l'état général du système foliaire et l'intensité des symptômes.

#### III.E.1. Notations liées à l'infestation de *M. cerasi* et à la prédation

La population du puceron est liée au taux d'apex de cerisier infestés par une relation logarithmique (ce qui a été vérifié par l'essai 2017). Le critère de notation pour évaluer l'infestation du puceron a donc été le pourcentage d'apex infestés, c'est-à-dire avec présence d'au-moins un puceron (0 : absence de puceron / 1 : présence de puceron(s)).

Les symptômes des cerisiers ont été notés à l'aide d'une échelle de qualité :

- 0 = aucun symptôme et aucun puceron
- 1 = pas de symptôme mais présence de pucerons
- 2 = enroulement des feuilles avec ou sans pucerons
- 3 = enroulement des feuilles + miellat sur les feuilles + taches nécrotiques avec ou sans pucerons + nanisme des pousses



Pour estimer l'efficacité de la prédation, une échelle de « nettoyage » des apex a été mise au point :

- 0 : aucune prédation visible
- - : l'apex est partiellement nettoyé, il reste des pucerons mais pas de prédation visible (mais traces présentes du passage des prédateurs : les pucerons sont dispersés sur les feuilles de l'apex et leur répartition anormale, présence d'excréments et de traces noires, cadavres partiels de pucerons)
- = : l'apex est en train d'être nettoyé, il y a présence de prédateurs sur l'apex
- + : l'apex est entièrement nettoyé, plus aucun puceron présent (mais traces restantes du passage des prédateurs : excréments, traces noires, cadavres partiels de pucerons)

### III.E.2. Notations liées à la quantification des auxiliaires

Étant en système hors-sol, il n'était pas possible de placer des pièges Barber pour estimer la densité de certains prédateurs nocturnes comme les carabes. L'étude s'est donc concentrée sur les prédateurs non mobiles et/ou à activité diurne.

Tous les arthropodes visibles à l'œil nu et présents sur les apex de chaque cerisier au moment de la notation étaient comptés et identifiés (également prélevés ou photographiés pour certains si besoin d'une identification plus précise). Leur identification était générale, basée uniquement sur les critères morphologiques, et organisée par « type » pour les arthropodes non ennemis naturels (exemples : psoque, chenille tordeuse, mouche neutre, acarien) et pour les ennemis naturels généralistes (exemples : araignée, punaise prédatrice), sauf si l'espèce était facilement reconnaissable comme le téléphore fauve *R. fulva*. Les auxiliaires de foyer étaient distingués par famille et par stade de développement (œuf, larve, nymphe/pupe et adulte), sauf les Syrphidae et les Chamaemyiidae qui ont été comptés ensemble (leurs larves étant assez ressemblantes).

Pour les parasitoïdes, cinq momies de *M. cerasi* ont été prélevées sur différents cerisiers et à différentes dates pour l'identification des adultes émergents.

Seule l'identification des parasitoïdes et des adultes coccinelles a été poussée jusqu'au rang d'espèce.

### III.E.3. Notations liées aux fourmis

La présence ou l'absence de fourmis dans le système foliaire de chaque cerisier et des plantes de service était relevée à chaque date de notation. Certaines fourmis ouvrières présentes dans les cerisiers et s'occupant de *M. cerasi* ont été identifiées, à l'aide d'une clé de détermination disponible sur internet (Lebas 2018).

### III.E.4. Notations liées aux plantes de service

Les colonies et les momies des deux espèces de pucerons sur groseillier étaient comptées une fois par semaine sur trois ramifications (étiquetées) par plante.

Pour les plantes-fleuries, les nombres d'inflorescences des *E. epithymoides*, des *Euphorbia* x 'Ascot rainbow' et des *P. fruticosa* 'Gold finger' étaient relevés chaque semaine.

## III.F. Analyse statistique

---

Les données ont été rassemblées et mises en forme sur le tableur Microsoft Office Excel (à l'aide de tableaux croisés dynamiques). Le traitement statistique des données a été effectué à l'aide du logiciel RStudio (version 1.1.453).



Les variables mesurées à expliquer étaient sous la forme de « proportions d'apex concernés ». Les données explicatives recueillies relatives à la quantification des différentes catégories et des stades de développement des ennemis naturels étaient des comptages, bien souvent de faibles effectifs ou d'effectifs nuls. Les variables explicatives comme la variable à expliquer ne répondent pas aux conditions requises pour les tests paramétriques (c'est-à-dire normalité des variables et homoscedasticité). Cette vérification a été faite à l'aide de la fonction `hist()` sur RStudio.

Seuls des tests non paramétriques ont pu être utilisés pour l'analyse des données. La plupart des données étant sous la forme de proportions (infestation des apex, répartition des fourmis, classes de symptômes des apex, prédation observée sur les apex, nettoyage complet des apex), les effets des quatre modalités ont été comparés deux à deux par des tests de deux proportions `prop.test()`. Les groupes statistiques définis par les tests ont été disposés en tableau sous les graphiques concernés, pour l'analyse des résultats.

Les hypothèses liées aux tests de deux proportions étaient les suivantes l'hypothèse nulle ( $H_0$  : aucune différence entre les deux échantillons) et l'hypothèse de significativité  $H_1$ . Si la p-value était inférieure à 0,05, la significativité entre les deux échantillons testés était admise, au seuil de 5%,  $H_0$  était rejetée,  $H_1$  validée.

Cependant, les données recueillies ne s'affranchissent pas de l'effet année : les résultats obtenus ne sont pas généralisables, bien que certains résultats aient été confrontés à ceux de l'essai réalisé l'année 2017.

Concernant les données liées aux ennemis naturels, du fait des effectifs souvent nuls observés, les tests de comparaison de moyennes comme le test de Wilcoxon-Mann-Whitney qui était le plus adapté, n'ont pas été exploitables. L'analyse s'est donc basée sur la comparaison des variabilités des données, représentées par les écarts-types sur les différents graphiques.

D'autre part, une supposition d'indépendance a dû être admise pour l'analyse des résultats car chaque rang de cerisiers par parcelle a été considéré comme une pseudo-répétition. Il a été considéré que si l'indépendance liée à l'infestation du puceron entre rangs était vérifiée, alors l'indépendance liée à l'effet des ennemis naturels l'était aussi. Cette hypothèse est peut-être controversée. Pour vérifier si les rangs avaient eu un effet sur l'infestation de *M. cerasi*, un rapport de corrélation a été calculé à l'aide de la formule donnée par Santos (2015). Le tableau résumant les rapports est disponible en Annexe III. Pour toutes les modalités, les rapports étaient faibles (inférieurs à 0,3) ce qui traduit l'absence d'un effet rang sur l'infestation du puceron.

---

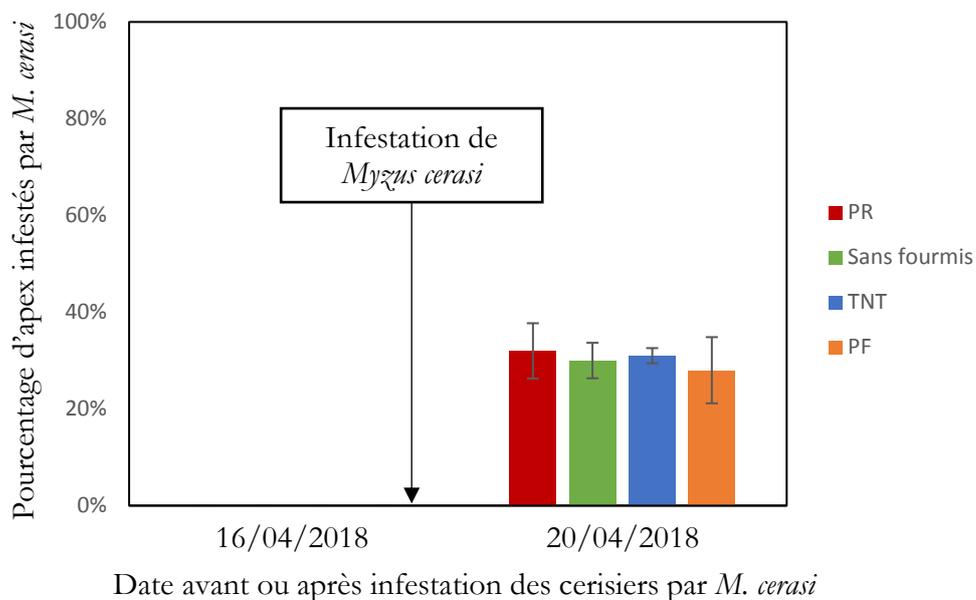
## IV. VALIDATION DE L'ESSAI

---

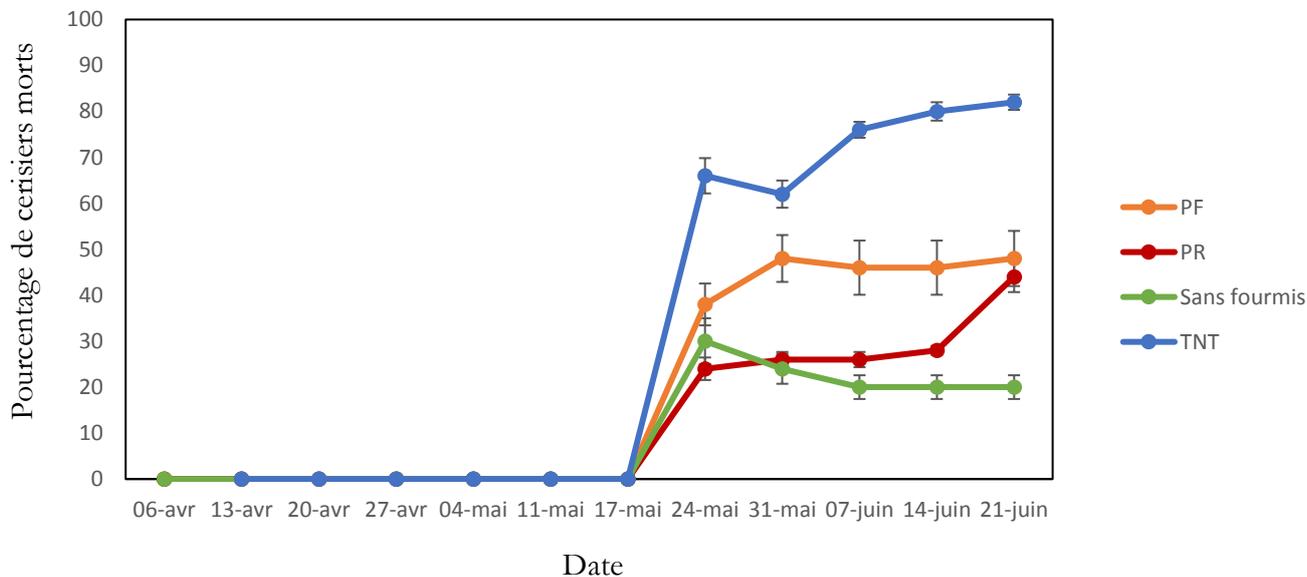
La validation de l'essai consiste à confirmer que les modalités ont été fonctionnelles pendant toute ou partie de la durée de l'essai, et que les résultats peuvent bien être attribués aux différents traitements appliqués par modalité.

Une première étape de validation pour un essai en extérieur passe par la vérification que les conditions météorologiques n'ont pas été extrêmes et sont restées proches de la normalité saisonnière. Quelques données météorologiques couvrant la période de notations en 2018 sont disponibles en Annexe IV. Les conditions climatiques n'ont pas été extrêmes jusque fin juin 2018, que ce soit pour la température, l'hygrométrie ou la pluviométrie. Il n'y a pas non plus eu de tempête ni d'épisode venteux anormaux. L'homogénéité de l'influence des conditions climatiques sur chaque parcelle était admise, même si l'effet « année » ne permet pas de généraliser l'interprétation des résultats.

Tous les plants de cerisiers ont été traités de la même manière pendant la période précédant la mise en place de l'essai. Ils étaient tous dans le même état sanitaire, et ont tous débouffé à la même date (sauf 4 cerisiers, qui ont rattrapé les autres assez rapidement). Le même constat est fait pour les plantes de service utilisées. L'arrosage comme la fertilisation ont été les mêmes pour toutes



**Figure 21.** Infestation par *M. cerasi* des cerisiers de chaque modalité 3 jours avant l'infestation manuelle et quatre jours après  
*Les barres d'erreur représentent l'écart-type mesuré à partir des moyennes des 4 rangs de cerisiers.*



**Figure 22.** Mortalité des cerisiers des quatre modalités pendant l'essai  
*Les barres d'erreur représentent l'écart-type mesuré à partir des moyennes des 4 rangs de cerisiers.*

les plantes de chaque espèce. Ainsi, aucun biais lié à la mise en place n'a pu influencer les résultats. Les effets ayant pu être générés par les plantes en bordure de parcelles seront discutés par la suite.

La première infestation de *M. cerasi* a été réalisée manuellement pendant la période habituelle d'émergence du puceron. La figure 21 permet de vérifier que le développement du puceron s'est fait de manière homogène sur toutes les parcelles. Au bout de quatre jours après l'infestation, le 20 avril, les moyennes des pourcentages d'apex infestés par *M. cerasi* étaient similaires : la pression initiale du ravageur a donc été considérée équivalente pour toutes les modalités.

#### IV.A. État sanitaire des plantes pendant l'essai

---

L'essai en 2017 a subi une forte mortalité des cerisiers de chaque modalité. L'effet parcellaire n'a pas été vérifié. L'équipe technique a pensé qu'il s'agissait d'un problème lié au mauvais drainage du substrat et à un arrosage non adapté des cerisiers. Le substrat a donc été changé pour l'essai 2018. Cependant, une partie des cerisiers a de nouveau manifesté les mêmes symptômes cette année. Les symptômes étaient un très fort assèchement et brunissement de tout ou partie des apex des cerisiers. D'autre part, le système racinaire des cerisiers atteints semblait affecté : son développement était inhibé.

La figure 22 montre le pourcentage de cerisiers morts à chaque date de notation. Il semble y avoir un effet parcellaire, qui suggèrerait que ces symptômes causant la mortalité des cerisiers sont liés à la forte succion de sève par le puceron. Mais il pourrait aussi s'agir d'une maladie. Une gommose a été observée sur une grande partie des cerisiers à partir du mois de mai. La gommose est un mécanisme de défense pour de nombreux arbres fruitiers : elle pourrait être un symptôme accompagnant la maladie. Cependant, cette gommose était aussi manifestée par les cerisiers sains, et a continué après que la vague de mortalité eut passé et que la première vague de pucerons eut été réduite... Les causes de cette mortalité élevée restent donc indéterminées. Des tests de diagnostic de pathogènes seraient à envisager.

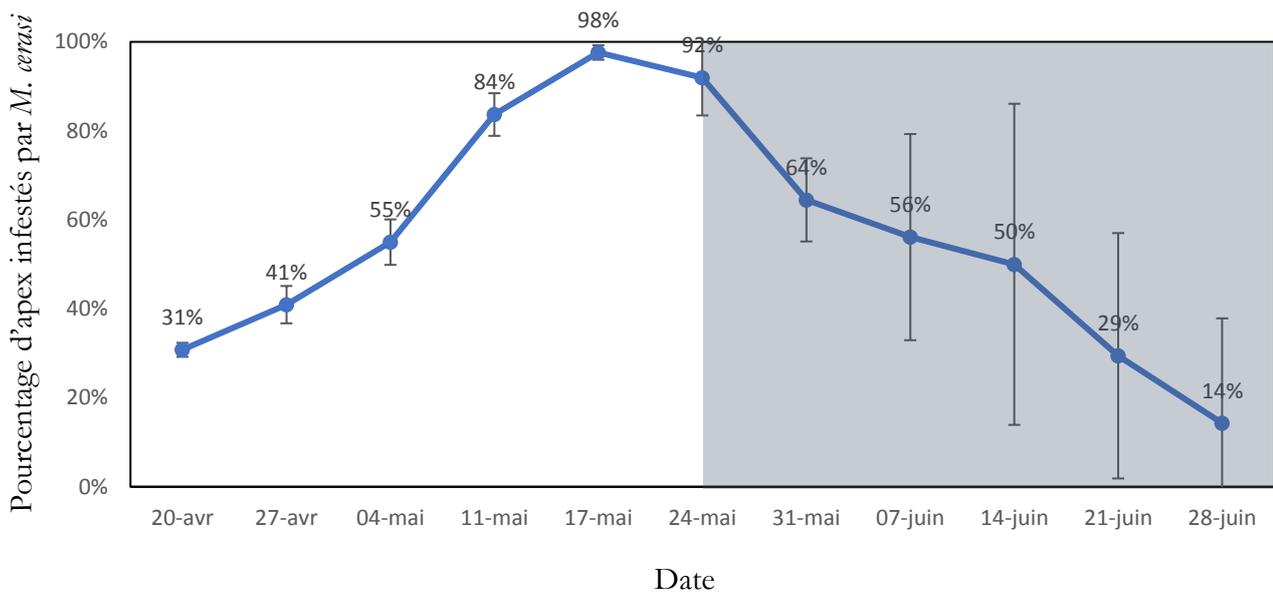
Le témoin ayant perdu presque 70% de sa population au 24 mai, la comparaison des résultats est à effectuer avec précaution : du fait du faible effectif de cerisiers sains restant, la population témoin n'a peut-être pas été représentative de l'évolution du puceron à partir de cette date (voir IV.B.). Le même constat est réalisé pour la modalité PF à partir du 31 mai, et pour la modalité PR à partir du 21 juin (perte d'un rang sur les quatre). La modalité 'Sans fourmis' a conservé plus de la moitié des cerisiers de chaque rang en bon état : elle est considérée comme représentative.

Les plantes de service n'ont pas subi ce type de dégâts et sont restées dans un bon état sanitaire, malgré l'attaque de pucerons souhaitée des groseilliers et les symptômes de décoloration et de crispation des feuilles dont ils sont la cause. Les groseilliers ont subi des brûlures liées aux fortes chaleurs de l'été à partir du mois de juillet, mais la présence du puceron *A. schneideri* n'a pas semblé perturbée par le léger assèchement du bord des feuilles de son hôte. Les euphorbes ont été remplacées par les potentilles une fois que les inflorescences des 'Ascot rainbow' se sont asséchées (les *E. epithymoides* n'étaient alors déjà plus en fleurs).

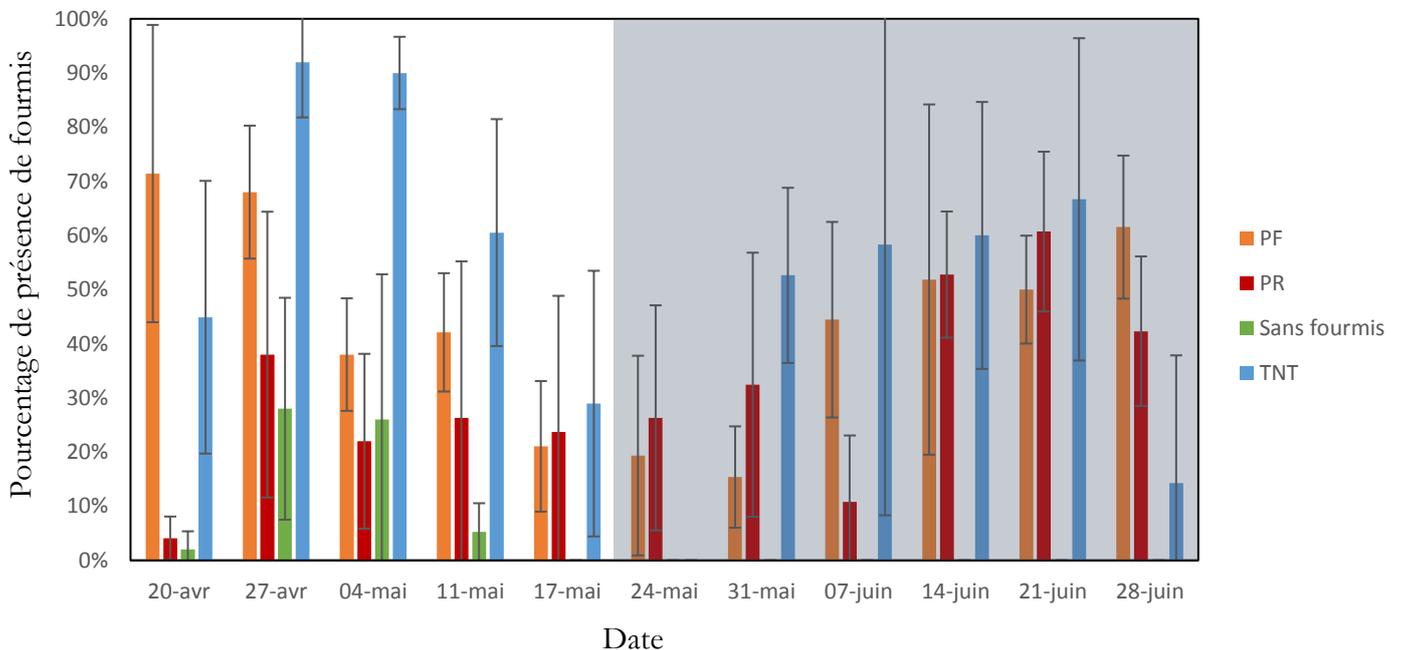
#### IV.B. Évolution de la population de *M. cerasi* du témoin

---

La courbe d'infestation du puceron en fonction du temps (figure 23) a suivi une évolution attendue : l'installation des premières colonies a eu lieu vers le 20 avril, et la répartition du puceron a augmenté pour atteindre le pic d'infestation vers le 17 mai (la quasi-totalité des cerisiers était alors infestée). À partir du 24 mai, le témoin n'était plus vraiment représentatif. Cependant, la tendance de la moyenne de l'infestation après cette date reste cohérente avec ce qui était attendu. La régression lente de la population du puceron observée est supposément liée à la prédation par les



**Figure 23.** Évolution de la population de *M. cerasi* des cerisiers de la parcelle témoin (TNT)  
*Les barres d'erreur représentent l'écart-type mesuré à partir des moyennes des 4 rangs de cerisiers. La zone grisée correspond à la période d'invalidation du témoin.*



**Figure 24.** Présence des fourmis au sein des quatre modalités pendant l'essai  
*Les barres d'erreur représentent l'écart-type mesuré à partir des moyennes des 4 rangs de cerisiers. La zone grisée correspond à la période d'invalidation du témoin.*

auxiliaires spontanés, combinée à la migration éventuelle du puceron. Les données concernant le témoin ont donc été représentées dans la partie V.

### IV.C. Parasitisme de *M. cerasi* et des pucerons du groseillier

---

En raison du très faible nombre de momies trouvées dans les cerisiers (Annexe V), et donc du faible taux de parasitisme de *M. cerasi*, l'impact des parasitoïdes sur le contrôle de *M. cerasi* a été négligé dans l'analyse des résultats. Un faible taux de parasitisme avait également été constaté en 2017 (Egon 2017). Pour information, l'unique espèce ayant émergé des quelques momies collectées à différentes dates et sur différentes parcelles était *Aphidius matricariae*, connu comme parasitoïde de ce puceron parmi beaucoup d'autres espèces, et présent spontanément sur le territoire français. Cette espèce n'a pas été trouvée sur les groseilliers.

L'unique parasitoïde retrouvé à partir de momies de *C. ribis* collectées sur les groseilliers était le parasitoïde spécifique *Aphidius ribis*. Le nombre de colonies de *C. ribis* a probablement été plus faible du fait d'un taux de parasitisme assez élevé, mais cela n'a pas empêché la présence du puceron de manière suffisante pour jouer son rôle de substitut : ce parasitisme n'est pas considéré comme un problème majeur et n'invalide pas la modalité plante-réservoir.

### IV.D. Efficacité de l'exclusion des fourmis

---

La figure 24 montre les pourcentages de plantes par parcelle sur lesquelles étaient vues des fourmis, pour toutes les parcelles. L'exclusion n'a pas complètement marché lorsque la méthode d'exclusion utilisée était l'application de poudre de diatomée à la base des troncs. Ainsi, les fourmis ont pu avoir un effet sur la croissance de la population du puceron et sur le taux d'auxiliaires prédateurs et parasitoïdes présents jusqu'au 17 mai, dans la parcelle 'Sans fourmis'. En considérant une moyenne de durée de cycle de vie d'un auxiliaire d'environ 3 semaines, cela implique qu'il a pu y avoir un effet des fourmis sur les larves prédatrices jusqu'au 31 mai inclus. Cela sera pris en compte dans l'analyse des résultats de la modalité 'Sans fourmis'.

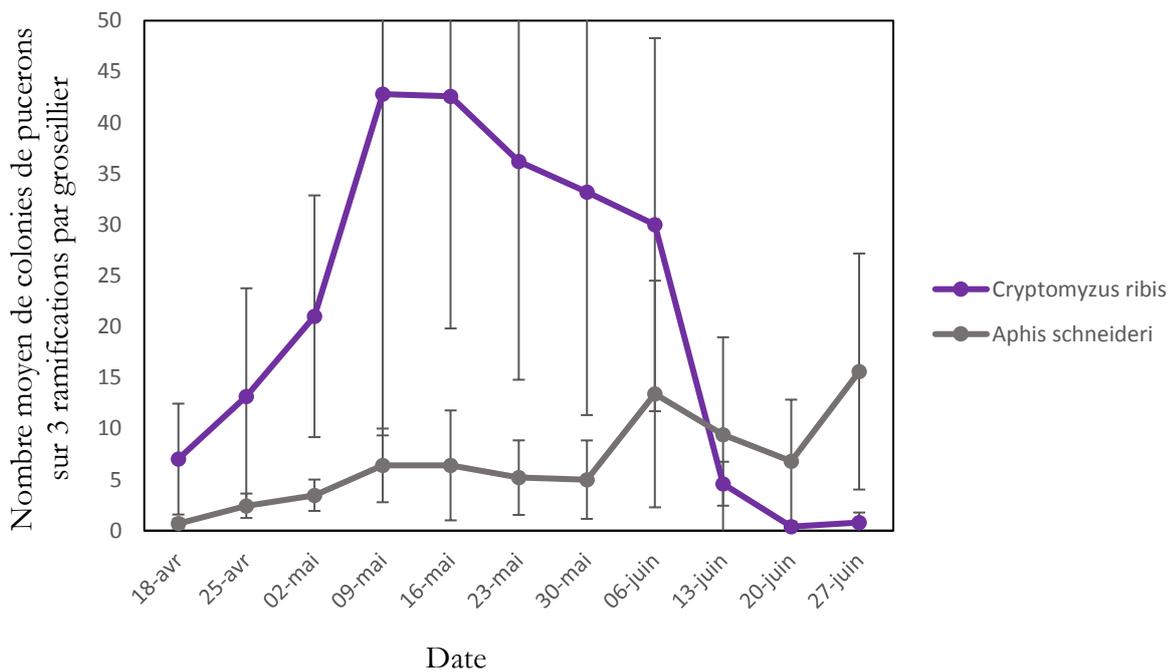
À partir du 17 mai, l'exclusion des fourmis était totale pour la modalité 'Sans fourmis' : l'observation des effets de la modalité 'Sans fourmis' est valable, mais la comparaison avec le témoin n'est possible qu'à titre indicatif et n'est pas généralisable.

### IV.E. Fonctionnalité des plantes-réservoirs

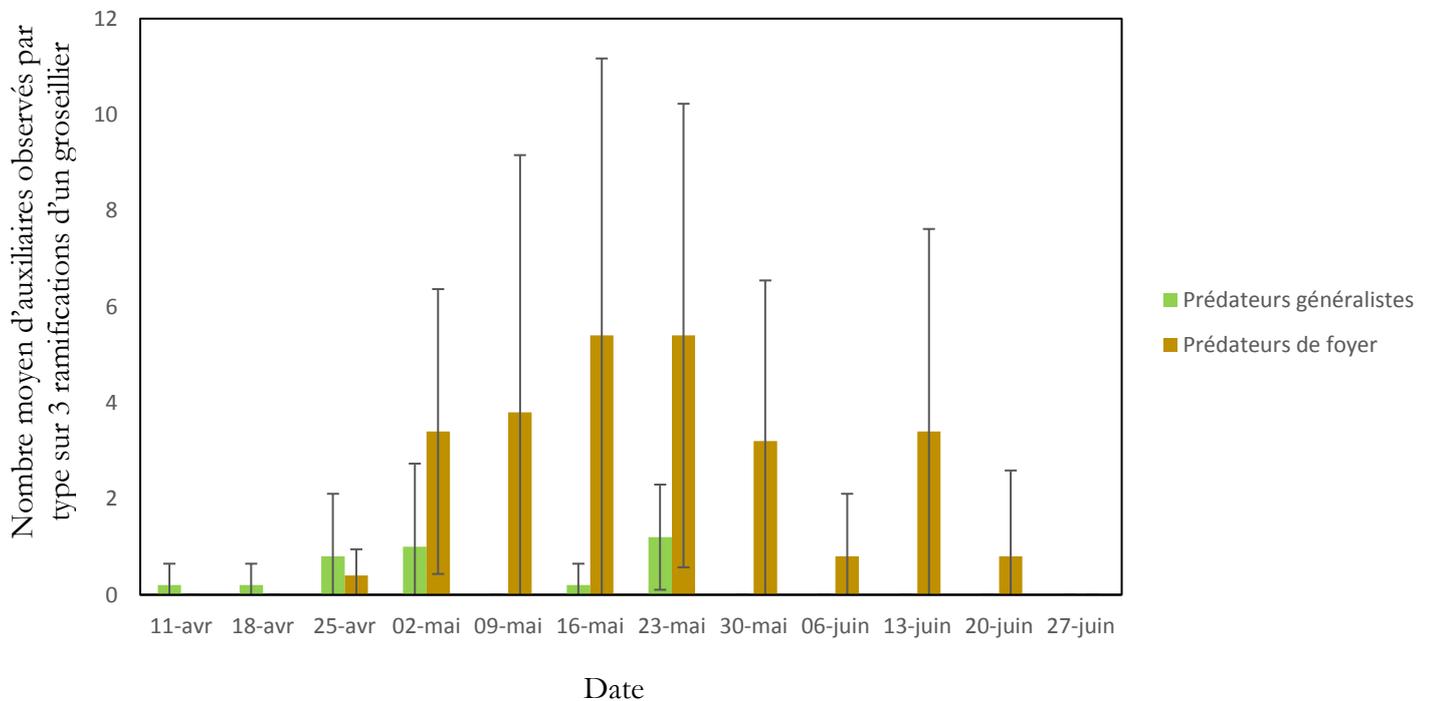
---

La présence de pucerons des espèces *Cryptomyzus ribis* et *Aphis schneideri* servait d'indicateur de « fonctionnalité » de la plante-réservoir. La figure 25 illustre le nombre de colonies de ces deux espèces sur groseillier en fonction du temps. Au 11 avril, il y avait une moyenne de 68,4 individus de l'espèce *C. ribis* par groseillier. Cela confirme que des pucerons de substitution étaient déjà présents avant le début d'infestation de *M. cerasi*. La figure 25 met en évidence qu'ils ont été présents pendant au-moins toute la durée de la première infestation du puceron.

La figure 26 illustre le nombre d'auxiliaires trouvés sur les groseilliers pendant la durée de l'essai. Les prédateurs généralistes étaient présents au début de l'essai jusque fin mai, et les prédateurs de foyer, uniquement Syrphidae et Coccinellidae, sont arrivés début mai et sont restés jusqu'au 20 juin. Il faut noter qu'il y a une grande variabilité de la présence d'auxiliaires de foyer selon la plante-réservoir, et que les effectifs moyens observés lors des notations sont assez faibles. Le tableau 1 indique la somme des différents stades de développement trouvés sur les groseilliers, pour les syrphes et les coccinelles, sur toute la durée de la première infestation de *M. cerasi*. Cela montre qu'au moins une partie d'auxiliaires ayant été attirés par les plantes-réservoirs s'y sont



**Figure 25.** Infestation des groseilliers par deux espèces de pucerons ravageurs, *C. ribis* et *A. schneideri*, pendant l'essai  
*Les barres d'erreur représentent l'écart-type mesuré à partir des moyennes des 5 plantes de service.*



**Figure 26.** Quantification des ennemis naturels observés par type sur les groseilliers à chaque date de notation pendant l'essai  
*Les barres d'erreur représentent l'écart-type mesuré à partir des moyennes des 5 plantes de service.*

reproduits. Les deux espèces de puceron des groseilliers ont donc tenu leur rôle de proies de substitution.

Les conditions concernant la fonctionnalité des groseilliers comme plantes-réservoirs ont été remplies, malgré une possible variabilité de l'effet de chaque plante-réservoir dans la parcelle : les pucerons *C. ribis* et *A. schneideri* se sont installés sur les groseilliers avant le puceron noir du cerisier. Ils ont attiré des prédateurs polyphages, qui se sont reproduits au niveau des plantes-réservoirs.

La modalité plante-réservoir est considérée comme fonctionnelle. Les résultats sur cerisiers (partie V) montreront si oui ou non les auxiliaires ont migré vers les cerisiers et, le cas échéant, si le nombre d'auxiliaires attirés et ayant migré était suffisamment important pour permettre le contrôle efficace de *M. cerasi* sur les cerisiers.

#### IV.E. Fonctionnalité des plantes-fleuries

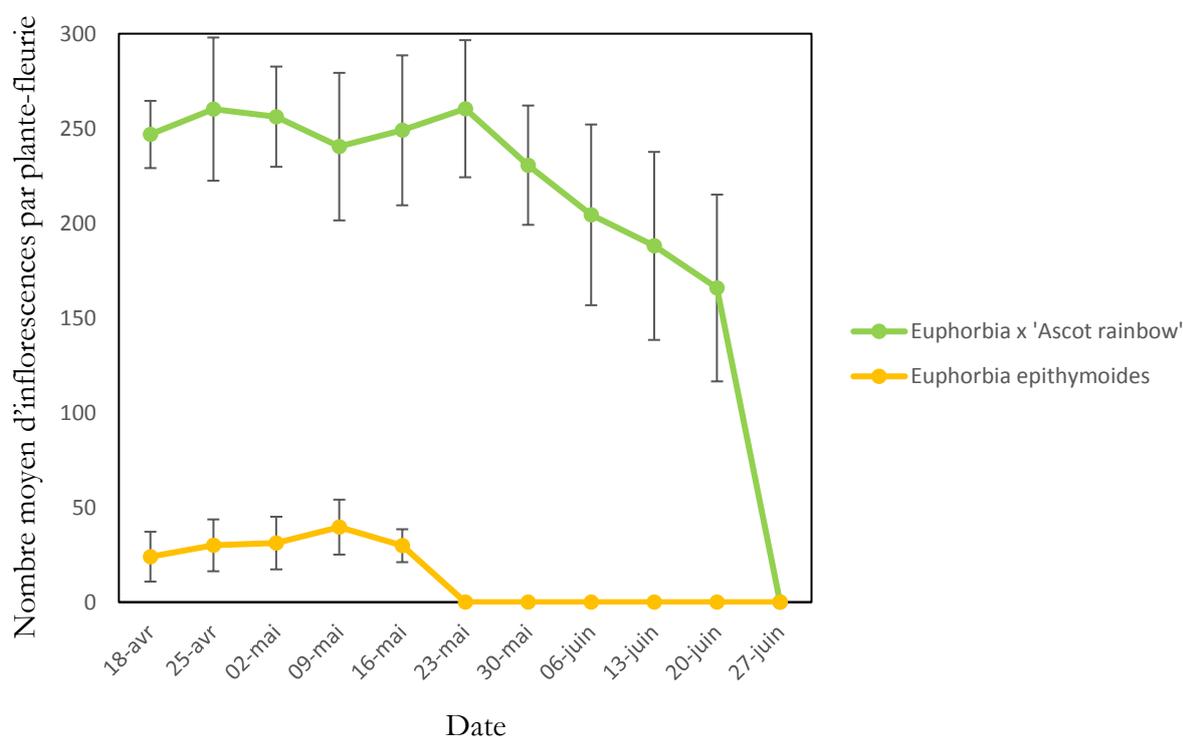
---

Les nombres moyens d'inflorescence des euphorbes de la modalité plante-fleurie sont représentés par la figure 27. Lors de l'infestation manuelle des cerisiers par *M. cerasi*, les plantes étaient déjà en fleurs, et leur floraison a duré jusque mi-mai pour les *Euphorbia epithymoides* et jusque mi-juin pour les *Euphorbia* x 'Ascot rainbow'. Ainsi, la notation du 28 juin n'est pas valable pour cette modalité. Outre l'attraction de pollinisateurs comme des abeilles, certains auxiliaires ont été observés sur ces plantes-fleuries, comme le montre le tableau 2. Mais comparé au pouvoir d'attraction de la potentille arbustive (nombre moyen de 1,25 larves de syrpe attirées par la plante-fleurie), ces nombres sont très faibles (Ferre & Gourlay 2011). D'autre part, la présence de coccinelles sous forme larvaire, nymphale et adulte est un résultat inattendu, ces insectes n'étant pas floricoles. Les euphorbes ont pu leur servir d'abri pour le stade nymphal ou lors de phases de saturation d'auxiliaires de foyer au niveau des cerisiers.

Ces observations ne sont pas considérées comme représentatives de la dynamique de population des auxiliaires ayant été attirés ou non par les plantes-fleuries : la méthode de notation était inadaptée, puisque ce sont principalement des insectes en vol qui visitent ces plantes de manière succincte, et donc l'observation rapide de chaque plante une fois par semaine n'a pas permis de rendre compte de la réalité (contrairement aux plantes-réservoirs sur lesquelles sont visibles les premiers stades de développement). La validité de la modalité plante-fleurie est donc remise en question. Les résultats liés à l'infestation de *M. cerasi* de cette modalité sont à considérer, pour déterminer si oui ou non les euphorbes ont joué leur rôle de plantes-fleuries, par rapport au témoin.

**Tableau 1.** Nombre moyen des différents stades de développement des auxiliaires de foyer observés sur les groseilliers (syrphes + coccinelles) pour les 12 dates de notation du 11 avril au 27 juin 2018

| Type de prédateur de foyer | Œufs (syrphes) ou pontes (coccinelles) | Larves | Pupes (syrphes) ou nymphes (coccinelles) | Adultes |
|----------------------------|--|--------|--|---------|
| Syrphes                    | 0,28                                   | 0,65   | 0,08                                     | 0       |
| Coccinelles                | 0,03                                   | 0,85   | 0,28                                     | 0,23    |



**Figure 27.** Nombre d'inflorescences des euphorbes de la modalité plante-fleurie à chaque date de notation pendant la première infestation de *M. cerasi*  
*Les barres d'erreur représentent l'écart-type mesuré à partir des moyennes des 5 plantes de service.*

**Tableau 2.** Nombre moyen des différents stades de développement des auxiliaires prédateurs observés par plante-fleurie pour les 11 dates de notation du 11 avril au 20 juin 2018

| Type d'auxiliaire | Larve | Pupe / Nymphe | Adulte |
|-------------------|-------|---------------|--------|
| Syrphes           |       | 0,01          | 0,01   |
| Coccinelles       | 0,20  | 0,23          | 0,14   |
| Araignées         |       |               | 0,06   |

---

## V. RÉSULTATS & DISCUSSION

---

Les périodes d'invalidité des données pour les modalités témoin, plante-fleurie et plante-réservoir ont été représentées à titre indicatif sur tous les graphiques. Elles ont été considérées pour la comparaison des modalités entre elles uniquement dans la mesure où elles étaient cohérentes avec les résultats précédents. Cependant, les observations ont pu ne pas être représentatives de la réalité, c'est-à-dire des effets liés à la modalité. En effet, à partir de certaines dates, la forte mortalité des cerisiers a généré une grande variabilité des données.

L'analyse se porte d'abord sur les taux d'infestation de *M. cerasi* des quatre modalités. Le lien entre l'infestation et l'importance de la prédation est ensuite abordé. Ces deux points ont pu être analysés statistiquement. Finalement, les responsables des différentes phases d'infestation sont identifiés parmi les différentes catégories de prédateurs. Ce dernier point est abordé à titre indicatif mais n'a pas pu être validé par les statistiques en raison des faibles effectifs d'auxiliaires observés. L'intérêt final est d'établir les différents scénarios qui se sont produits lors de la première infestation du puceron, pour ainsi comparer l'efficacité des modalités pour le contrôle biologique du ravageur.

---

### V.A. Effet des différentes modalités sur l'infestation de *Myzus cerasi*

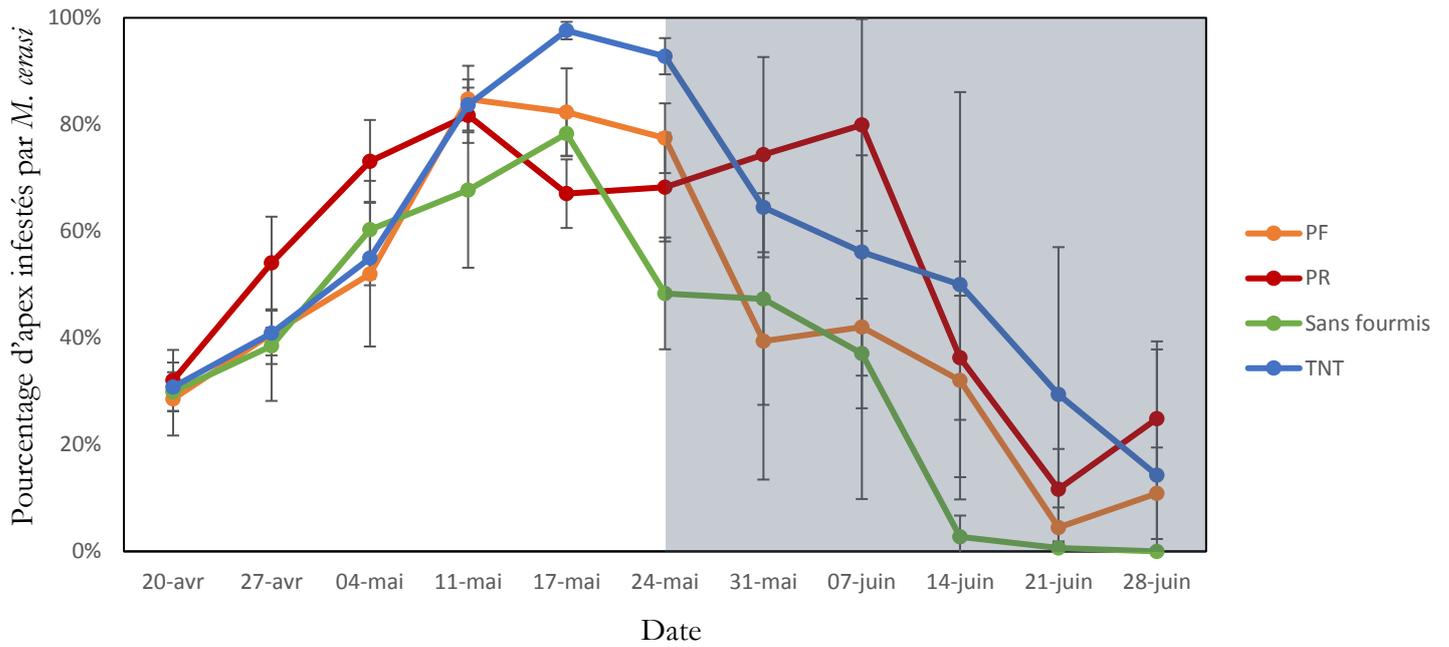
---

#### V.A.1. Évolution de la population de *M. cerasi* de chaque modalité

La figure 28 compare les évolutions des infestations des différentes parcelles par *M. cerasi*. Comme décrit dans la partie IV, la tendance de la courbe d'infestation du témoin a suivi le modèle de type Lotka-Volterra. Les phases de colonisation, de pullulation et de régression du puceron sur son hôte primaire se distinguent facilement, le pic d'infestation se situant vers le 17 mai. De plus, la date et la durée de chaque phase (y compris la phase de régression) sont cohérentes avec le cycle de vie de *M. cerasi*, comme décrit par Wimshurst (1925).

Les mêmes tendances dans l'évolution de la population du puceron se constatent pour les modalités PF et 'Sans fourmis'. Les pics d'infestation s'observent respectivement aux 11 et 17 mai. Les mêmes processus liés aux conditions climatiques et à l'action des auxiliaires ont donc probablement affecté ces trois parcelles, mais à des amplitudes différentes. En effet, la colonisation du puceron a eu la même évolution dans les trois parcelles, mais les pourcentages d'infestation des modalités 'Sans fourmis' et PF lors de la pullulation étaient significativement plus bas que le témoin. Cela suggère que la prédation par les ennemis naturels du puceron pendant cette phase a été plus forte. Pour la modalité PF, la favorisation de la prédation a pu être la conséquence de l'attraction de prédateurs par les plantes-fleuries. Pour la modalité 'Sans fourmis', cela peut s'expliquer par l'absence de protection du puceron contre les prédateurs, entraînant une présence plus forte des auxiliaires. Ces deux éventualités sont vérifiées en partie V.B.1.

Les 27 avril et 04 mai, la vitesse d'installation du puceron a été significativement plus élevée dans la parcelle PR par rapport aux autres. Un premier pic d'infestation a été atteint au 11 mai, significativement plus bas que les trois autres modalités : le même résultat a été obtenu lors de l'essai en 2017 (Egon 2017). Mais contrairement aux autres parcelles, une nouvelle augmentation de la population a suivi, avant de régresser courant juin. C'est un résultat inattendu : les processus intervenus dans la parcelle avec plantes-réservoirs ont donc été différents des autres parcelles. L'effet des plantes-réservoirs sur la prédation par les auxiliaires est sans doute responsable de cette évolution. Une explication possible serait une division des prédateurs entre les groseilliers et les



| DATE         | 20/04 | 27/04 | 04/05 | 11/05 | 17/05 | 24/05 | 31/05 | 07/06 | 14/06 | 21/06 | 28/06 |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| TNT          |       | B     | B     | A     | A     |       |       |       |       |       |       |
| PR           |       | A     | A     | A     | C     | A     | A     | A     | A     |       |       |
| PF           |       | B     | B     | A     | B     | A     |       |       |       |       |       |
| Sans fourmis |       | B     | B     | B     | B     | B     | B     | B     | B     |       |       |

**Figure 28.** Évolution de l'infestation de *M. cerasi* des quatre modalités de l'essai pour chaque date de notation. Les barres d'erreur représentent l'écart-type mesuré à partir des moyennes des 4 rangs de cerisiers. Le tableau sous la figure représente les résultats des tests de deux proportions (risque  $\alpha = 5\%$ ). La zone grisée correspond à la période d'invalidation du témoin.

cerisiers, tous les deux porteurs de pucerons, donc une prédation au sein des cerisiers. Cette possibilité est traitée en V.B.1.

Les différences dans la baisse des taux d'infestation sont à interpréter avec précaution, étant donnée la forte mortalité des cerisiers. Le taux d'infestation de la modalité 'Sans fourmis' a montré la régression la plus rapide, l'infestation étant presque complètement éradiquée au 14 juin, contrairement aux trois autres modalités.

L'évolution de l'infestation a été variable selon les modalités. Il faut ensuite aborder les résultats dans un esprit plus agronomique, en regardant comment l'infestation s'est traduit en termes de gravité des symptômes sur les cerisiers.

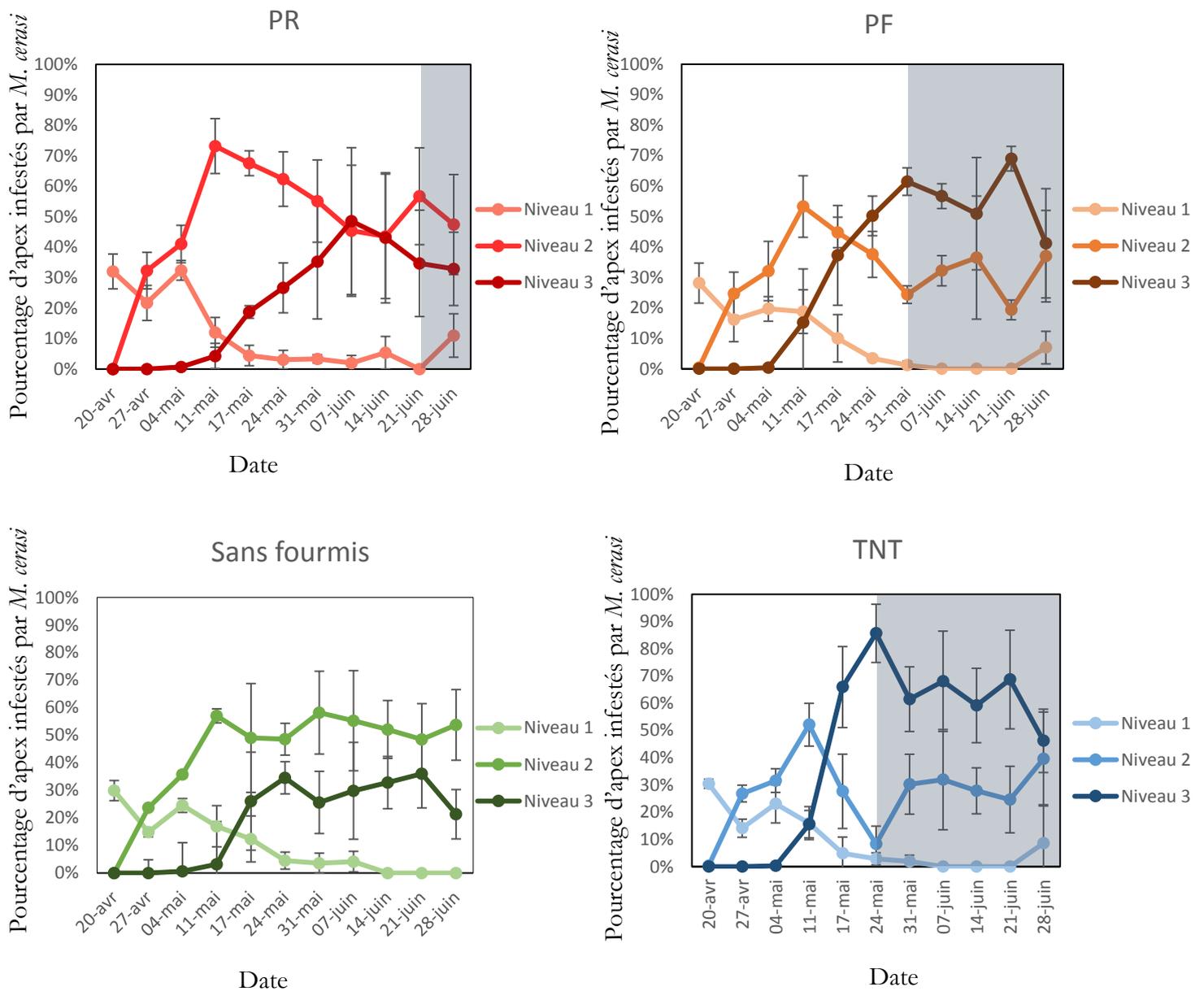
### V.A.2. Comparaison des symptômes observés sur les cerisiers

La figure 29 présente les pourcentages d'apex infestés par *M. cerasi* selon les classes de symptômes 1, 2 et 3 décrites dans la partie III.

La dynamique des apex de niveau 1 a été la même pour les quatre modalités : elle traduit l'installation du puceron. Sur tous les graphiques, l'apparition des symptômes a très rapidement suivi l'installation du puceron : les niveaux 2 ont substitué les niveaux 1 en une semaine, du 20 au 27 avril. Pour un producteur, cela montre que la proportion de cerisiers présentant un enroulement des feuilles en début d'infestation est un bon indicateur pour estimer la population de *M. cerasi*, à une semaine près. Les différences entre modalités sont observées en comparant les niveaux 2 et surtout 3 de symptômes (figures 29 et 30). En termes agronomiques, le niveau 2 est visuellement gênant mais toléré (les éventuelles pousses nanisées peuvent être coupées), et peut servir d'indicateur de répartition du puceron. La présence seule du puceron ne justifie pas l'application d'un insecticide. Mais comme les symptômes apparaissent rapidement, l'indicateur d'enroulement des feuilles peut être très utile au producteur pour raisonner la lutte en production. À partir de 20-30% d'apex présentant ces symptômes, un traitement peut être appliqué pour contrôler l'infestation. Dans le cadre de l'essai, l'intervention aurait été judicieuse entre le 27 avril et le 04 mai pour toutes les parcelles.

Le niveau 3 est le plus problématique car le nanisme des pousses n'est pas récupérable. Ici, le pic de niveaux 3 du témoin, atteignant presque 85% au 24 mai, montre que c'est la parcelle qui a subi les plus gros dégâts sur cerisiers. S'ajoute à cela le plus haut taux de mortalité des cerisiers. La proportion de niveaux 3 s'est ensuite stabilisée autour de 65%. La modalité PF a suivi la même dynamique que le témoin, mais l'effet des plantes-fleuries semble avoir retardé la proportion d'apex de niveau 3, qui est arrivée à un plateau de 55%.

L'exclusion des fourmis a eu un impact positif sur la proportion d'apex de niveau 3, qui a atteint un plateau de 30% vers la mi-mai. Statistiquement, ce taux est toujours resté parmi les plus bas par rapport aux niveaux 3 des trois autres modalités, quelle que soit la date. Par leur activité d'élevage, les fourmis prennent soin des colonies : les pucerons restent donc sur les mêmes apex jusqu'à épuisement de ceux-ci, autrement dit jusqu'à l'apparition des symptômes les plus graves. En effet, les pucerons étant protégés des prédateurs, ils n'ont pas de raison de se déplacer et poursuivent la succion de sève. La présence des fourmis dans les trois autres parcelles doit être comparée à la parcelle 'Sans fourmis' pour pouvoir conclure sur l'effet de l'exclusion des fourmis (voir V.B.3).



**Figure 29.** Infestation par *Myzus cerasi* des apex de cerisiers par classe de symptômes en fonction du temps pour les quatre modalités de l'essai  
 Les barres d'erreur représentent l'écart-type mesuré à partir des moyennes des 4 rangs de cerisiers. Les zones grises correspondent aux périodes d'invalidation des modalités.

Comparée au témoin, le nanisme des pousses sur la modalité PR a été plus tardif, mais tout de même grave, atteignant 50% des apex au 07 juin. Néanmoins, l'enroulement des feuilles a été le symptôme majoritaire pendant la quasi-totalité de l'essai : l'intensité des symptômes semble avoir été atténuée par rapport au témoin, mais est restée plus grave que pour la parcelle 'Sans fourmis'.

Pour un producteur, seule la modalité 'Sans fourmis' serait acceptable en termes de qualité des plants de cerisiers. D'après ces figures, l'utilisation de plantes de service ne permet pas d'atténuer les symptômes de manière à obtenir des plants commercialisables.

Pour tenter d'expliquer les différences d'infestation et de dégâts observées entre les quatre modalités et pour apporter un début de compréhension aux scénarios s'étant produits au sein de chaque parcelle, les effets des auxiliaires ont été analysés.

## V.B. Effet des auxiliaires de *M. cerasi* des différentes modalités

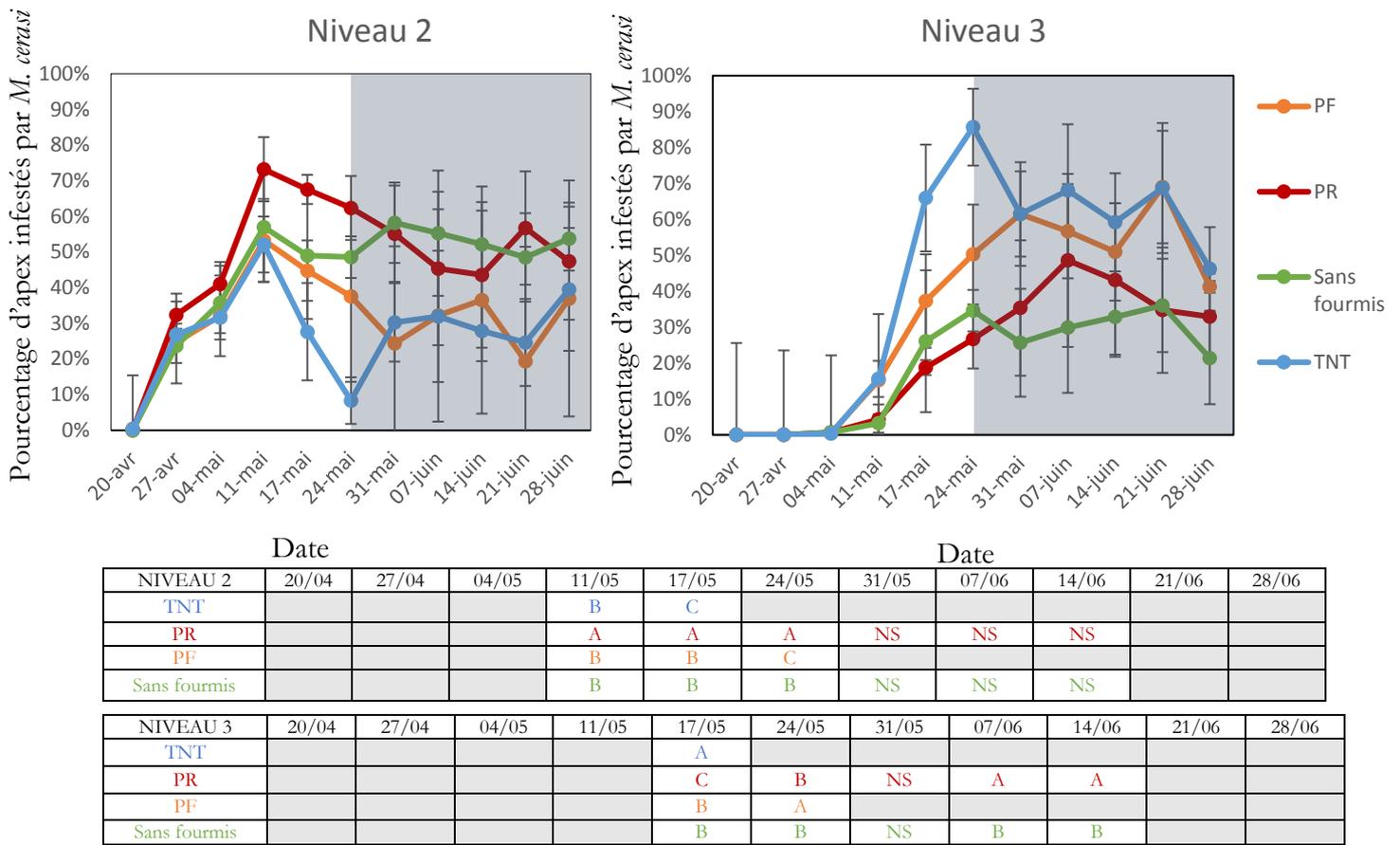
### V.B.1. Importance de la prédation dans les quatre parcelles

La figure 31a montre le pourcentage d'apex complètement 'nettoyés' par les prédateurs en fonction des dates de notation pour les quatre parcelles, et la figure 31b le pourcentage d'apex sur lesquels était observée une prédation (c'est-à-dire le cumul des classes de « nettoyage » =, - et + détaillées dans la partie III).

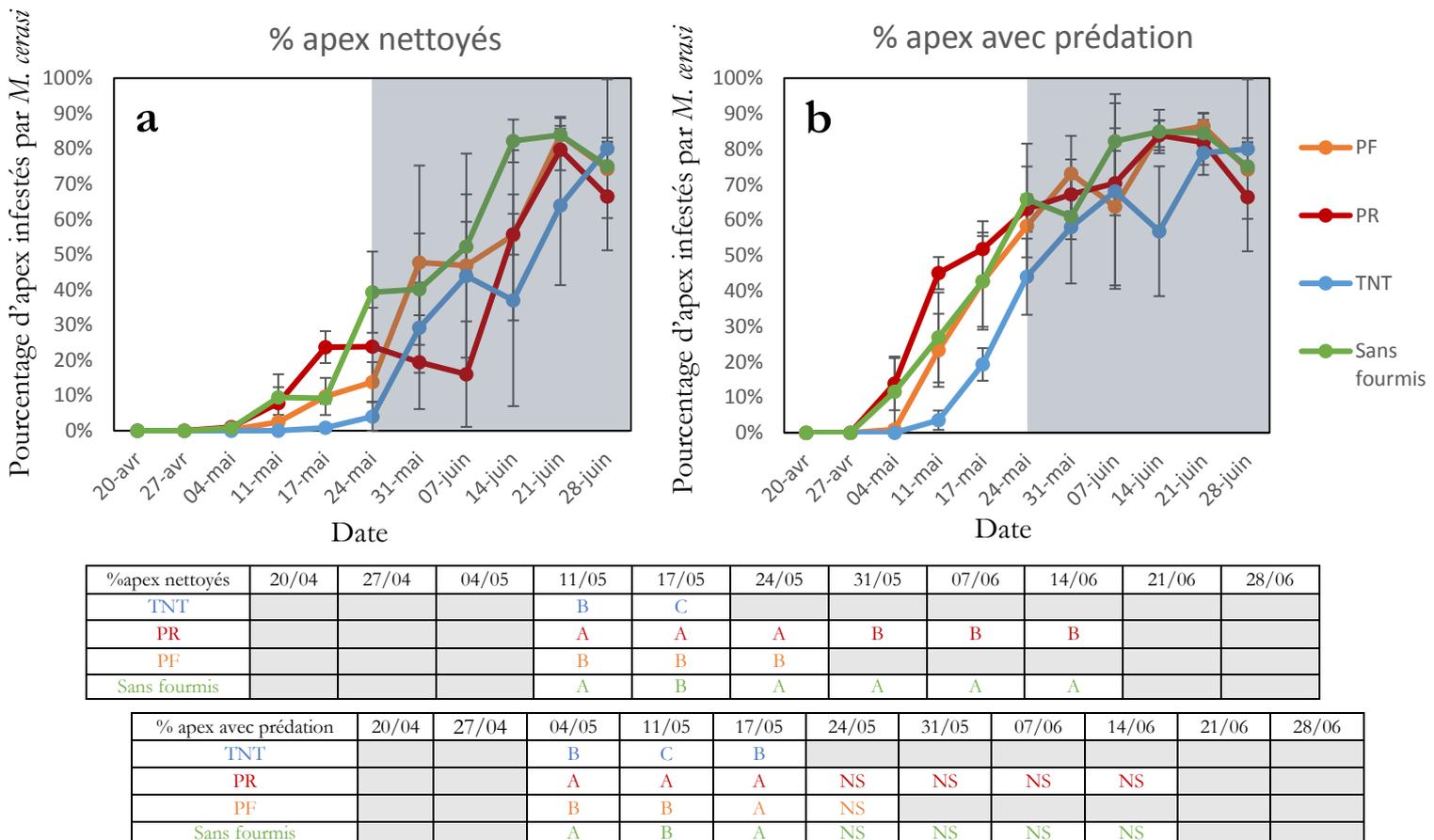
La prédation au sein de la parcelle témoin a été significativement la moins forte à chaque date de notation. Les auxiliaires étaient peut-être présents mais moins efficaces, ou bien ils étaient en quantité moindre par rapport aux autres parcelles. Cela indique que les trois autres parcelles ont bien favorisé la prédation sur *Myzus cerasi*. C'est un des résultats attendus pour l'utilisation de plantes-réservoirs et de plantes-fleuries, comme l'ont montré des études ayant recours à ces deux types de plantes de service (Ferre 2011, Higashida 2016). Pour ce qui est de l'impact positif de l'exclusion des fourmis, le lien doit encore être vérifié.

La prédation observée des modalités PF et 'Sans fourmis' a eu la même importance, confirmée par les tests statistiques. Cependant, la proportion d'apex nettoyés était significativement plus élevée à plusieurs dates pour la parcelle 'Sans fourmis'. L'impact sur la prédation de l'exclusion des fourmis seule a donc été plus bénéfique que l'effet des plantes-fleuries. Ainsi, empêcher les fourmis de protéger les pucerons semble être plus efficace qu'attirer davantage d'auxiliaires au moyen des plantes-fleuries. Cette supposition n'a pas pu être vérifiée dans le cadre de l'essai car estimer le taux de protection que les fourmis apportent aux pucerons est très difficile sur le terrain.

La modalité PR s'est comportée sensiblement comme les deux précédentes. Mais en début d'infestation, la prédation était plus importante (11 et 17 mai). Pourtant, une stabilisation du taux d'apex nettoyés du 17 mai au 07 juin indique que les auxiliaires, bien que présents, n'ont pas été efficaces. Pour comprendre ce phénomène, il faut comprendre quel(s) type(s) de prédateurs et quel(s) stade(s) ont agi pendant les différentes phases d'infestation du ravageur. Il est possible que des stades pas encore fonctionnels en tant que prédateurs, comme des œufs, étaient les seuls présents lors du plateau. Les stades fonctionnels comme les larves se trouvaient alors ailleurs, sur les groseilliers par exemple. Cela confirmerait la supposition faite d'une séparation des auxiliaires entre la culture et les plantes-réservoirs et d'une préférence potentielle des prédateurs pour les groseilliers.



**Figure 30.** Comparaison des infestations de niveaux 2 et 3 entre les quatre modalités de l'essai pour chaque date de notation. Les barres d'erreur représentent l'écart-type mesuré à partir des moyennes des 4 rangs de cerisiers. Les tableaux sous la figure représentent les résultats des tests de deux proportions (risque  $\alpha = 5\%$ ). Les zones grisées correspondent à la période d'invalidation du témoin.



**Figure 31.** Évolution de la prédation de *M. cerasi* par les prédateurs pour les quatre modalités de l'essai. Les barres d'erreur représentent l'écart-type mesuré à partir des moyennes des 4 rangs de cerisiers. Les tableaux représentent les résultats des tests de deux proportions (risque  $\alpha = 5\%$ ). La zone grisée de chaque graphe correspond à la période d'invalidation du témoin.

### V.B.3. Lien entre l'infestation et les prédateurs de foyer

En termes de proportions entre auxiliaires de foyer et généralistes, toutes les modalités étaient équivalentes : les auxiliaires de foyer étaient bien plus représentés que les généralistes (Annexe VI). La méthode de notation n'était pas adaptée pour avoir une représentativité correcte de la population d'auxiliaires généralistes fréquentant les parcelles. À l'inverse des prédateurs de foyer, ils ne restent pas près des colonies. S'ajoute à cela l'incapacité d'estimer les auxiliaires nocturnes. C'est pourquoi la suite de l'analyse se concentrera sur l'effet sur le contrôle de *M. cerasi* de la catégorie des prédateurs de foyer uniquement.

La figure 32 présente les ratios moyens du nombre total de prédateurs de foyer par le pourcentage d'apex infestés par *M. cerasi* des quatre modalités. Le ratio du témoin a été le plus faible tout au long de l'infestation, ce qui traduit bien le fait que cette parcelle ait reçu le plus faible taux de prédation et donc les dégâts les plus importants.

Les ratios des modalités PF et 'Sans fourmis' étaient en hausse à la suite des pics d'infestation, et sont montés plus haut que le témoin : cela correspondrait à la régression plus rapide de la population de *M. cerasi* observée pour les deux modalités. Pour la modalité PR, le ratio plus élevé que les trois autres modalités fin avril / début mai est contradictoire avec la vitesse de propagation élevée constatée sur la figure 28. Le plateau jusqu'au 24 mai indique une continuité de la pression de prédation. Puis, une augmentation importante de la prédation explique la baisse de l'infestation à partir du 07 juin. Cela rejoint l'hypothèse faite que les groseilliers aient attirés les prédateurs de foyer au détriment des cerisiers, pendant la première partie de l'infestation.

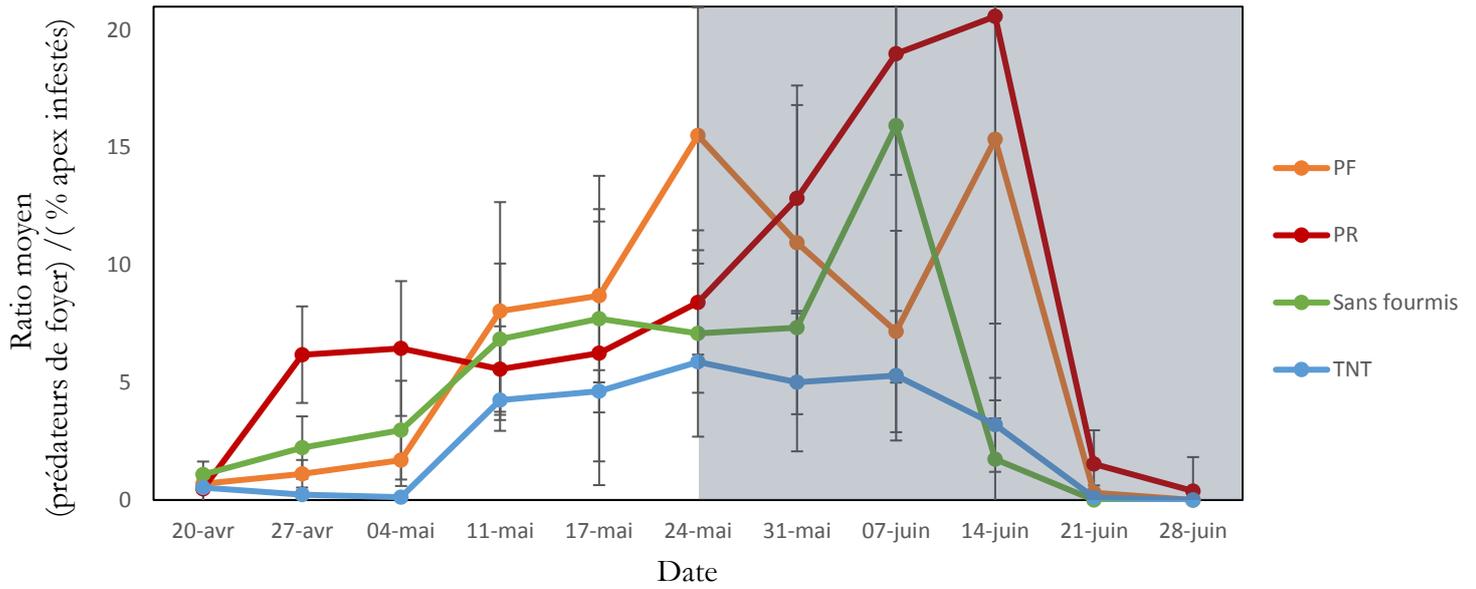
Pour toutes les modalités, ce sont les prédateurs de foyer actifs à la période fin mai – courant juin les responsables principaux de la régression du puceron. Les prédateurs présents à la mi-mai ont, eux, joué un rôle sur l'infestation maximale.

### V.B.4. Identification des prédateurs de foyer au cours de l'essai

La figure 33 rassemble les évolutions des différents stades de développement de chaque catégorie de prédateur de foyer. Seuls les stades impliqués dans la prédation à la date même sont représentés, c'est-à-dire les larves de toutes les catégories et les adultes coccinelles.

La présence de larves de syrphes et de chamaemyiides était la plus forte aux alentours du 17 mai pour les parcelles témoin, PF et 'Sans fourmis'. Le contrôle du puceron par ces larves interviendrait donc lorsque le puceron est proche de son pic d'infestation. Cependant, les nombres moyens de larves sont équivalents pour les trois modalités. Les pics d'infestation plus faibles des parcelles PF et 'Sans fourmis' comparés au témoin ne s'expliquent donc pas par la prédation des larves de syrphes et chamaemyiides uniquement.

Dans la parcelle PR, la présence de ces larves s'est stabilisée du 04 mai au 07 juin, en nombres plus faibles que les trois autres parcelles. Or, la forte présence de ces larves a atteint son pic le 16 mai dans les groseilliers, de même ampleur que les trois autres parcelles. Cela suggère que les larves étaient bien présentes dans la parcelle, mais qu'elles ont agi sur les pucerons présents dans les groseilliers, visiblement au détriment de *M. cerasi* dans les cerisiers. Ce choix préférentiel de proies a déjà été montré chez certains prédateurs polyphages comme des punaises anthocorides prédatrices de pucerons (Meyling et al. 2003) : les résultats ici semblent montrer un cas équivalent.



**Figure 32.** Évolution du ratio (prédateurs de foyer/infestation de *M. cerasi*) des quatre modalités. Les barres d'erreur représentent l'écart-type mesuré à partir des moyennes des 4 rangs de cerisiers. La zone grisée correspond à la période d'invalidation du témoin.

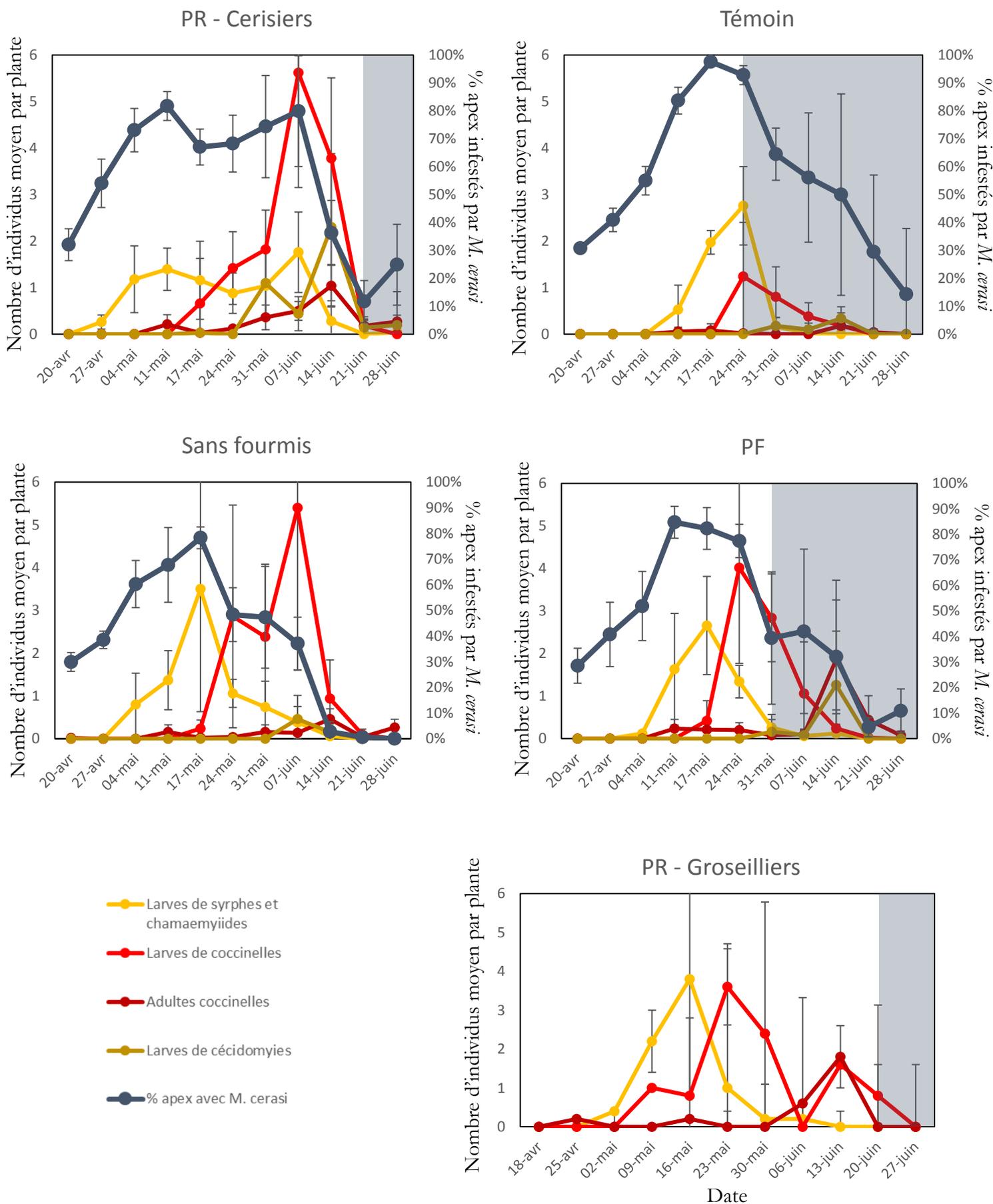
Les larves de coccinelles ont été en moyenne plus présentes dans les parcelles PR, PF et ‘Sans fourmis’, par rapport au témoin. Leur activité semble correspondre à la phase de régression du puceron. Notamment, la forte présence des larves de coccinelles dans les parcelles ‘Sans fourmis’ et PF pourrait expliquer la régression plus rapide du puceron.

Les larves de cécidomyies et les adultes de coccinelles ont surtout été présents pour les modalités avec plantes de service, mais leurs effectifs sont restés assez faibles.

De manière générale, des données manquent pour comprendre les différences constatées entre modalités. Les prédateurs de foyer à eux seuls n’expliquent pas les différentes évolutions de l’infestation par *Myzus cerasi* observées.

Cependant, un impact faiblement positif sur la prédation par les auxiliaires est attribué aux deux types de plantes de service. Les plantes-réservoirs ont eu un effet inattendu. Les groseilliers ont probablement détourné les syrphes des cerisiers, rendant l’infestation du puceron en début d’essai plus importante. Les plantes-fleuries ont attiré plus de coccinelles que le témoin, mais ont subi presque autant de dégâts. Cela suggère que les coccinelles ont surtout servi pour le contrôle du puceron pendant la phase de régression, c’est-à-dire une fois que les dégâts sur les cerisiers étaient déjà générés.

Les cerisiers de la parcelle ‘Sans fourmis’ ont montré la plus faible gravité des symptômes. Cela est sans doute lié à une meilleure efficacité des prédateurs spontanés tout au long de l’essai, en particulier pour la phase de régression du puceron pendant laquelle l’exclusion des fourmis a été totale.



**Figure 33.** Évolution des nombres moyens par plante des différents stades de développement des prédateurs de foyer pour les quatre modalités et pour les groseilliers de la modalité PR (en bas à droite), pendant la première infestation de *M. cerasi*

Les barres d'erreur représentent l'écart-type mesuré à partir des moyennes des 4 rangs de cerisiers. Les zones grisées correspondent à la période d'invalidation de chaque modalité. La légende en bas à gauche est valable pour tous les graphiques.

---

## VI. LIMITES ET PERSPECTIVES DE L'ESSAI 2018

---

### VI.A. Possibles interactions inter-parcellaires et environnementales

---

Les insectes, en particulier les insectes volants, ont une capacité de dispersion importante. Certaines études ont été menées sur les distances que parcouraient certains auxiliaires des cultures à la recherche d'alimentation, de partenaires ou d'hôtes. Pour cet essai, cela implique qu'il a pu y avoir des interactions entre les parcelles.

D'autre part, une assez grande diversité de plantes se trouvait directement autour des parcelles. Le relevé des auxiliaires autour et sur ces plantes n'a pas été fait pendant l'essai. Pourtant, cela aurait permis d'exclure ou non la possibilité d'interférence entre les plantes avoisinant les parcelles et les plantes de service. Par exemple, sur la liste des plantes présentes dans l'environnement direct des parcelles, certaines ont fleuri pendant l'essai, surtout au niveau de la zone 1. Cela a pu générer une hétérogénéité spatiale, ces plantes pouvant être considérées comme potentielles plantes-fleuries. Le renouvellement de l'essai en alternant les traitements des parcelles serait utile pour juger de leur impact.

### VI.B. Exclusion imparfaite des fourmis

---

Vu les résultats obtenus pour la parcelle 'Sans fourmis', il serait très intéressant de renouveler l'essai cette fois-ci en utilisant de la glu arboricole dès le départ, pour exclure complètement l'interaction fourmis-pucerons. En termes quantitatifs, l'exclusion des fourmis a favorisé le nombre d'auxiliaires de foyer fréquentant la parcelle ainsi que leur efficacité. L'exclusion en début d'essai aurait supposément réduit le pic d'infestation du puceron.

### VI.C. Combinaison des modalités

---

Pour cet essai, un seul facteur était testé par modalité. Étant donné les effets positifs de la parcelle 'Sans fourmis' suggérés par les données, il serait judicieux de renouveler les tests en combinant l'action des plantes-réservoirs et des plantes-fleuries en plus d'exclure les fourmis des systèmes foliaires des cerisiers. Mais même si cela permettait un contrôle plus efficace du puceron, cela complexifierait encore plus l'interprétation des résultats, avec toutes les interactions possibles qui viendraient s'ajouter à une situation de base sans plantes de service et avec fourmis.

### VI.D. Deuxième infestation de *Myzus cerasi*

---

L'essai 2017 n'a subi qu'une vague d'infestation du puceron. Or, en 2018, une deuxième infestation de *M. cerasi* a fait suite à la première, à partir du 28 juin. Wimshurst (1925) décrit le cycle

de vie de *M. cerasi* comme diécique obligatoire, dès lors une deuxième vague d'infestation est un résultat surprenant.

L'un des scénarios possibles est que *M. cerasi* reste sur la parcelle tant qu'il n'est pas défavorisé par les conditions climatiques. Ces dernières ayant été particulièrement favorables cette année, le puceron est resté. Il est possible que quelques migrations aient eu lieu, même si peu de pucerons ailés ont été observés avant septembre 2018. L'arrêt du flux de sève des cerisiers pendant l'été engendre la migration du puceron. Or, les cerisiers de l'essai ont continué leur pousse du fait de leur entretien par arrosage durant l'essai. Le puceron n'a pas été contraint de migrer.

Un autre scénario, pouvant être complémentaire du premier, est que les fourmis sont responsables de la deuxième vague du puceron. La deuxième infestation n'a concerné que les modalités témoin, PF et PR (les deux premières ayant un effectif de cerisiers réduits). Aucun puceron, après leur première régression, n'a été observé dans la parcelle 'Sans fourmis', qui excluait cette fois les fourmis complètement. Cela apporte encore plus d'intérêt à l'exclusion des fourmis des parcelles, mais cette supposition demande à être confirmée.

## VI.E. Représentativité de la population d'auxiliaires

---

Des tentatives d'utilisation d'une BEECAM pour observer l'entomofaune nocturne et potentiellement les prédateurs nocturnes de *M. cerasi* a été lancée pendant l'essai, mais le nombre de tests était insuffisant pour obtenir des résultats exploitables. Renouveler l'approche de la BEECAM pourrait être très utile pour tenter d'identifier les prédateurs nocturnes en partie responsables du contrôle de *M. cerasi*, s'il y en a. L'utilisation de la BEECAM selon un protocole adapté permettrait même de quantifier ces prédateurs.

Cette caméra, disposée près des plantes-fleuries la journée, pendant la période d'activité des insectes floricoles, serait un bon outil pour estimer le pouvoir d'attraction de différentes plantes en tant que plantes-fleuries ou plantes-réservoirs. Des indicateurs comme le nombre de visites et la durée moyenne des visites pourraient servir pour comparer les différentes espèces et leur impact. Plus généralement, avoir des vidéos pour appuyer les notations faciliterait la compréhension de la dynamique des auxiliaires au sein des parcelles avec plantes de service.

---

## CONCLUSION

---

Cet essai a permis de confirmer certaines hypothèses concernant l'interaction entre les fourmis et les pucerons, vraisemblablement positive pour les deux partis dans le cas de *Myzus cerasi* et des espèces de fourmis dont l'activité d'élevage a été observée pendant les notations.

L'utilisation de plantes-réservoirs, aux résultats inattendus, a apporté de nouvelles questions. Avoir recours à ce type de plantes de service apporte des interactions supplémentaires au sein des parcelles qui sont encore mal connues, notamment des déplacements entre les groseilliers et les cerisiers dans ce cas. Les auxiliaires de foyer ont été les principaux agents de contrôle dans cette étude : cette affirmation demande cependant à être confirmée par une étude plus poussée et adaptée des auxiliaires généralistes et des auxiliaires nocturnes pouvant réguler la population du puceron.

Toutefois, d'après les résultats, les syrphes semblent être les acteurs capables de réguler le pic d'infestation par *M. cerasi*, alors que les coccinelles, larves et adultes, ont plutôt été les agents de contrôle responsables de la régression de la population. Retravailler les stratégies de favorisation de ces différents auxiliaires de foyer aux moments où ils sont présents en abondance est une piste d'amélioration de l'utilisation de plantes-réservoirs. Pour l'instant, leur utilisation en système agricole reste inadaptée à un contrôle régulier du puceron.

L'exclusion des fourmis pendant la durée de menace du puceron s'est révélée une alternative fort intéressante pour, d'une part, bloquer la ré-infestation du puceron si les conditions climatiques sont propices à son maintien sur son hôte primaire et pour, d'autre part, favoriser son contrôle par les auxiliaires spontanés. Une autre hypothèse émise à la suite des observations est que l'absence de fourmis ralentirait la prolifération du puceron en début d'émergence : cela reste à confirmer par de nouveaux tests.

La complexité de l'interaction plante-proie-prédateur rend l'utilisation de plantes de service délicate et complexe, en particulier les plantes-réservoirs. Les effets engendrés sur l'infestation du ravageur ne peuvent être prédits. De plus, la variabilité d'attraction des auxiliaires ne permet pas encore d'assurer l'obtention de plants de qualité de manière systématique et constante sur plusieurs années. Plus les études pousseront vers la compréhension de ces relations trophiques, plus les itinéraires techniques pourront être adaptés en vue de favoriser les ennemis naturels des ravageurs des cultures.

## ANNEXES

**Annexe I.** Types de plantes de service servant à contrôler le comportement des ravageurs ou des auxiliaires (les ravageurs, auxiliaires et plantes de service travaillés par Astredhor sont surlignés en jaune)

| Type de plantes de service           | Effet sur l'agroécosystème   | Type de bioagresseurs ou auxiliaires concernés                                     | Exemple de ravageurs/auxiliaires ciblés                                       | Exemple de plantes de services   | Références bibliographiques                                       |
|--------------------------------------|--|--|---|--|---|
| Plante-piège<br>Plante-indicatrice   | Détournement du ravageur de la culture vers la plante-piège ou plante-indicatrice  | Ravageurs polyphages, mobiles à cycle assez lents                                  | Aleurodes   | Aubergine<br>Melon   | Ke Jian, 2006 ; Ferre, 2008, 2011; Ferre et Hebbinkuys 2013a et b |
|                                      |  |  | Otiorthynque  | Bergénia   |   |
|                                      |  |  | Altises   | Moutarde   | Zahavi et al., 2007   |
|                                      |  |  | Cicadelle   | Vitex agnus-castus   |   |
|                                      |  |  | Cochénilles farineuses  | Melon  | Easterbrook et Tooley, 1999<br>Buitenhus et Shipp, 2006 et 2007   |
|                                      |  |  | Punaise   | Matricaire   |   |
| Thrips                               | Chrysanthème<br>Sagine   |  |   |  |   |
| Plantes-répulsives                   | Détournement du ravageur de la culture par confusion sémio-chimique                | Ravageurs issus de l'environnement   | Pucerons, aleurodes, thrips...  | Ail<br>Tagètes   | Van Tol et al., 2007  |
| Plantes-fleurées                     | Attraction et entretien des auxiliaires floricoles                                 | Auxiliaires floricoles ou prédateurs de thrips floricoles                          | Syrphes, chrysopes, punaises Orius, thrips prédateurs                         | Potentille arbustive   | Ferre et Gourlay, 2011 ;<br>Ferre 2012                            |
| Plantes-nectarifères                 | Entretien des auxiliaires parasitoïdes   | Auxiliaires dont les adultes se nourrissent de nectar                              | Hyménoptères parasitoïdes, mouches tachinaires                                | Haricot à nectar extrafloral   | Manzano, 2013   |
| Plantes-pollinifères                 | Entretien des acariens prédateurs  | Auxiliaires pouvant se nourrir sur les plantes du pollen déposé sur leur feuillage | Acariens prédateurs<br>Phytoseiides (excepté <i>Phytoseiulus persimilis</i> ) | <i>Sorbaria sorbifolia</i> (espèce anémophile)   | Authier et al., 2012 ;<br>Pina et al., 2012                       |
| Plantes-réservoirs ou plantes-relais | Attraction et entretien des auxiliaires prédateurs ou parasitoïdes ou antagonistes | Auxiliaires ayant des larves et/ou adultes prédateurs. Champignons antagonistes    | Coccinelles, cécidomyies prédatrices, syrphes<br>Hyménoptères parasitoïdes    | <i>Asclepia incarnata</i> , groseillier<br><i>Asclepia incarnata</i><br>Orge, eleusine | Très nombreuses   |



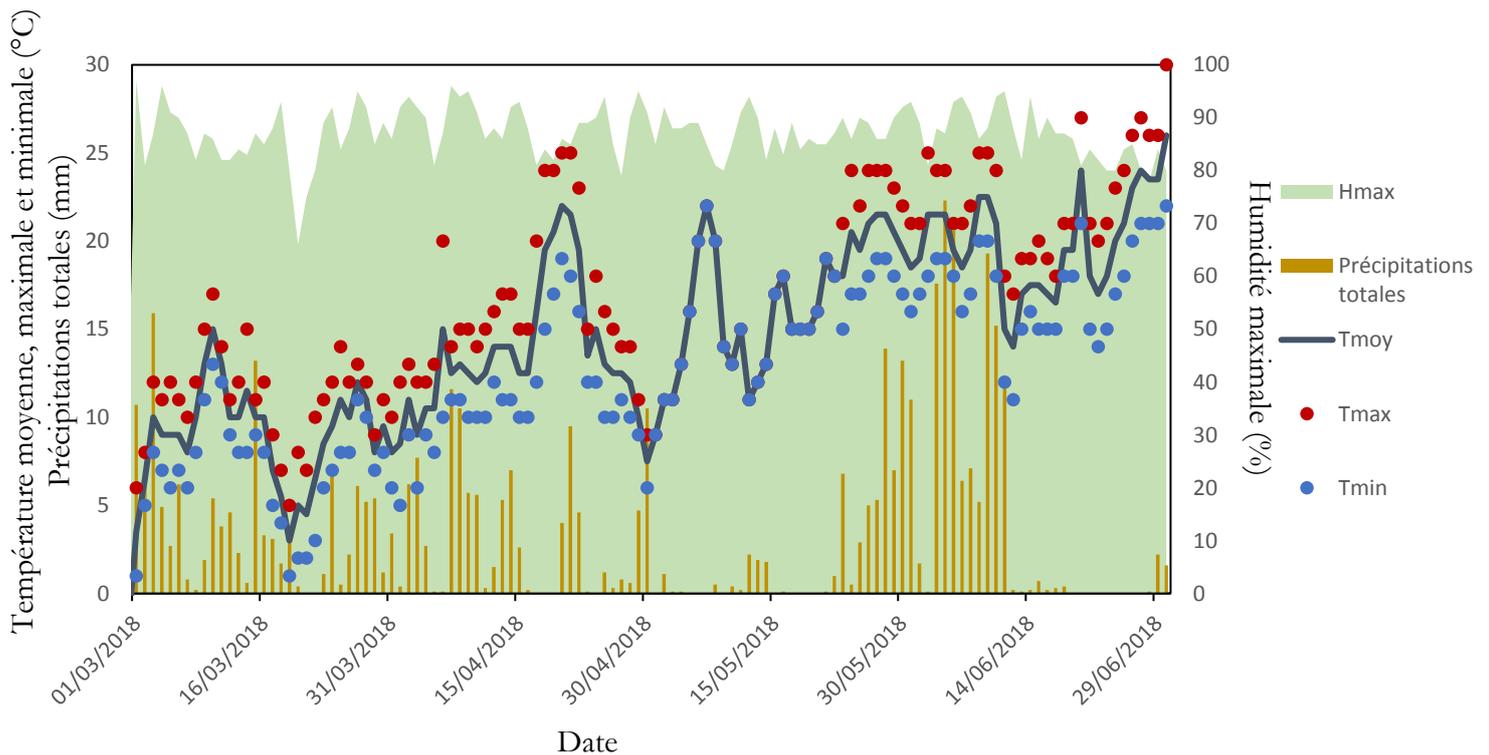
Légende :

- Zones urbaines
  - Cultures horticoles (serres, tunnels, hors-sol, pleine terre)
  - Cultures maraîchères et horticoles
  - Arboriculture (vergers de pommiers)
  - Cours d'eau
  - Prairies, haies et bosquets humides
- APL Aresthor Pays de la Loire (APL)

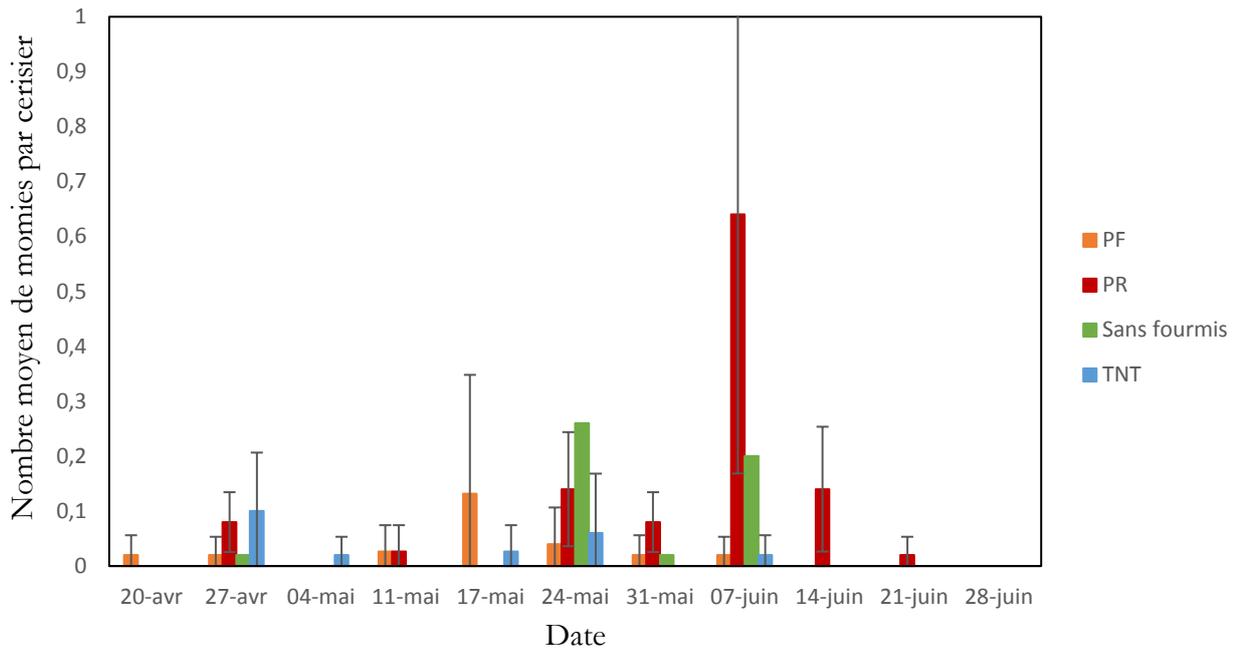
**Annexe II.** L'APL et son environnement organisé par zones paysagères  
(Source : Google Earth 2016, modifié par Lérault en 2018)

**Annexe III.** Tableau des différents rapports de corrélation calculés pour tester la liaison entre les rangs de cerisiers et la proportion d'apex infestés, pour chaque modalité

| Corrélation | TNT       | PR        | PF       | Sans fourmis |
|-------------|-----------|-----------|----------|--------------|
| 20-avr      | 0,0138205 | 0,1685252 | 0,203716 | 0,193329     |
| 27-avr      | 0,0399906 | 0,0902548 | 0,268816 | 0,03408442   |
| 04-mai      | 0,0412825 | 0,0445743 | 0,203861 | 0,08832731   |
| 11-mai      | 0,0413184 | 0,0324707 | 0,092546 | 0,2055276    |
| 17-mai      | 0,0673762 | 0,0365511 | 0,139744 | 0,02284116   |
| 24-mai      |           | 0,1043792 | 0,039394 | 0,06042889   |
| 31-mai      |           | 0,3296367 |          | 0,181243     |
| 07-juin     |           | 0,3377639 |          | 0,06945619   |
| 14-juin     |           | 0,077686  |          | 0,1681556    |
| 21-juin     |           |           |          | 0,05982906   |
| 28-juin     |           |           |          |              |

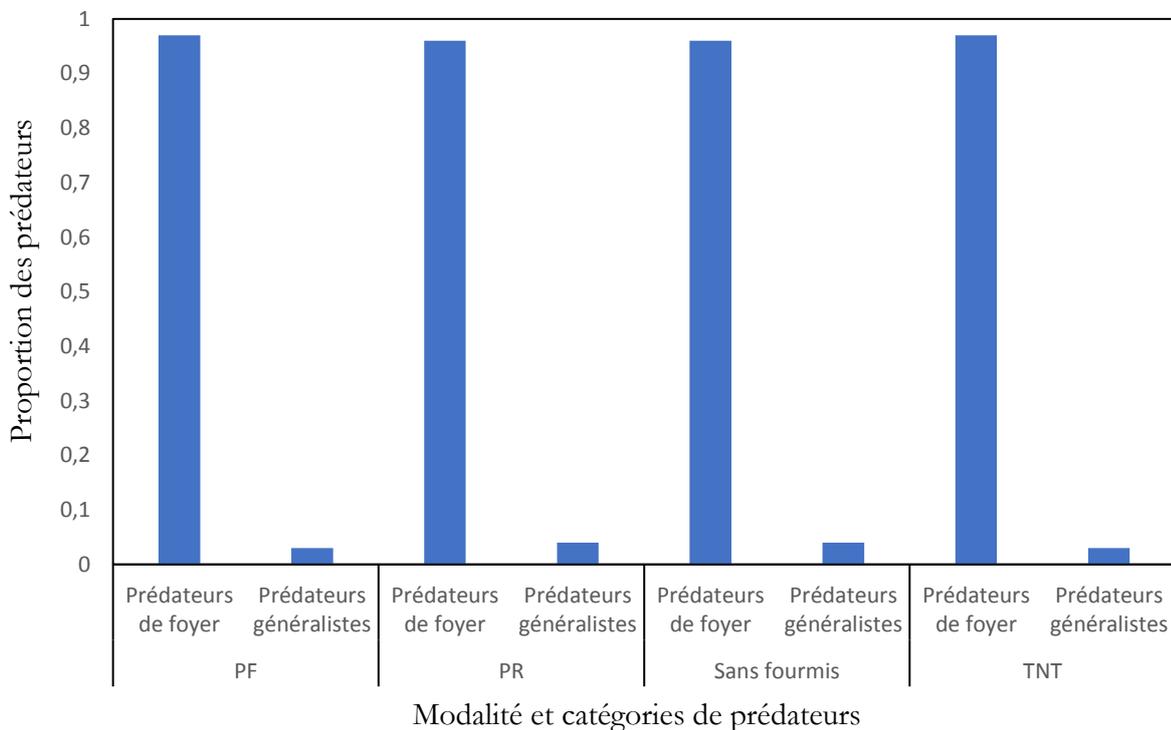


**Annexe IV.** Conditions météorologiques relevées par la station météorologique de Beaucoz (49) de mars à juin 2018 (période couvrant la première infestation de *M. cerasi*)  
(Source : d'après les données MétéoFrance 2018)



**Annexe V.** Nombre moyen de momies de *M. cerasi* trouvées par cerisier pour chaque modalité à chaque période de notation

*Les barres d'erreur représentent l'écart-type mesuré à partir des moyennes des 4 rangs de cerisiers.*



**Annexe VI.** Proportions relatives observées entre prédateurs de foyer et prédateurs généralistes des quatre modalités (toutes les dates de notation confondues)

---

## RÉFÉRENCES

---

### SITOGRAPHIE

---

- AOP Cerises de France. 2018. Les principales variétés de cerises. Consulté en ligne sur <http://www.cerises-de-france.fr/1.cfm?p=412-les-varietes-de-cerise> le 13/07/2018
- Cuthbertson A.G. & Murchie A.K. 2010. A brief life history of *Panonychus ulmi* (red spider mite) in apple orchards. *Applied Plant Science Division, DARD*. Consulté en ligne sur <https://eservices.ruralni.gov.uk/pdfs/crops/Red%20spider%20mite.pdf> le 14/07/2018
- INRA 2017. *Myzus cerasi* (Fabricius 1775) Puceron noir du cerisier. *Encyclop'Aphid*. Consulté en ligne sur <https://www6.inra.fr/encyclopedie-pucerons/Especes/Pucerons/Myzus/M.-cerasi> le 12/04/2018
- INRA 2018a. *Lyonetia clerkella* L. : mineuse des feuilles d'arbres fruitiers. *HYPPZ Zoologie*. Consulté en ligne sur <https://www7.inra.fr/hyppz/RAVAGEUR/3lyocle.htm> le 14/07/2018
- INRA 2018b. *Myzus cerasi* F. : puceron noir du cerisier. *HYPPZ Zoologie*. Consulté en ligne sur <https://www7.inra.fr/hyppz/RAVAGEUR/3myzcer.htm> le 13/07/2018
- INRA 2018c. Pucerons et fourmis : mutualisme. Les fourmis : amies ou ennemies ? *Encyclop'Aphid*. Consulté en ligne sur <https://www6.inra.fr/encyclopedie-pucerons/Pucerons-et-milieu/Pucerons-et-fourmis-mutualisme> le 18/08/2018
- INPN 2017. *Eriogaster lanestris* (Linnaeus, 1758). Consulté en ligne sur [https://inpn.mnhn.fr/espece/cd\\_nom/54766](https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/54766) le 13/07/2018
- Lebas C. 2018. Clé de reconnaissance des fourmis française. Consulté en ligne sur <http://cle.fourmis.free.fr/castes-fourmis.html> le 16/08/2018
- Santos F. 2015. Le rapport de corrélation : mesurer la liaison entre une variable qualitative et une variable quantitative. *Communication écrite*. Consulté en ligne sur [http://www.pacea.u-bordeaux1.fr/IMG/pdf/rapport\\_correl.pdf](http://www.pacea.u-bordeaux1.fr/IMG/pdf/rapport_correl.pdf) le 20/08/2018

### BIBLIOGRAPHIE

---

#### Ouvrages

- Baudet A. & Pringard N. 2018. Index acta phytosanitaire. 54<sup>ème</sup> édition. *ACTA Éditions*, Paris, p.928
- Boyer F. Ulrych R. Sellam M. & Lejeune V. 2017. Les auxiliaires des cultures. 4<sup>ème</sup> édition. *ACTA Éditions*, Paris, 113-128
- Charbonnier E. Dionisio C. & Pringard N. 2018. Index acta biocontrôle. 2<sup>ème</sup> édition. *ACTA Éditions*, Paris, p.229, 232, 310
- Coppel H.C. & Mertins J.W. 2012. *Biological insect pest suppression*. Volume 4. Springer Science & Business Media, 314p.
- Dussaix C. 2013. Syrphes de la Sarthe - éthologie, écologie, répartition et développement larvaire. *Invertébrés Armoricaïns, les Cahiers du GRETIA* 9, 284p.
- Godfray H.C.J. 1994. Parasitoids: behavioral and evolutionary ecology. *Princeton University Press*, Princeton, U.S.A., 473p.
- Häni F. Popow G. Reinhard H. Schwartz A. & Tanner K. 2004. Protection des plantes en production intégrée : les grandes cultures. 2<sup>ème</sup> édition. *LMZ Centrale des moyens d'enseignement agricole, Zollikofen*, 334p.
- Marc P. Canard A. & Ysne F. 1999. Spiders (Araneae) useful for pest limitation and bioindication, p.229-273. *In: Invertebrate Biodiversity as Bioindicators of Sustainable Landscapes*, M.G. Paoletti, Padova
- Reboulet J.N. 1999. Les auxiliaires entomophages – Guide pratique ACTA. 3<sup>ème</sup> édition. *ACTA Édition*, Paris, 85-87

Van Emden H.F. & Harrington R. 2017. Aphids as crop pests. 2nde edition. *CAB International*, Wallingford, 714p.

### Articles scientifiques

- Altieri M.A. & Letourneau D.K. 1982. Vegetation management and biological control in agroecosystems. *Crop protection* **1** (4), 405-430
- Ankersmit G.W. Dijkman H. Keuning N.J. Mertens H. Sins A. & Tacoma H.M. 1986. *Episyrphus balteatus* as a predator of the aphid *Sitobion avenae* on winter wheat. *Entomologia experimentalis et applicata* **42** (3), 271-277
- Antoniazzi L. 2007. El cultivo de la Viola. *Revista Horticultura* **199**, 44-47
- Baars M.A. 1979. Patterns of movement of radioactive carabid beetles. *Oecologia* **44** (1), 125-140
- 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** (1), 65-69
- Boivin G. 2001. Parasitoïdes et lutte biologique : paradigme ou panacée ? *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement* **2** (2)
- Bolda M.P. Goodhue R.E. & Zalom F.G. 2010. Spotted wing drosophila: potential economic impact of a newly established pest. *Agricultural and Resource Economics Update* **13** (3), 5-8
- Breen J.P. 1994. Acremonium endophyte interactions with enhanced plant resistance to insects. *Annual review of entomology* **39** (1), 401-423
- Burger P. Ruas M.P. Bouby L. & Terral J.F. 2016. Approche historique de l'agrobiodiversité du Cerisier (*Prunus avium* L./*Prunus cerasus* L.) en Europe Nord-Occidentale. *Food and History* **14** (2-3), 131-162
- Butault J.P. Delame N. Jacquet F. & Zardet G. 2011. L'utilisation des pesticides en France : état des lieux et perspectives de réduction. *Notes et études socio-économiques* **35**, 7-26
- Collins C.M. & Leather S.R. 2002. Ant-mediated dispersal of the black willow aphid *Pterocomma salicis* L.; does the ant *Lasius niger* L. judge aphid-host quality? *Ecological entomology* **27** (2), 238-241
- Daniel C. & Grunder J. 2012. Integrated management of European cherry fruit fly *Rhagoletis cerasi* (L.): Situation in Switzerland and Europe. *Insects* **3** (4), 956-988
- Ebejer M.J. & Bensusan K. 2010. Hoverflies (Diptera, Syrphidae) recently encountered on Gibraltar, with two species new for Iberia. *Dipterists Digest* **17**, 123-139
- Ehrenfeld J.G. 1979. Pollination of three species of *Euphorbia* subgenus Chamaesyce, with special reference to bees. *The American Midland Naturalist* **101** (1), 87-98
- El-Ziady S. & Kennedy J.S. 1956. Beneficial effects of the common garden ant, *Lasius niger* L., on the black bean aphid, *Aphis fabae* Scopoli. *Proceedings of the Royal Entomological Society of London. Series A, General Entomology* **31** (4-6), 61-65
- Ferre A. 2008. Lutte contre les aleurodes grâce à des plantes-piège. *Phytoma* **507**, 28-33
- Ferre A. & Hebbinckuys T. 2013. Plantes-pièges contre les aleurodes : l'aubergine est-elle bonne contrôleuse ? *Phytoma* **661**, 22-27
- Ferre A. 2016. Les plantes de service : pivot de la production alternative. *Phytoma* **691**, 22-26
- Frank S.D. 2010. Biological control of arthropod pests using banker plant systems: past progress and future directions. *Biological control* **52** (1), 8-16
- Gilmore J.E. 1960. Biology of the black cherry aphid in the Willamette Valley, Oregon. *Journal of Economic Entomology* **53** (4), 659-661
- Greene E. Orsak L.J. & Whitman D.W. 1987. A tephritid fly mimics the territorial displays of its jumping spider predators. *Science* **236** (4799), 310-312
- Higashida K. Yano E. Nishikawa S. Ono S. Okuno N. Sakaguchi T. 2016. Reproduction and oviposition selection by *Aphidoletes aphidimyza* (Diptera: Cecidomyiidae) on the banker plants with alternative prey aphids or crop plants with pest aphids. *Applied Entomology and Zoology* **51** (3), 445-456
- Holland J.M. & Luff M.L. 2000. The effects of agricultural practices on Carabidae in temperate agroecosystems. *Integrated pest management reviews* **5** (2), 109-129.

- Katis N.I. Tsitsipis J.A. Lykouressis D.P. Papapanayotou A. Margaritopoulos J.T. Kokinis G.M. & Manoussopoulos I.N. 2006. Transmission of *Zucchini yellow mosaic virus* by colonizing and non-colonizing aphids in Greece and new aphid species vectors of the virus. *Journal of Phytopathology* **154** (5), 293-302
- Kavallieratos N.G. Lykouressis D.P. Sarlis G.P. Stathas G.J. Segovia A.S. & Athanassiou C.G. 2001. The Aphidiinae (Hymenoptera: Ichneumonoidea: Braconidae) of Greece. *Phytoparasitica* **29** (4), 306-340
- Kennedy J.S. & Stroyan H.L.G. 1959. Biology of aphids. *Annual Review of Entomology* **4** (1), 139-160
- Kennelly M.M. Cazorla F.M. De Vicente A. Ramos C. & Sundin G.W. 2007. *Pseudomonas syringae* diseases of fruit trees: progress toward understanding and control. *Plant disease* **91** (1), 4-17
- Kianpour R. Fathipour Y. Kamali K. & Naseri B. 2010. Bionomics of *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae) and its predators *Coccinella septempunctata* and *Hippodamia variegata* (Coleoptera: Coccinellidae) in natural conditions. *Journal of Agricultural Science and Technology* **12**, 1-11
- Kobliha J. 2002. Wild cherry (*Prunus avium* L.) breeding program aimed at the use of this tree in the Czech forestry. *Journal of Forest Science* **48** (5), 202-218
- Koch R.L. 2003. The multicolored Asian lady beetle, *Harmonia axyridis*: a review of its biology, uses in biological control, and non-target impacts. *Journal of Insect Science* **3** (1), 16p.
- Kölliker M. 2007. Benefits and costs of earwig (*Forficula auricularia*) family life. *Behavioral Ecology and Sociobiology* **61** (9), 1489-1497
- Kruess A. & Tscharntke T. 1994. Habitat fragmentation, species loss, and biological control. *Science* **264** (5165), 1581-1584
- Lillrose T. Lang G.A. & Sundin G.W. 2013. Strategies to minimize bacterial canker in high density sweet cherry orchards. *Acta Horticulturae: VII International Cherry Symposium* **1161**, 457-462
- Lokar L.C. Maurich V. & Poldini L. 1986. Chemical aspect of floral biology in *Euphorbia fragifera*. *Folia Geobotanica et Phytotaxonomica* **21**(3), 277-285
- Malavolta C. Ponti I. Pollini A. Galassi T. Cravedi P. Molinari F. Brunelli A. Pasini, F. Missere D. Scudellari D. & Pissi M. 1995. The application of integrated production on stone fruits in Emilia-Romagna (Italy). *IOBC/WPRS Bulletin* **18** (2), 55-59
- Meeuse A.D.J. Vinkenoog S. & Vroege P.W. 1989. Anthecology of Euphorbia — preliminary studies. *Acta botanica neerlandica* **38** (4), 493-502
- Meyling N.V. Enkegaard A. & Brodsgaard H. 2003. Two Anthocoris bugs as predators of glasshouse aphids—voracity and prey preference. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **108** (1), 59-70
- Miñarro M. & Dapena E. 2001. Predators of the rosy apple aphid, *Dysaphis plantaginea* (Pass.), in Asturian (NW Spain) apple orchards. *IOBC WPRS BULLETIN* **24** (5), 241-246
- Nelson S. 2008. Scooty mold. *College of Tropical Agriculture and Human Resources: Plant Disease* **52**, 1-6
- Nielsen C. Agrawal A.A. & Hajek A.E. 2010. Ants defend aphids against lethal disease. *Biology letters* **6**, 205-208
- Offenberg J. 2001. Balancing between mutualism and exploitation: the symbiotic interaction between *Lasius* ants and aphids. *Behavioral Ecology and Sociobiology* **49** (4), 304-310
- Olden E.J. & Nybom N. 1968. On the origin of *Prunus cerasus* L. *Hereditas* **59** (2-3), 327-345
- Oliver T.H. Jones I.A.N. Cook J.M. & Leather S.R. 2008. Avoidance responses of an aphidophagous ladybird, *Adalia bipunctata*, to aphid-tending ants. *Ecological Entomology* **33** (4), 523-528
- Patil N.B. Mallapur C.P. & Sujay Y.H. 2011. Efficacy of *Acremonium zeylanicum* on sugarcane woolly aphid under laboratory conditions. *International Journal of Plant Protection* **4** (2), 279-283
- Rakhshani E. 2012. Aphid parasitoids (Hymenoptera : Braconidae, Aphidiinae) associated with pome and stone fruit trees in Iran. *Journal of Crop Protection* **1** (2), 1-95
- Riechert S.E. & Lockley T. 1984. Spiders as biological control agents. *Annual review of Entomology* **29** (1), 299-320

- Santi F. Muranty H. Dufour J. & Paques L.E. 1998. Genetic parameters and selection in a multisite wild cherry clonal test. *Silvae Genetica* **47** (2), 61-66
- Selosse M.A. Baudoin E. & Vandenkoornhuysse P. 2004. Symbiotic microorganisms, a key for ecological success and protection of plants. *Comptes rendus biologies* **327** (7), 639-648
- Stadler B. & Dixon A.F. 2005. Ecology and evolution of aphid-ant interactions. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, **36**, 345-372
- Stiling P. 1993. Why do natural enemies fail in classical biological control programs? *American Entomologist* **39**, 31-37
- Strand M.R. & Obrycki J.J. 1996. Host specificity of insect parasitoids and predators. *BioScience* **46** (6), 422-429
- Stutz S. & Entling M.H. 2011. Effects of the landscape context on aphid-ant-predator interactions on cherry trees. *Biological Control* **57** (1), 37-43
- Takizawa T. & Yasuda H. 2006. The effects of attacks by the mutualistic ant, *Lasius japonicus* Santschi (Hymenoptera: Formicidae) on the foraging behavior of the two aphidophagous ladybirds, *Coccinella septempunctata* brucki Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae) and *Propylea japonica* (Thunberg)(Coleoptera: Coccinellidae). *Applied entomology and zoology* **41** (1), 161-169
- Van Emden H.F. Eastop V.F. Hughes R.D. & Way M.J. 1969. The ecology of *Myzus persicae*. *Annual Review of Entomology* **14** (1), 197-270
- Wimshurst F. 1925. The Cherry Black Fly (*Myzus cerasi*). *Bulletin of Entomological Research* **16** (1), 85-94

### Comptes-rendus et communications

- Agreste. 2013. Les Dossiers – Juin 2013 **16** (2). Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation
- Egon J. 2017. Contrôle du puceron noir du cerisier (*Myzus cerasi*) à l'aide de plantes de service. *Mémoire de fin d'études – Master 2 Écologie et Développement Durable*, 48p.
- Ferre A. & Gourlay A. 2011. Utilisation de plantes-fleuries au sein de cultures non fleuries en protection intégrée par conservation. *AFPP – Quatrième conférence internationale sur les méthodes alternatives en protection des cultures*, Lille, 10p.
- Ferre A. 2014. Caractérisation de l'entomofaune attirée par diverses plantes-fleuries et plantes-réservoirs - Travaux réalisés en 2012 par l'AREXHOR Pays de la Loire. *Compte-rendu Astredhor Loire-Bretagne Site d'Angers*, Angers, 16p.
- Ferre A. 2017. Annexe 4 – Descriptif du projet : diagnostic précoce et plantes de service en cultures spécialisées, volet 2. *Appel à projet 2018 FranceAgriMer et Région Pays de la Loire*, 55p.
- Nixon G.E.J. 1951. The association of ants with aphids and coccids. *Commonwealth Institute of Entomology*, London, 36p.