



**HAL**  
open science

# Rapport scientifique du projet RéPARe: Régulation Par les Araignées des Ravageurs en vergers

Pierre Franck

► **To cite this version:**

Pierre Franck. Rapport scientifique du projet RéPARe : Régulation Par les Araignées des Ravageurs en vergers. INRA, Unité de Recherche de Plantes et Systèmes de culture Horticoles, domaine Saint-Paul, 84914 Avignon Cedex 9; CTIFL, Centre de Balandran, 30127 Bellegarde; CEHM, Station SudExpé, Mas Carrière, 34590 Marsillargues; La Morinière, Station expérimentation fruitière, 37800 Saint-Epain. 2018. hal-04670850

**HAL Id: hal-04670850**

**<https://hal.science/hal-04670850v1>**

Submitted on 13 Aug 2024

**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.

Public Domain

	<p><b>Appel à projets de recherche « Biodiversité-Ecophyto »</b></p> <p>La biodiversité pour réduire l'emploi des produits phytosanitaires</p> <p><b>Rapport scientifique du projet RÉPARE :</b></p> <p>Régulation Par les Araignées des Ravageurs en vergers</p>	
---	---	---

Le rapport final du projet RÉPARE est organisé en quatre chapitres correspondant à la fiche de synthèse, le rapport d'activité, le rapport scientifique et les contributions au plan écophyto et à l'agroécologie.

Les références entre crochets correspondent aux publications et produits issus de RÉPARE et qui sont listés à la fin du rapport d'activités. La fiche de synthèse correspond au livret Ecophyto demandé conjointement au rapport final ; elle peut être lue indépendamment des autres chapitres.

### **1. Fiche de synthèse pour *Ecophyto***

Nom du projet : RÉPARE

Titre du projet : Régulation Par les Araignées des Ravageurs en vergers

Année de démarrage : 2014

Année de fin : 2017

Responsable scientifique : Pierre FRANCK

Partenaires : INRA, Ctifl, La Morinière, CEHM

Financements : 114,346 euros

Mot clés : arboriculture – insectes ravageurs – Araneae – lutte biologique par conservation – dispersion – prédation – biodiversité fonctionnelle – relation trophique

En quelques mots : Le projet RÉPARE vise à comprendre les facteurs agro-écologiques susceptibles de modifier la répartition spatio-temporelle des araignées en verger de pommiers. Il s'appuie sur le doctorat de Manon Lefebvre co-encadré par l'INRA et le Ctifl. Il ouvre quelques pistes fondées sur les principes de l'agroécologie pour favoriser le contrôle biologique des insectes ravageurs par des prédateurs généralistes encore trop souvent ignorés, les araignées.

#### Contexte et objectifs :

Le projet RÉPARE s'inscrit dans le contexte du plan Ecophyto et de la recherche de modalités de protection des vergers contre les ravageurs qui soient moins dépendantes de l'utilisation d'insecticides.

L'objectif général est de tester si la diminution des insecticides a un effet positif sur la communauté des araignées et, en cascade, sur le contrôle biologique précoce des deux principaux insectes ravageurs du pommier, le carpocapse et le puceron cendré. Il vise aussi à préciser les facteurs

(pratiques culturales, ressources trophiques) affectant le fonctionnement des communautés d'araignées et à définir les conditions environnementales qui sont favorables à leur rôle fonctionnel (colonisation des vergers et prédation des insectes ravageurs).

Une première tâche s'intéresse aux facteurs structurant la communauté des araignées en verger de pommiers. Une seconde tâche étudie la dispersion des araignées en lien avec l'environnement semi-naturel environnant les vergers. Enfin, une dernière tâche porte sur les relations trophiques entre la communauté des araignées et les principaux insectes ravageurs et auxiliaires présents dans le verger.

#### Principaux résultats et intérêts en lien avec le plan Écophyto :

Le projet RéPARE a reposé sur un vaste effort d'échantillonnage en vergers de pommiers (plus de 3000 araignées appartenant à 27 familles et près de 100 espèces différentes), à la fois dans le nord et le sud de la France, sur l'ensemble des 4 saisons et en utilisant plusieurs méthodes de captures (pot barber, bande cartonnée, frappage, chasse à vue, piège à cornet). Les abondances et les groupes taxonomiques observés sont souvent très variables entre vergers, rendant difficile la caractérisation de facteurs structurant les communautés. Les captures de familles et d'espèces d'araignées varient sensiblement entre saisons et en fonction du type de piégeage [1]. Ainsi, les Salticidae et les Philodromidae qui représentent près de la moitié des captures sont majoritairement collectées dans les bandes pièges cartonnées et par frappage, respectivement. Des espèces nocturnes comme *Cheiracanthium mildei* (Eutichuridae) ou *Anyphaena accentuata* (Anyphaenidae) qui sont très abondantes dans les bandes cartonnées à l'automne et en hiver, sont presque exclusivement capturées par frappage ou chasse à vue le reste de l'année. Les suivis réalisés en verger expérimentaux montrent toutefois que l'utilisation de produits phytosanitaires impacte négativement le nombre d'araignées au printemps, alors que les abondances d'araignées dans les pommiers ne sont pas significativement différentes entre vergers conduits en protection intégrée, en agriculture biologique et sans insecticides, plus tôt, à la sortie de l'hiver [1]. La présence de *C. mildei* à l'automne dépend aussi largement des pratiques de lutte contre les bioagresseurs : *C. mildei* est significativement plus abondante dans les vergers commerciaux utilisant des filets de protection contre le carpocapse et dans les vergers sans filet faiblement traités et environnés de vergers en agriculture biologique [2].

Les suivis de déplacement des araignées au printemps grâce au marquage de la faune auxiliaire avec une solution de blanc d'œuf pulvérisée sur une haie adjacente au verger a permis de mettre en évidence des déplacements quotidiens entre le verger et cette haie. Ces déplacements pourraient être en partie modulés par les caractéristiques des haies, les plus larges retenant par exemple davantage les Philodromidae [3].

Les analyses moléculaires révèlent la présence d'ADN de puceron cendré et de carpocapse dans les estomacs de la plupart des familles araignées collectées en verger. Pour autant, le contrôle biologique exercé par les araignées sur les ravageurs reste difficile à quantifier sur le terrain ; une régulation significative du nombre de colonies de pucerons cendrés sur les pommiers n'a pu être observée que pour les Philodromidae [1]. Les tests de prédation conduits au laboratoire sur des araignées de la frondaison montrent des préférences alimentaires différentes entre espèces en fonction du stade, de la taille et de la nature des proies. Bien que *C. mildei* et *A. accentuata* soient des prédateurs particulièrement généralistes, ils préfèrent manger des pucerons plutôt que d'autres prédateurs de pucerons comme des syrphes ou des coccinelles [4].

L'ensemble de ces résultats met en lumière le rôle majeur des araignées sur le contrôle biologique des ravageurs en verger de pommiers, lequel peut être extrapolé à d'autres cultures compte-tenu de leur faible spécialisation alimentaire même si le mode chasse est lié à certaines familles de proies. Les araignées sont de toute évidence un groupe important à préserver dans les cultures et ses abords, notamment à la sortie de l'hiver avant l'établissement de trop fortes populations de ravageurs.

#### Lien avec le plan Ecophyto :

Perspective de transfert : Le projet RéPARE met en lumière le rôle des araignées de la frondaison sur le contrôle biologique des ravageurs en verger de pommiers, lequel peut probablement être extrapolé à d'autres cultures, notamment pérennes, étant donnée leur faible spécialisation alimentaire. Les araignées sont de toute évidence un groupe de prédateurs à préserver dans les cultures et leurs abords. L'installation d'abris artificiels et une attention particulière lors des traitements insecticides précoces pourraient favoriser le maintien dans les cultures de nombreuses espèces d'araignées et un contrôle biologique plus précoce des populations de ravageurs à la sortie de l'hiver afin d'éviter leurs pullulations.

Perspective de recherche : Le projet RéPARE confirme la faible spécialisation trophique des araignées et leur grande diversité taxonomique dans les agroécosystèmes. Cette biodiversité fonctionnelle reste pour autant difficile à piloter pour renforcer le contrôle biologique des ravageurs dans les cultures. La biologie et l'écologie de la plupart des espèces d'araignées restent méconnues. Ce manque est indéniablement un frein au développement de méthodes de lutte biologique par conservation qu'il conviendrait de combler pour prédire les dynamiques de populations des espèces d'araignée les plus abondantes et identifier des leviers agro-écologiques de gestion.

#### Principales publications scientifiques et autres valorisations du projet :

- [1] Lefebvre, M.; Franck, P.; Olivares, J.; Ricard, J.-M.; Mandrin, J.-F.; Lavigne, C. 2017 Spider predation on rosy apple aphid in conventional, organic and insecticide-free orchards and its impact on aphid populations. *Biological Control*, 104, 57-65. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocontrol.2016.10.009>.
- [2] Lefebvre, M.; Franck, P.; Toubon, J.-F.; Bouvier, J.-C.; Lavigne, C. 2016 The impact of landscape composition on the occurrence of a canopy dwelling spider depends on orchard management. *Agriculture Ecosystem and Environment*, 215, 20-29. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2015.09.003>.
- [3] Lefebvre, M.; Papaïx, J.; Mollot, G.; Deschodt, P.; Lavigne, C.; Ricard, J.-M.; Mandrin, J.-F.; Franck, P. 2017 Bayesian inferences of arthropod movements between hedgerows and orchards. *Basic and Applied Ecology*, 21, 76-84. <http://dx.doi.org/10.1016/j.baae.2017.05.002>.
- [4] Portulat, B. 2016 Préférences Alimentaires des Araignées : Prédation des Ravageurs et Prédation Intra-Gilde en Verger de Pommiers. Mémoire de Master, AgroCampus Ouest, Rennes, 77 pages. <https://www.gis-fruits.org/Actions-du-GIS/Bourses-de-Master-Fruits/Bilan-des-stages-2016>.

## **2. Rapport d'activité :**

Le rapport d'activité décrit le partenariat, l'enchaînement des principales actions, le contenu des livrables annoncés en début de projet et une liste numérotée des articles et productions issus du projet.

### **2.1. Description du partenariat:**

INRA: Unité Plantes & Système de culture Horticole, Agroparc, 84914 Avignon cedex 9.

- Pierre Franck : coordinateur du projet, encadrant de la thèse de Manon Lefebvre ;
- Claire Lavigne : directrice de la thèse de Manon Lefebvre ;
- Jérôme Olivares : biologie moléculaire, analyse de la prédation ;
- Yvan Capowiez : analyse des communautés d'araignées (jusqu'en décembre 2014) ;
- Blandine Polturat : analyse de la prédation ; stage de Master, financement GIS-Fruit (de mars à septembre 2016).

Ctifl : Centre de Balandran, 30127 Bellegarde.

- Manon Lefebvre : doctorante, financement FRB-Ecophyto à 50% (de janvier 2014 à décembre 2017) ;
- Jean-François Mandrin : identification des araignées (en retraite depuis mai 2017) ;
- Jean-Michel Ricard : encadrant de la thèse de Manon Lefebvre.

CEHM : Station SudExpé, Mas Carrière, 34590 Marsillargues.

- Claude Tronel : expérimentation en verger (en retraite depuis juin 2017) ;
- Déborah Loubet : expérimentation en verger (de mars 2014 à septembre 2016).

La Morinière : Station expérimentation fruitière, 37800 Saint-Epain.

- Claude Coureau : expérimentation en verger
- Tom Mormentyn : expérimentation en verger (de mars à septembre 2014)

Les partenaires INRA et Ctifl ont été impliqués dans l'ensemble des tâches du projet. Les partenaires CEHM et La Morinière ont été principalement impliqués dans la gestion et la conduite de vergers expérimentaux ainsi que dans la collecte des échantillons d'araignées.

Le projet RÉPARE a été conduit en forte interaction avec le projet ANR Peerless qui était également coordonné par l'INRA (<http://www.agence-nationale-recherche.fr/Project-ANR-12-AGRO-0006>). Il a bénéficié de l'aide de Grégory Mollot (postdoc « agroforesterie » de la Fondation de France, jusqu'en septembre 2014) et de Pauline Deschodt (stage de fin d'étude ingénieur jusqu'en novembre 2014). Il a aussi bénéficié du soutien logistique des projets FRB-Ecophyto « Sebiopag » (<http://sebiopag.inra.fr/>) et PSPE « IndRegArb » qui reposaient en partie sur les mêmes dispositifs de collectes.

## 2.2. Description des activités

Le projet RéPARE a officiellement débuté le 7 août 2014 pour une durée de 36 mois. Dans les faits, le projet a commencé dès le 4 janvier 2014 avec le début de la thèse de Manon Lefebvre. Des expérimentations ont été conduites de janvier 2014 à décembre 2016. L'année 2017 a été principalement dédiée à la valorisation et à la présentation des résultats obtenus.

Les comités de suivi de la thèse de Manon Lefebvre constituent les principaux jalons du projet (Tableau 1). Ces comités ont été organisés conjointement avec ceux de la thèse de Laurence Albert (co-encadrement Agrocampus ouest, INRA, IFPC). Les principales actions réalisées sont présentées par tâche en mentionnant le partenariat et les livrables associés.

**Tableau 1** : Principales réunions du projet RéPARE :

Dates	Lieu	Objets
12/03/2014	Paris	Séminaire de lancement des projets FRB-Ecophyto
07/09/2014	Avignon	Comité de thèse Manon Lefebvre
02/09/2015	Rennes	Comité de thèse Manon Lefebvre
14/12/2015	Paris	Journée FRB « Agriculture & Biodiversité »
27/09/2016	Montpellier	Soutenance mémoire de Blandine Portulat
16/12/2016	Avignon	Soutenance de thèse de Manon Lefebvre

### 2.2.1 Tâche 1 : Les facteurs affectant la communauté des araignées

Partenariat : INRA, Ctifl, CEHM, La Morinière

Actions réalisées :

- Analyse de la composition de la communauté des araignées à l'automne dans les vergers de la Basse Vallée de la Durance à partir d'un jeu de données pluriannuel (2007-2014).
- Collecte des araignées de la canopée en hiver et au printemps dans des vergers de même variété (ariane) en agriculture raisonnée, biologique et sans traitement insecticide dans quatre stations expérimentales (février-juin 2014).
- Identification des taxons d'araignées collectées en stations expérimentales aux niveaux genre ou espèce (2014).
- Mesure de taille des araignées collectées en stations expérimentales (sept. 2014).
- Collecte de deux genres de Salticidae (*Pseudeuophrys* et *Heliophanus*) dans des vergers commerciaux de la basse vallée de la Durance en agriculture biologique et en protection intégrée (octobre 2015).
- Biotest sur les Salticidae collectées pour 3 insecticides (octobre-novembre 2015).

### Livrables réalisés:

- Livrable 1.1 : Caractérisation des communautés des araignées en verger de pommiers selon le mode le type de piégeage (janvier 2017).

Ce livrable correspond à une base de données des collectes d'araignées en vergers de pommiers (plus de 3000 araignées appartenant à 27 familles et près de 100 espèces différentes), à la fois dans le nord et le sud de la France, sur l'ensemble des 4 saisons et en utilisant plusieurs méthodes de captures (pot barber, bande cartonnée, frappage, chasse à vue, piège à cornet). Les abondances et les groupes taxonomiques observés sont souvent très variables entre vergers, rendant difficile la caractérisation de facteurs structurant les communautés. Les captures de familles et d'espèces d'araignées varient sensiblement entre saisons et en fonction du type de piégeage. Ainsi, les Salticidae et les Philodromidae qui représentent près de la moitié des captures sont majoritairement collectées dans les bandes pièges cartonnées et par frappage, respectivement. Des espèces nocturnes comme *Cheiracanthium mildei* (Eutichuridae) ou *Anyphaena accentuata* (Anyphaenidae), qui sont très abondantes dans les bandes cartonnées à l'automne ou en hiver, sont presque exclusivement capturées par frappage ou chasse à vue le reste de l'année. Les données de collectes sont synthétisées dans un tableur. Elles sont actuellement disponibles sur demande.

- Livrable 1.2 : Caractérisation des communautés d'araignées en verger de pommiers en fonction de la sensibilité des taxons aux différentes catégories de pesticides (décembre 2016).

Ce livrable porte sur des résultats de biotests réalisés sur deux genres de Salticidae - *Pseudeuophrys* et *Heliophanus* – seuls taxons pour lesquels des distributions contrastées entre vergers en agriculture biologique et en protection intégrée ont été observées. La synthèse des résultats obtenus correspond à un manuscrit « The dominant species of Salticidae in apple orchards depend on insecticides pressure » présenté dans le chapitre 3 de la thèse de doctorat de Manon Lefebvre [19].

- Livrable 1.3 : Relations entre les communautés des araignées et les ressources trophiques présentes en verger de pommiers (décembre 2016).

Ce livrable a été fusionné avec le livrable 2.2 sur la répartition spatio-temporelle de la prédation par les araignées en verger de pommiers. Il correspond à une analyse de la prédation de plusieurs insectes ravageurs (carpocapse et puceron cendré) et auxiliaires (syrphe et coccinelle) à différent stade de leur développement (œuf, larve et adulte) par quatre espèce d'araignée appartenant aux genres *Anyphaena*, *Cheiracanthium*, *Icius* et *Philodromus*. La synthèse des résultats obtenus correspond à un manuscrit « Canopy hunting spiders of apple orchards consume aphids and codling moth more frequently than hoverfly and ladybirds, in the laboratory and in the field » présenté dans le chapitre 4 de la thèse de doctorat de Manon Lefebvre [19]. Les résultats des tests de prédation effectués au laboratoire sont aussi présentés en français dans le mémoire de master de Blandine Polturat « Préférences alimentaires des araignées : prédation des ravageurs et prédation intra-guilde en verger de pommiers » [18].

## 2.2.2. Tâche 2 : Relations trophiques des araignées avec l'entomofaune du verger

Partenariat : INRA, Ctifl

### Actions réalisées :

- Développement d'amorces PCR spécifiques d'espèces de syrphes, coccinelles, forficules et de parasitoïdes de carpocapse et de puceron cendré pour estimer la prédation intraguilde en verger (2014 et 2015).
- Analyse préliminaire de la prédation en conditions contrôlées (mars-juin 2015).
- Standardisation d'un protocole d'analyse de la prédation en boîte de Pétri (mars-avril 2015) pour quatre espèces d'araignées (*Cheiracanthium mildei*, *Anyphaena accentuata*, *Philodromus aureolus*, *Icius hamatus*).
- Collecte de *C. mildei*, *A. accentuata*, *P. aureolus*, *I. hamatus* (au moins 90 spécimens par espèce) et mise en place d'un élevage de syrphe pour analyser la prédation boîte de Petri (novembre 2015 à avril 2016).
- Analyse de la prédation en boîte de Pétri (stage de Blandine Polturat, avril-septembre 2016)
- Collecte de *C. mildei*, *P. aureolus* et *I. hamatus* dans un verger non-traité pour analyser l'évolution de la prédation au cours de la saison (mars-septembre 2016).
- Analyse PCR de la prédation (3 ravageurs et 5 auxiliaires) par les araignées collectées en vergers commerciaux et expérimentaux (2014, 2015 et 2016).

### Livrables réalisés:

- Livrable 2.1 : Développement d'un kit de détection moléculaire de la prédation des principaux ravageurs et auxiliaires en verger de pommiers (avril 2016).  
Ce livrable correspond aux protocoles de biologie moléculaire développés pour détecter l'ADN de proies ingérées par les araignées. Le livrable présente i) les amorces et les conditions d'amplification PCR utilisées pour détecter l'ADN des pucerons (*Dysaphis plantaginea*, *Eriosoma lanigerum* et *Aphis pomi*) et des tordeuses (*Cydia pomonella* et *Grapholita molesta*) ravageurs du pommier ainsi que les principaux ennemis naturels (syrphe, coccinelle et hyménoptères parasitoïdes) de ces ravageurs et ii) la méthode de révélation des PCR sur séquenceur automatique. Ces protocoles sont présentés en annexes 1 et 2 de la thèse de doctorat de Manon Lefebvre [19].
- Livrable 2.2 : Caractérisation de la répartition spatio-temporelle de la prédation par les araignées en verger de pommiers (décembre 2016)  
Ce livrable a été fusionné avec le livrable 1.3 portant sur les relations entre les communautés des araignées et les ressources trophiques présentes en verger de pommiers. La synthèse des résultats obtenus correspond à un manuscrit « Canopy hunting spiders of apple orchards consume aphids and codling moth more frequently than hoverfly and ladybirds, in the laboratory and in the field » présenté dans le chapitre 4 de la thèse de doctorat de Manon Lefebvre [19].

### 2.2.3 Tâche 3 : Dispersion des araignées en lien avec l'environnement semi-naturel

Partenariat : INRA, Ctifl

#### Actions réalisées :

- Marquage protéique et collectes des arthropodes prédateurs épigés et de la canopée dans 11 vergers commerciaux en basse vallée de la Durance (mai-juin 2014)
- Analyse ELISA des arthropodes capturés (aout-septembre 2014).
- Développement d'un modèle bayésien hiérarchique pour estimer les déplacements des arthropodes prédateurs entre haie et verger (janvier-août 2015).

#### Livrables réalisés:

- Livrable 3.1 : Développement d'une méthode de marquage-recapture immunologique adaptée à la mesure des déplacements des araignées (janvier 2015).  
Ce livrable correspond aux protocoles de marquage de l'environnement à l'aide de protéine alimentaire (blanc d'œuf) et de captures des arthropodes prédateurs ainsi qu'au protocole de révélation ELISA du marquage protéique. Ces protocoles sont présentés en annexes 3 et 4 de la thèse de doctorat de Manon Lefebvre [19].
- Livrable 3.2 : Caractérisation de l'influence des haies sur la colonisation des vergers par les araignées (décembre 2016)  
Ce livrable correspond à l'article « Bayesian inferences of arthropod movements between hedgerows and orchards » publié dans *Basic and Applied Ecology* [3] et qui est présenté dans le chapitre 5 de la thèse de Manon Lefebvre [19].

## **2.3. Listes des publications et produits**

### 2.3.1. Articles dans des revues scientifiques à comités de lecture

- 1 Lefebvre, M., Franck, P., Toubon, J.F., Bouvier, J.C. & Lavigne, C. (2016) The impact of landscape composition on the occurrence of a canopy dwelling spider depends on orchard management. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 215, 20-29.
- 2 Lefebvre, M., Franck, P., Olivares, J., Ricard, J.M., Mandrin, J.F. & Lavigne, C. (2017) Spider predation on rosy apple aphid in orchards under insecticide-free, organic and integrated management, and its impact on aphid populations. *Biological Control*, 104, 57-65.
- 3 Lefebvre, M., Papaix, J., Mollot, G., Deschodt, P., Lavigne, C., Mandrin, J.F., Ricard, J.M., Franck, P. (2017) Bayesian inferences of arthropod movements between hedgerows and orchards. *Basic and Applied Ecology*. 21, 76-84.

### 2.3.2. Communications dans des congrès et colloques scientifiques

- 4 Lefebvre, M. (2014) Colloque de l'Association Française d'Arachnologie (ed. AsFrA), Melun, 5 octobre 2014.
- 5 Deschodt, P., Mollot, G., Lefebvre, M., Olivares, J. & Franck, P. (2014) Effet des haies brise-vent sur la présence et la dispersion des prédateurs généralistes en vergers de pommiers. Dixième Conférence Internationale sur les Ravageurs en Agriculture (ed S. Kreiter). Association Française de Protection des Plantes (AFPP), Montpellier SupAgro, 22-23 Octobre 2014.

- 6 Lefebvre, M., Franck, P., Toubon, J.-F., Thomas, C., Bouvier, J.-C. & Lavigne, C. (2014) Impact du paysage et des pratiques locale sur les araignées et forficules en vergers de pommiers à l'automne. Septièmes Journées françaises de l'Ecologie du Paysage (eds S. Petit & B. Ricci). Internationale Association for Landscape Ecology, Dijon, 27-30 Octobre 2014.
- 7 Lefebvre, M., Franck, P., Toubon, J.-F., Olivares, J., Bouvier, J.-C., Lavigne, C. (2015) The impact of landscape composition on the abundance of a canopy dwelling spider depends on orchard management. INNOHORT, ISHS international symposium, Avignon, 8-12 Juin 2015.
- 8 Lefebvre, M., Papaix, J., Mollot, G., Deschodt, P., Ricard, J.-M., Mandrin, J.-F., Lavigne, C., Franck, P. (2016). A Bayesian hierarchical model to estimate natural enemies' movements between hedgerow and apple orchard based on immunological marking. International Conference of Ecological Sciences (eds T. Tatoni, C. Albert, A. Millon). Société Française d'Ecologie, Marseille, 24-27 Octobre 2016.

### 2.3.3. *Articles de vulgarisation*

- 9 Lefebvre, M., Ricard, J.-M., Mandrin, J.-F., Lavigne, C. & Franck, P. (2015) Projet RéPARE en verger de pommiers: les araignées comme agent de régulation des ravageurs. Info Ctifl n°315, Octobre 2015, pp. 45-53.
- 10 Lefebvre M., Ricard J.M., Mandrin J.F., Lavigne C., Franck P., (2016). Favoriser la communauté des auxiliaires. Info-Ctifl n° 325, Octobre 2016, p30-37.

### 2.3.4. *Communications orales lors de journées techniques professionnelles*

- 11 Lefebvre, M., Ricard, J.-M. (2015) Régulation des ravageurs par les araignées dans les vergers de pommiers. Rencontre Technique Agriculture Biologique Fruit (eds Ctifl, ITAB), Balandran, 12 mars 2015. (100 personnes).
- 12 Franck, P., Botelho M., Lefebvre, M., Olivares, J., Thomas C., Toubon J.-F., Bouvier, J.-C., Memah, M.-M., Lavigne, C. (2015) Recherches pour définir des leviers de gestion de la biodiversité améliorants le contrôle biologique des ravageurs en vergers de pommiers. Recherche, Expérimentation & Développement PACA, Agroécologie en région méditerranéenne (eds. F. Fraisse & M. Bariteau), Avignon, 11 Décembre 2015 (70 personnes).
- 13 Albert, L., Lefebvre, M. (2017) Intérêt des insectes et araignées sur le contrôle des ravageurs en verger et comment les favoriser. Entretiens cidricoles (ed SIVAL), Angers, 19 Janvier 2017 (90 personnes).
- 14 Ricard, J.-M. (2017) Régulation des ravageurs par les araignées dans les vergers. Rencontre Technique Agriculture Biologique Fruit (eds Ctifl, ITAB), Lanxade, Mars 2017 (120 personnes).
- 15 Albert, L., Ricard, J.-M., Lefebvre, M., Mandrin, J.-F., Plantegenest, M., Franck, P. (2017) Régulation des ravageurs en verger de pommier de table et cidricole : le rôle des insectes et araignées. Journée nationale Biodiversité (eds Ctifl, IFPC). Balandran, 18 Mai 2017 (160 personnes).
- 16 Franck, P., Lavigne, C., Lefebvre, M., Papaix, J., Mollot, G., Deschodt, P., Ricard, J.-M., Mandrin, J.-F. (2017). Les relations entre verger et paysage local: déplacement des arthropodes prédateurs entre haie et verger. Journée nationale Biodiversité (eds Ctifl, IFPC). Balandran, 18 Mai 2017 (160 personnes).

### 2.3.5. Mémoires diplômants

- 17 Deschodt, P. (2014) Effect of the windbreak hedgerows on the presence and the dispersal of ground dwelling predators in apple orchard. Mémoire de Master. Montpellier SupAgro, 62 pages. ([http://www.supagro.fr/memoires/intranet/2014\\_PPE\\_Deschodt.pdf](http://www.supagro.fr/memoires/intranet/2014_PPE_Deschodt.pdf))
- 18 Polturat, B. (2016) Préférences alimentaires des araignées: prédation des ravageurs et prédation intra-gilde en verger de pommiers. Mémoire de Master. AgroCampusOuest, 77 pages. (<http://www.gis-fruits.org/Actions-du-GIS/Bourses-de-Master-Fruits/Bilan-des-stages-2017>)
- 19 Lefebvre, M. (2016). Régulation des Ravageurs par les Araignées en Verger. Thèse de doctorat. Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse, Avignon, 267 pages. (<http://www6.paca.inra.fr/psh/Accueil/ACTUALITES/These-Manon-Lefebvre>)

### **3. Rapport scientifique**

Le rapport scientifique du projet RéPARE comprend trois sous-chapitres. Tout d'abord, il reprend la problématique et les objectifs du projet. Ensuite, il présente le dispositif et les principales techniques utilisées. Enfin, les principaux résultats obtenus sont présentés par tâches au travers des publications et produits listés dans le compte-rendu d'activités.

#### **3.1. Problématique et objectif**

L'objectif général de RéPARE est de tester si la diminution des intrants a un effet positif sur la communauté des araignées et, en cascade, sur le contrôle biologique précoce des deux principaux insectes ravageurs en verger de pommiers, le carpocapse (*Cydia pomonella* L.) et le puceron cendré (*Dysaphis plantaginae*). Il vise également à préciser les facteurs (pratiques culturales, ressources trophiques) affectant le fonctionnement des communautés d'araignées et à définir les conditions environnementales qui sont favorables à leur rôle fonctionnel (colonisation des vergers et prédation des insectes ravageurs).

Pour répondre à ces objectifs, 3 tâches ont été définies:

- Tâche 1. Les facteurs affectant la communauté des araignées (avec un focus sur la pression en intrants phytosanitaires et les ressources en proies).
- Tâche 2. Les relations trophiques entre la communauté des araignées et les principaux insectes ravageurs et auxiliaires présents en verger de pommiers.
- Tâche 3. Les mécanismes écologiques de la dispersion des araignées en lien avec l'environnement semi-naturel environnant les vergers.

Ces tâches ont été réalisées grâce à des collectes d'araignées en vergers sur différents dispositifs, à des analyses biomoléculaires et immunologiques des échantillons capturés, et à des expérimentations contrôlées de prédation.

#### **3.2. Dispositifs d'échantillonnage et techniques utilisés**

##### *3.2.1. Dispositifs de collecte des araignées*

Les actions réalisées reposent principalement sur trois campagnes d'échantillonnages qui ont permis les collectes respectives de 2077 araignées dans 8 vergers de variété ariane dans quatre stations expérimentales dans le sud-est et le nord-ouest (INRA /84, Ctifl /30, CEHM /34, La Morinière /37) en fin d'hivers en 2014, de 339 araignées supplémentaires dans le verger non-traité de Balandran (Ctifl /30) principalement ciblés sur trois genres (*Chieracanthium*, *Icius* et *Philodromus*) sur l'ensemble de l'année 2016, et enfin de 717 araignées dans 11 vergers commerciaux en Basse vallée de la Durance au printemps 2014.

Chaque campagne était basée sur un ou plusieurs protocoles de collecte standardisés (piège barber, bande piège cartonnée, battage) afin de pouvoir comparer les densités d'araignées entre vergers. Le premier dispositif d'échantillonnage était principalement dédié à la compréhension de la structuration des communautés d'araignées en fonction des pratiques phytosanitaires (tâche 1). Le

second dispositif avait pour principale vocation de préciser l'évolution au cours de l'année des interactions trophiques de quelques espèces emblématiques d'araignées avec le reste de l'entomofaune (tâche 2). Le troisième dispositif avait pour but de préciser les déplacements des araignées entre les vergers et les infrastructures agroécologiques adjacentes (tâche 3). Toutefois, chaque dispositif de collectes a également été utilisé pour alimenter les autres tâches. L'ensemble de ces collectes constitue un inventaire des araignées en verger de pommiers (livrable 1.1).

### **3.2.2. Techniques utilisées**

Différentes techniques ont été utilisées pour analyser les interactions trophiques et les déplacements à partir des collectes d'araignées. Les analyses des interactions trophiques ont fait principalement appel à des techniques de biologie moléculaire pour détecter l'ADN des proies consommées par les araignées (livrable 2.1). Les restes d'ADN des proies susceptible d'avoir été ingérées par chaque araignée sont amplifiés par PCR (*Polymerase Chain Reaction*) à l'aide d'amorces caractéristiques des différentes espèces de ravageurs (pucerons et tordeuses) et d'auxiliaires (syrphes, coccinelles, parasitoïdes) du verger. Les analyses de déplacement ont surtout utilisé une approche immunologique de marquage-recapture (livrable 3.1). Les arthropodes sont marqués dans leur environnement par une pulvérisation localisée de la végétation avec une solution de blanc d'œuf à 5%. Le marquage à l'ovalbumine de chaque araignée est détecté par une méthode ELISA indirecte (*Enzyme Linked Immuno-Sorbent Assay*).

Ces différentes méthodes, PCR et ELISA, ont utilisées des témoins positifs et négatifs internes à chaque analyse pour pouvoir estimer leur sensibilité et leur spécificité et comparer les résultats entre analyse avec un même seuil de détection. La sensibilité des PCR permettait la détection d'une araignée comme positive à une proie donnée dès lors que les restes d'ADN de cette proie étaient supérieurs à 1 picogramme. Les amorces PCR étaient globalement spécifiques des espèces de proies pour lesquelles elles ont été développées. Toutefois, les amorces PCR développées pour la détection de *Dysaphis plantaginae* n'étaient pas totalement spécifiques de cette espèce ; elles amplifiaient aussi certaines espèces de pucerons susceptibles d'être présentes dans la strate herbacée des vergers. Pareillement, la sensibilité des ELISA permettait de détecter des araignées marquée avec au moins 10 picogrammes d'ovalbumine. Les essais de marquage des araignées par pulvérisation de solution de lait à 1% se sont avérés infructueux du fait de problèmes, d'une part, de phytotoxicité du lait sur les feuilles des pommiers, et, d'autre part, du manque de spécificité des ELISA vis-à-vis de la caséine avec les anticorps commerciaux utilisés. Seuls les résultats de marquage au blanc d'œuf sont présentés dans ce rapport.

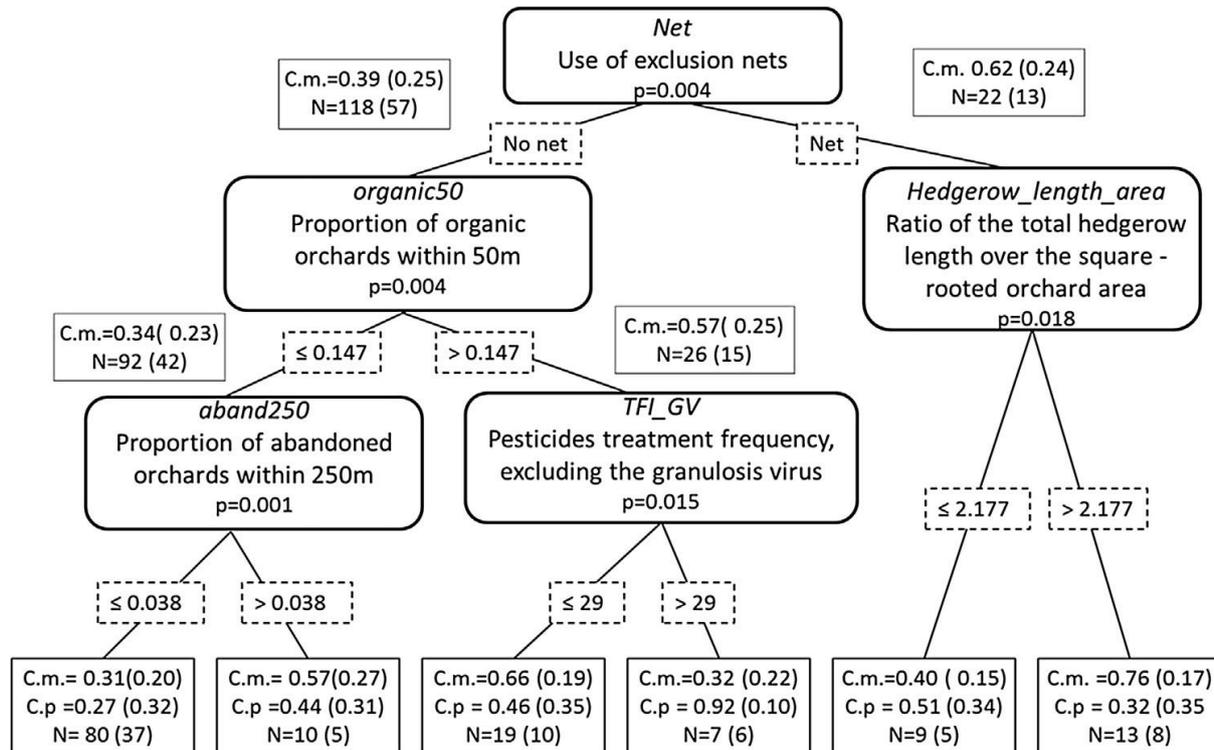
## **3.3. Principaux résultats obtenus**

### **3.3.1. Structuration des communautés d'araignées**

Trois actions indépendantes ont été réalisées dans le cadre la tâche 1.

Un premier travail issu de l'analyse de relevés faunistique pluriannuelles réalisés avant le début du projet dans 70 vergers de pommiers a permis la caractérisation des principaux facteurs agroécologiques structurant la présence de *Cheiracanthium mildei*, l'espèce d'araignée la plus abondante à l'automne en verger de pommiers en basse vallée de la Durance (Figure 1). Ce travail

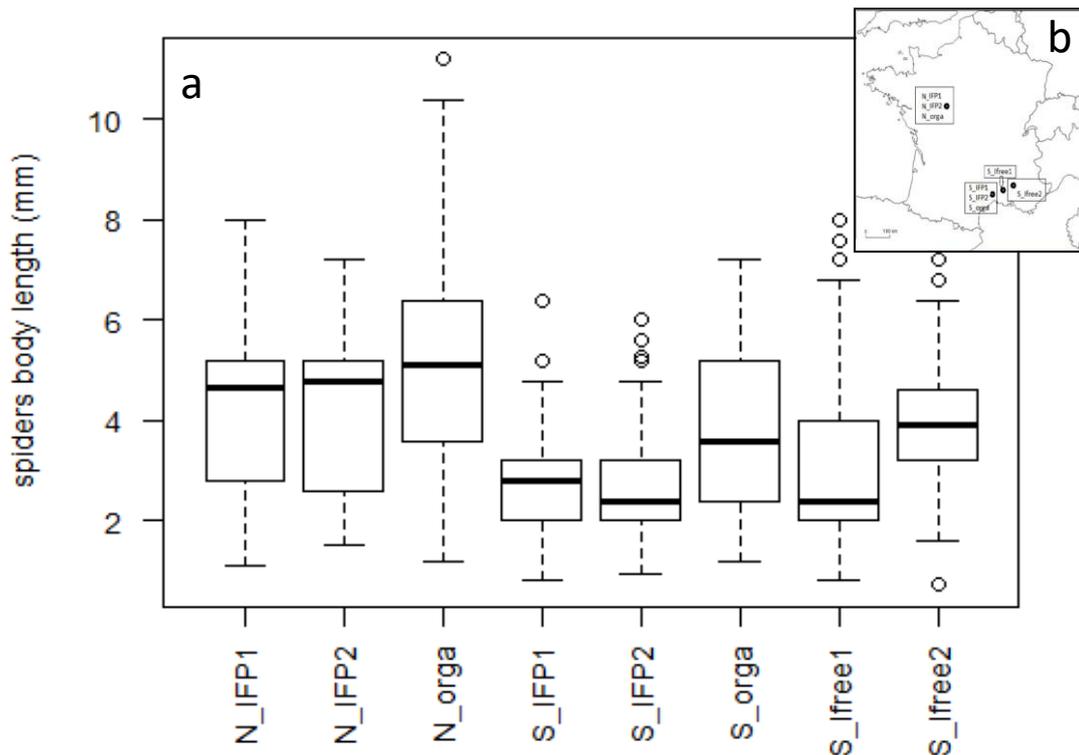
présenté en colloques [4, 6, 7] et publié dans *Agriculture, Ecosystem & Environment* [1] montre que *C. mildei* est majoritairement présente dans les vergers couverts de filets de protection contre le carpocapse et entourés de nombreuses haies. L'occurrence de *C. mildei* est également renforcée dans les vergers en agriculture biologique et dans les vergers en protection intégrée les moins traités. Par contre, aucun lien n'a pu être établi entre l'occurrence de *C. mildei* et celle de larves de *C. pomonella*, suggérant que la dynamique de l'araignée ne dépend pas directement de la densité du ravageur dans les vergers.



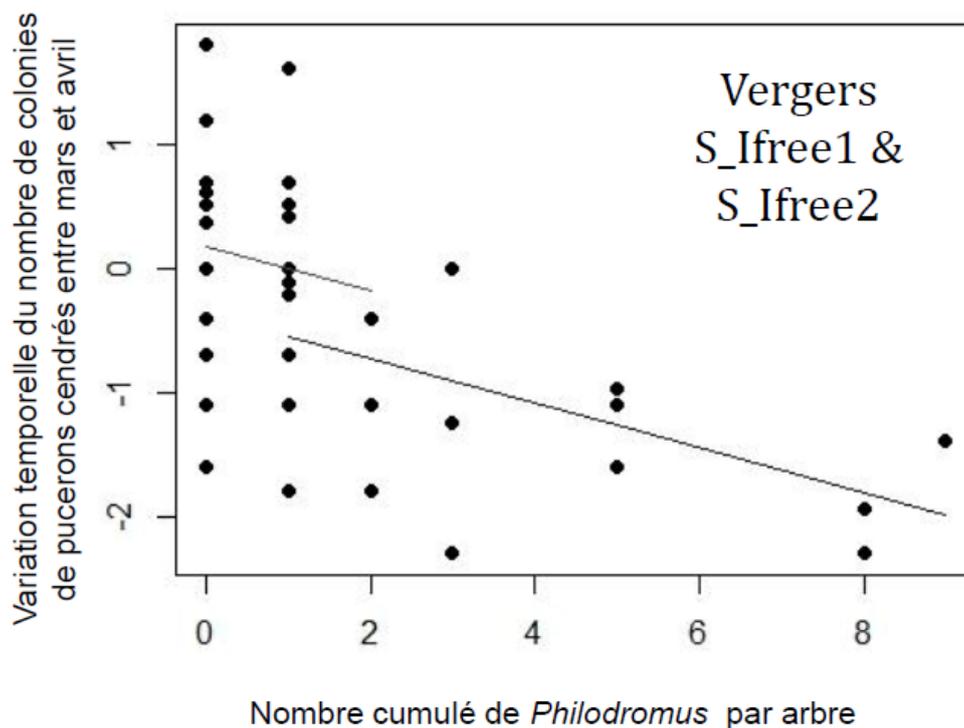
**Figure 1 :** Arbre de régression présentant les facteurs principaux (pratiques agronomiques et environnements paysagers) structurant la présence (occurrence moyenne et erreur standard entre parenthèses) de *Cheiracanthium mildei* (C.m.) à l'automne en vergers de pommiers en basse vallée de la Durance (N=140 observations entre 2010 et 2012 dans 70 vergers distincts). La présence (occurrence moyenne et erreur standard) de *Cydia pomonella* (C.p.) dans ces mêmes vergers est reportée pour les ramifications externes. Les valeurs sur les ramifications internes dépendent du jeu de données analysé et n'ont pas de portée générale [1].

Un second travail portant sur une analyse détaillée de la communauté des araignées de la canopée en hiver et au printemps dans les 8 vergers de variété ariane a permis d'explorer plus précisément les effets des pratiques phytosanitaires et de comparer les dynamiques des populations des araignées à celles de *D. plantaginae*. Ce travail publié dans *Biological Control* [2], révèle une très forte hétérogénéité de composition des vergers en espèces d'araignées qui est relativement indépendante des pratiques de phytoprotection. Seul un effet significatif des pratiques phytosanitaires sur la structuration en tailles des araignées a pu être établi ; les araignées sont en moyenne plus grandes dans les vergers en agriculture biologique que dans les vergers en protection intégrée (Figure 2). Une hypothèse qui pourrait expliquer ces différences de tailles est que les vergers les moins perturbés par les pratiques phytosanitaires seraient aussi plus faiblement recolonisés par les araignées. Le nombre d'araignées et plus particulièrement le nombre de *Philodromus* réduirait la croissance du nombre de colonies de pucerons sur un arbre en début de printemps en l'absence de traitement insecticide, (Figure 3), ce qui n'a pu être vérifié dans les vergers en agriculture biologique et en protection intégrée.

Ce résultat souligne aussi la difficulté d'évaluer le contrôle biologique sans tenir compte de l'effet de la protection phytosanitaire sur les dynamiques de populations des ravageurs et des araignées.



**Figure 2 :** Variation de tailles (a) des araignées dans 8 vergers (b) de la variété ariane du nord (noté N) et du sud (noté S) de la France conduits en agriculture biologique (noté orga), en protection fruitière intégrée (noté IFP), ou bien sans l'usage d'insecticide (noté Ifree) [2].



**Figure 3 :** Variation temporelle du nombre de colonies de pucerons cendrés par arbre en fonction du nombre de *Philodromus* au début du printemps dans 2 vergers sans traitement insecticide. Les deux lignes représentent les ajustements du modèle linéaire pour chacun des 2 vergers [2].

Enfin, une analyse toxicologique a été réalisée sur 2 genres de Salticidae – *Pseudeuophrys* et *Heliophanus* – pour lesquels des distributions contrastées entre vergers en agriculture biologique et en protection intégrée avaient été préalablement observées. Les biotests effectués pour trois insecticides (chlorpyrifos-ethyl, tau-fluvalinate et acetamipride) fréquemment utilisés dans les vergers en protection intégrée semblent confirmer des différences de sensibilité aux insecticides entre les taxons qui pourraient expliquer des abondances relativement plus élevées de *Pseudeuophrys* dans les vergers en protection intégrées (livrable 1.2). Le travail mériterait toutefois des analyses complémentaires sur une plus large gamme d'insecticides et d'être répliqué à différentes doses pour une éventuelle publication.

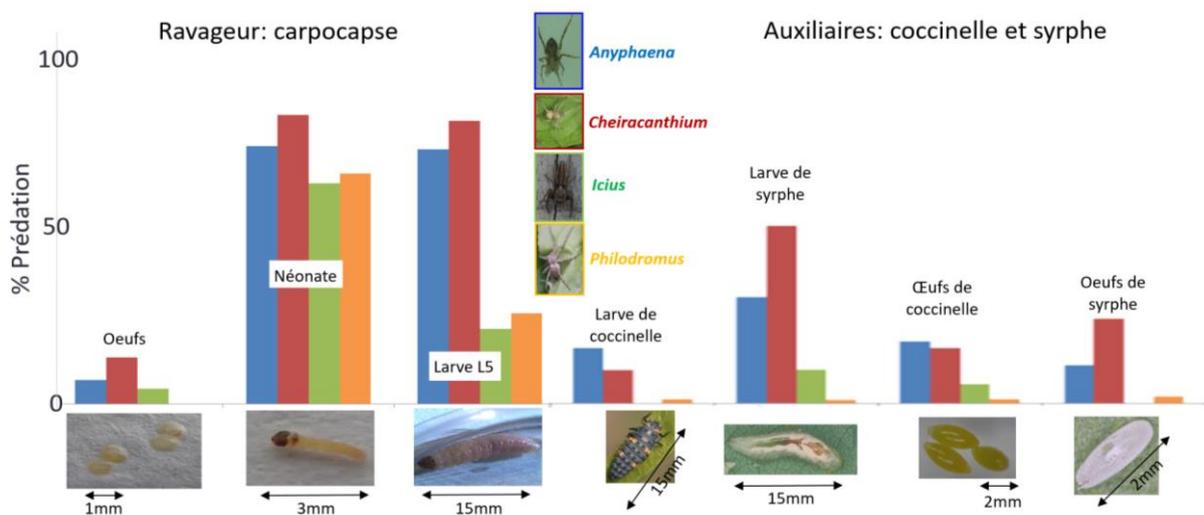
### 3.3.2. Interactions trophiques entre les araignées et les ravageurs et auxiliaires du verger

Deux actions indépendantes ont été réalisées dans le cadre de la tâche 2.

D'une part, des expérimentations de prédation en conditions contrôlées (boîte de Petri et mésocosme) ont été réalisées pour essayer de quantifier la régulation des ravageurs par les araignées. L'étude de prédation réalisée en mésocosme au printemps 2015 n'a pas pu aboutir du fait d'une maîtrise insuffisante des niveaux d'infestation et du nombre de prédateurs introduits. L'étude de prédation en boîte de Petri initiée en 2015 [9] et poursuivie en 2016 [18] a permis de préciser les préférences alimentaires de quatre espèces d'araignées (*Cheiracanthium mildei*, *Anyphaena accentuata*, *Philodromus aureolus*, *Icius hamatus*) appartenant à différentes familles en fonctions des proies (carpocapse, puceron cendré, syrphes et coccinelle) et de leurs stades (œuf et larve) [9, 18]. Cette étude était basée sur la présentation à chaque araignée de puceron cendré puis de façon successive des différentes proies dans un ordre aléatoire après un jeune de 3 jours. Elle a permis de mettre en évidence que le puceron cendré était généralement la proie préférée des araignées. Il était mangé par environ 80% des *Anyphaena* et *Cheiracanthium*, 70% de *Philodromus* et 25% des *Icius* testés (90 à 100 spécimens testés par genre d'araignée). Le carpocapse était aussi préféré de l'ensemble des espèces d'araignée par rapport à d'autres prédateurs du puceron comme les syrphes et les coccinelles et les ainsi que les larves par rapport aux œufs pour une même espèce de proie (Figure 4). La prédation des larves de carpocapse de cinquième stade était significativement plus importante par les *Anyphaena* et les *Cheiracanthium* que les *Philodromus* et les *Icius*. Ces tests en boîte de Petri montrent globalement une préférence alimentaire des araignées pour les principaux insectes ravageurs du pommier et pour des proies mobiles de petite taille. Malgré des différences de voracité entre les quatre espèces d'araignée testées, elles ont toutes mangé l'ensemble des espèces de proies qui leur été présentées.

D'autre part, des expérimentations de biologie moléculaire ont été mise en place pour estimer la prédation par des araignées en verger à partir de l'amplification PCR des restes d'ADN de leurs proies. Des marqueurs PCR spécifiques des ravageurs *C. pomonella* et *D. plantaginae* et des principaux auxiliaires impliqués dans la régulation de ces mêmes ravageurs (coccinelles, syrphes, forficule et hyménoptères parasitoïdes) ont été développés (livrable 2.1). Les marqueurs de *C. pomonella* et *D. plantaginae* ont été testés sur environ la moitié des araignées collectées en verger lors des deux campagnes d'échantillonnage au printemps 2014 et sur l'ensemble des araignées collectées en 2016 de mai à septembre [2, 5, 17]. Des échantillons positifs à *D. plantaginae* ont été observés pour 9 des 11 familles d'araignées testées au printemps [2]. Les échantillons de *Philodromus*, *Cheiracanthium* et *Icius* collectés en 2016 dans le verger non traité de Balandran étaient aussi principalement positifs à

*D. plantaginae* (environ 80% au printemps et environ 3 % en été) quand bien même il existait des différences entre les trois araignées (seul 50% des *Icius* était positif au printemps). Une proportion significative de ces trois araignées étaient positives à la fois à l'ADN de puceron cendré et à l'ADN de syrphes au printemps (environ 15%). Par contre, seuls quelques *Philodromus* étaient positifs à l'ADN de coccinelles (environ 2% sur l'ensemble de la saison). Les échantillons d'araignées positifs à *C. pomonella* étaient beaucoup moins nombreux (moins de 1% au printemps et environ 9 % en été). La majorité des araignées positives au carpocapse étaient des *Cheiracanthium* (environ 15% des échantillons de cette espèce en été). Ces résultats confirment globalement les observations faites en boîtes de Petri. Ils confirment l'existence de prédation par les araignées d'autres prédateurs des pucerons quand bien même cette prédation intra-gilde n'est pas prépondérante. Ils suggèrent également des changements de régime trophique des araignées en cours de saison en fonction des proies les plus abondantes et les plus facilement accessible (e.g. puceron au printemps et carpocapse en été). Un manuscrit associant les résultats des deux actions est actuellement en cours de rédaction.



**Figure 4 :** Pourcentage de prédation par des araignées adultes (*Anyphaena accentuata* en bleu, *Cheiracanthium mildei* en rouge, *Icius hamatus* en vert, et *Philodromus aureolus* en jaune) de carpocapses (3 œufs, 1 larve néonate et 1 larve mature L5), de coccinelles et de syrphes (3 œufs et 1 larve). Les proies étaient successivement présentées à chaque araignée en boîte de Petri après un jeûne de 3 jours pendant une heure pour les larves et 24 heures pour les œufs. 40 à 100 tests ont été réalisés par proie pour chaque espèce d'araignée [18, 19].

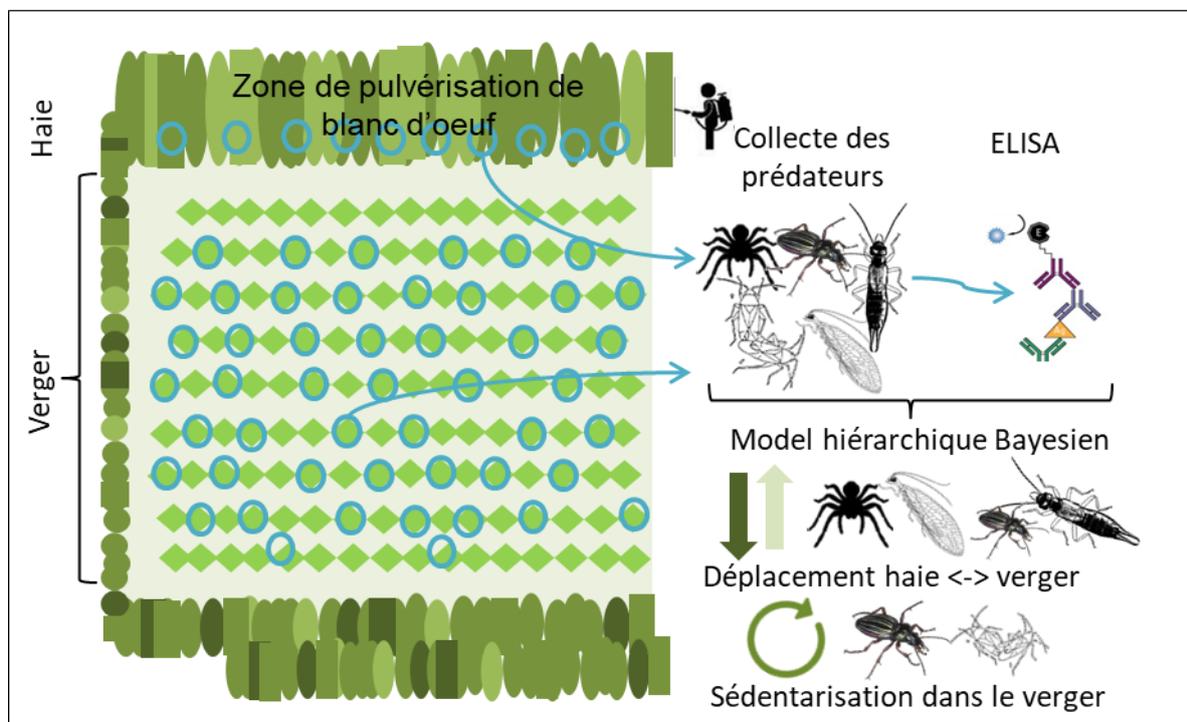
### 3.3.3. Déplacement des araignées entre le verger et les habitats semi-naturels l'environnant

La tâche 3 repose sur 3 actions liées les unes aux autres dont la finalité est d'estimer les déplacements journaliers des araignées entre le verger et sa haie, en comparaison aux déplacements d'autres arthropodes prédateurs. Ce travail a été valorisé dans un article publié dans *Journal of Applied Ecology* [3] et à l'occasion d'une conférence [8].

La première action correspond au développement d'une méthode marquage des arthropodes du sol et de la canopée avec deux protéines alimentaires différentes (ovalbumine contenu dans le blanc d'œuf et caséine du lait), leurs captures et la révélation des échantillons marqués à l'aide d'un test ELISA (livrables 3.1). La méthode basée sur la protéine de lait n'était pas suffisamment reproductible dans les conditions testées et n'a finalement pas été utilisée par la suite.

La seconde action correspond à une expérimentation de marquage au blanc d'œuf des arthropodes de la haie pour suivre leurs déplacements entre la haie et le verger pendant 3 semaines au printemps 2014. Elle a été réalisée sur des arthropodes collectés dans les 11 vergers commerciaux de la Basse vallée de la Durance et pour partie dans le cadre d'autres projets (ANR *PEERLESS*, Fondation de France). Environ 18% des 1272 arthropodes collectées parmi lesquels 20% des araignées de la canopée et 15% des araignées du sol ont été classés comme marqués à l'ovalbumine à l'issue des tests de détection ELISA. Sur l'ensemble des 3 semaines de collecte, il y avait environ deux fois plus d'araignées marquées dans les haies que dans les vergers [3].

La troisième action correspond au développement d'un modèle bayésien pour estimer les préférences d'habitat et les déplacements des différents arthropodes prédateurs à partir des distributions temporelles des échantillons marqués dans le verger et dans la haie. L'approche repose sur la modélisation des probabilités journalière de rester dans la haie ou dans le verger de chaque groupe d'arthropodes. L'effet des caractéristiques des haies, des vergers et de leurs environnements sur les probabilités de rester dans chaque habitat est aussi modélisé. Les déplacements des arthropodes entre le verger et sa haie adjacente sont déduits de ces probabilités (Figure 5). Les sorties du modèle bayésien suggèrent très globalement une préférence des araignées du sol pour rester dans le verger. Seuls quelques taxons d'araignées particulièrement abondantes dans l'ensemble des vergers ont pu être étudiés plus en détail. *Chieracanthium mildei* ne montrait aucune préférence pour un habitat plus qu'un autre et des probabilités de rester dans la haie et dans le verger relativement faible suggérant des déplacements quotidiens importants entre les deux habitats. Les déplacements des Philodromidae étaient en partie modulés par les caractéristiques des haies, les haies les plus larges les retenant davantage [3].



**Figure 5 :** Graphique résumé de l'étude des déplacements entre le verger et sa haie adjacente par marquage immunologique. Les cercles bleus symbolisent les points de collectes dans le verger et la haie, à la fois au sol et dans la canopée des arbres [3].

#### 4. Contribution au plan Ecophyto et à l'agroécologie

Les résultats obtenus dans le cadre du projet RÉPARE confirment dans leur ensemble le statut de prédateur généraliste des araignées. Bien qu'elles consomment un large spectre de proies, elles préféreraient les insectes ravageurs à d'autres prédateurs de ces mêmes ravageurs. Elles modifieraient leurs régimes alimentaires en cours de saison en fonction des ravageurs présents. Le bilan des araignées en termes de régulation des ravageurs du pommier seraient donc largement positif. La diversité des araignées présentes en verger est extrêmement large et la composition des communautés souvent très différentes entre vergers. Aussi, il est difficile de mettre en évidence des leviers de gestion susceptibles de renforcer le contrôle biologique des ravageurs par les araignées, la biologie de la plupart des espèces étant méconnues. Les aménagements agro écologiques comme les haies et une réduction d'usage des pesticides sont un bon moyen de maintenir les araignées dans les vergers et leurs abords quand bien même de telles mesures restent insuffisantes pour assurer un contrôle efficace des ravageurs. Les principaux résultats du projet RÉPARE reposent avant tout sur le recueil de connaissances sur l'écologie d'espèces d'araignées relativement abondantes en verger de pommiers notamment au début du printemps, période au cours de laquelle le contrôle biologique des ravageurs est le plus efficace.

Au-delà de leurs valorisations académiques [1-8], les résultats du projet RÉPARE ont été publiés dans des articles de vulgarisation destinés aux agriculteurs et conseillers [9, 10] et présenté à l'occasion de plusieurs rencontres techniques [11-16], ou dans des salons professionnels de la filière « fruit » (e.g. journée professionnelle AOP Abricot ; journées Recherche Expérimentation Développement en agriculture, RED PACA, salon du SIVAL). Ces résultats ont également été intégrés dans des formations (e.g. formation d'agriculteurs dispensée auprès de la CA du Gard) ou encore auprès d'apprenants par des interventions auprès d'élèves et adultes en visite sur le centre Ctifl de Balandran (e.g. Lycées agricoles, CFPPA). Un ensemble de connaissances visant à faire mieux connaître et intégrer le rôle des araignées, ainsi que les aménagements et pratiques culturales susceptibles de réduire l'utilisation des intrants ont ainsi été largement diffusés.

Le projet RÉPARE a également contribué à la mise en place de protocoles simplifiés de suivi des araignées dans les projets DEPHY Expe Ecophyto CAP-Red, « Cerisier Abricotier Pruniers - Réduction des intrants et Durabilité des systèmes de production », et ECOPECHE, « Conception et évaluation multisite de vergers de pêche – nectarine économes en produits phytosanitaires et en intrants » pour lesquels les araignées ont été choisies comme bio-indicateur de l'effet de la réduction des pratiques phytosanitaires. Des formations ont été dispensées auprès des techniciens des stations partenaires chargés du suivi de ces dispositifs.

A ce jour, les sorties du projet RÉPARE ont favorisées l'initiation de plusieurs nouveaux projets qui se mettent progressivement en place :

- des expérimentations destinées à intégrer les araignées dans les combinaisons de méthodes agro-écologiques attendues comme favorables aux ennemis naturels (e.g. mise en place d'abris hivernaux et plantes de services – Ctifl de Balandran – programme Agro-écologie Ctifl du PNDAR 2018).
- des expertises « Biodiversité fonctionnelle » intégrant les araignées comme groupe fonctionnel suivi (e.g. étude BabyFood en verger de pommier pour Danone)
- un projet d'élaboration de vergers agro-écologiques (réponse à l'appel à proposition DEPHY Expe Ecophyto2 « ALTO : Systèmes en Arboriculture et Transition agrOécologique » dont sont partenaires le Ctifl et l'INRA, dont l'unité PSH).

Ainsi le projet RÉPARE a globalement participé à alimenter les connaissances et la réflexion sur les stratégies de mise en place de méthodes agro-écologiques de gestion des ravageurs en production fruitière et en cela contribue au plan Ecophyto.