



**HAL**  
open science

# Évaluation des extraits végétaux et de plante de services dans la gestion du puceron cendré du pommier en Agriculture Biologique et en Protection Fruitière Intégrée

Marie Androuin

## ► To cite this version:

Marie Androuin. Évaluation des extraits végétaux et de plante de services dans la gestion du puceron cendré du pommier en Agriculture Biologique et en Protection Fruitière Intégrée. Sciences du Vivant [q-bio]. 2021. dumas-03573331

**HAL Id: dumas-03573331**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03573331v1>**

Submitted on 14 Feb 2022

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

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

**AGROCAMPUS OUEST**

CFR Angers  CFR Rennes

<p>Année universitaire : 2020 - 2021</p> <p>Spécialité : Biologie, Agrosociences - Amélioration, Production et Valorisation du Végétal</p> <p>Spécialisation (et option éventuelle) : Fonctionnement et Gestion des Agrosystèmes</p>	<p><b>Mémoire de fin d'études</b></p> <p><input type="checkbox"/> d'ingénieur de l'École nationale supérieure des sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage (AGROCAMPUS OUEST), école interne de l'institut national d'enseignement supérieur pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> de master de l'École nationale supérieure des sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage (AGROCAMPUS OUEST), école interne de l'institut national d'enseignement supérieur pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement</p> <p><input type="checkbox"/> d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)</p>
--	---

# Evaluation des extraits végétaux et de plante de services dans la gestion du puceron cendré du pommier en Agriculture Biologique et en Protection Fruitière Intégrée

Par : Marie ANDROUIN



**Soutenu à Rennes, le 23 juin 2021**

**Devant le jury composé de :**

Président : Matthieu CAROF

Maître de stage : Anne DUVAL-CHABOUSSOU

Enseignant référent : Anne LE RALEC

Rapporteur : Manuel PLANTEGENEST

*Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent que la responsabilité de son auteur et non celles d'AGROCAMPUS OUEST et l'université de Rennes 1*

## Remerciements

Dans un premier temps je tiens à adresser mes remerciements à ma maître de stage, Anne Duval-Chaboussou, pour m'avoir permis d'effectuer mon stage de fin d'études au sein de la Morinière, pour ses conseils, son écoute, sa disponibilité, son suivi sur mes expérimentations et la rédaction de ce rapport.

Je remercie également toute l'équipe de Morinière pour leur accueil, leurs conseils et leur aide dans mes expérimentations. Merci à Antony, Benjamin, Richard, Mégane, Christian, Éric, Claude, Christine et Cécile.

Je remercie tout particulièrement mon équipe de stagiaires, Marion, Zoé, Mathieu et Solène pour leur bonne humeur, les bons moments partagés et leur aide dans la réalisation de mes notations.

## Table des matières

I.	Introduction .....	1
II.	Synthèse bibliographique .....	2
1.	Le pommier .....	2
1.1	Origine et production.....	2
1.2	Principaux bioagresseurs .....	3
2.	Le puceron cendré du pommier .....	3
2.1	Biologie et développement .....	3
2.2	Nuisibilité .....	4
2.3	Moyens de lutte .....	5
3.	Rôle des extraits végétaux et des plantes de services .....	6
3.1	Rôles des plantes de services dans la gestion des pucerons .....	6
3.2	Rôles des extraits végétaux dans la gestion des pucerons .....	6
4.	Objectifs de l'étude .....	7
III.	Matériels et méthodes.....	7
1.	Expérimentations en plein champ .....	7
1.1	Matériel biologique .....	7
1.2	Suivi des populations.....	7
2.	Expérimentations en milieu semi-contrôlé.....	9
2.1	Matériel biologique .....	9
2.2	Test biocide par contact sur plantules.....	19
2.3	Test répulsif : olfactomètre tubulaire statique .....	19
3.	Traitements des données.....	11
IV.	Résultats .....	12
1.	Expérimentations plein champ .....	12
1.1	Prognose .....	12
1.2	Essai produits de biocontrôle.....	12
1.3	Essai plante de services .....	13
2.	Expérimentations en milieu semi-contrôlé.....	14
2.1	Test biocide par contact sur plantules.....	14
2.2	Test répulsif : olfactomètre tubulaire statique .....	15
V.	Discussion.....	15
VI.	Conclusion.....	21
VII.	Bibliographie .....	22
VIII.	Annexes.....	26

## Liste des figures

Figure 1 : Schéma d'une pomme : coupe longitudinale (Trillot *et al.*, 2002).

Figure 2 : Stades phénologiques du pommier d'après Fleckinger. (Planche réalisée par Philippe Destrés, 1986).

Figure 3 : Dégâts des principaux bioagresseurs du pommier (A : Tavelure ; B : Oïdium ; C : Chancre ; D : Carpocapse ; E : Puceron cendré ; D Puceron lanigère ) (Source A, B, C, E et F : personnelle. Source D : Zoé Boru, 2020).

Figure 4 : Eléments de reconnaissance de *Dysaphis plantaginea* (Source : Turpeau *et al.*, 2010) et stades de développement (Source : personnelle).

Figure 5 : Cycle de développement annuel de *Dysaphis plantaginea* (décrit par Dixon en 1977) (Source : Dieudonnée, 2018).

Figure 6 : Œufs hivernants sur rameau (gauche) et foyer de *DP* sur pommier avec présence de forme ailée (droite) (Source : personnelle).

Figure 7 : Enroulement, jaunissement des feuilles (A), déformations des jeunes pousses sur pommier (B) (Source : personnelle) et déformation et réduction de la taille des fruits (C) (Source : Antony Leblois, 2019).

Figure 8 : Application d'argile sur pommier à l'automne (gauche) et sans argile (droite) (Source : La Morinière, 2020).

Figure 9 : Schéma représentant les différents modes d'actions d'extraits végétaux (SDP : Stimulation des Défenses de la Plante) (Duval-Chaboussou et Dauffouis, 2020).

Figure 10 : Localisation des différents essais suivis sur la station expérimentale La Morinière.

Figure 11 : Méthode d'observation des macro-invertébrés dont les auxiliaires entre la féverole (gauche) et l'enherbement semé (droite) (Source : personnelle).

Figure 12 : Cage d'élevage en conditions contrôlées de *Dysaphis plantaginea* (Source : personnelle).

Figure 13 : Mise en place des pommiers infestés de deux individus aptères après aspersion des traitements (Source : personnelle).

Figure 14 : Dispositif expérimental de l'olfactomètre tubulaire statique pour les essais répulsif et détail d'un tube (Source : personnelle).

Figure 15 : Suivi des œufs hivernants de *Dysaphis plantaginea* en AB et PFI de février à mars 2021.

Figure 16 : Modèle de prédiction Fruitweb Puceron Cendré pour le suivi des œufs hivernants, des nymphes et des fondatrices de janvier à mars 2021.

Figure 17 : Classe d'intensité moyenne des pousses infestées par *DP* par arbre en fonction des traitements dans le temps - PFI. Les barres noires représentent les écart-types.

Figure 18 : Proportion moyenne de pousses infestées par DP par arbre en fonction des traitements dans le temps – PFI. Les lettres représentent les groupes statistiques et les barres noires les écart-types.

Figure 19 : Macro-invertébrés du sol présents en AB selon la plante de services et l'enherbement classique - Mars à mai 2021.

Figure 20 : Macro-invertébrés du sol présents en PFI selon la plante de services et l'enherbement classique - Mars à mai 2021.

Figure 21 : Evolution du nombre d'auxiliaires en fonction du temps et en fonction de la végétation environnante (Féverole/Ray Grass – AB) – 2021.

Figure 22 : Evolution du nombre d'auxiliaires en fonction du temps et en fonction de la végétation environnante (Féverole/Ray Grass – PFI) – 2021.

Figure 23 : Nombre moyen de pucerons par foyers actifs marqués en fonction des traitements dans le temps - AB. Les lettres indiquent les groupes statistiques pour les traitements.

Figure 24 : Nombre moyen de foyers actifs par arbre en fonction des traitements dans le temps - PFI. Les lettres indiquent les groupes statistiques pour les traitements.

Figure 25 : Pourcentage moyen de disparus des plantules à une concentration de 0,5% par huile essentielle. Les lettres indiquent les groupes statistiques pour les traitement et les barres noires les écarts-types.

Figure 26 : Pourcentage moyen de disparus des plantules à une concentration de 1% par huile essentielle. Les lettres indiquent les groupes statistiques pour les traitements et les barres noires les écart-types.

Figure 27 : Moyenne des indices de répulsion  $R_i$  en fonction des traitements à une concentration de 0,01% et du temps. Les lettres rouges indiquent les groupes statistiques pour les traitements à 10 minutes, les noires à 20 minutes et les barres noires les écarts-types.

Figure 28 : Moyenne des indices de répulsion  $R_i$  en fonction des traitements à une concentration de 0,1% et du temps. Les lettres rouges indiquent les groupes statistiques pour les traitements à 10 minutes, les noires à 20 minutes et les barres noires les écarts-types.

Figure 29 : Moyenne des indices de répulsion  $R_i$  en fonction des traitements à une concentration de 1% et du temps. Les lettres rouges indiquent les groupes statistiques pour les traitements à 10 minutes, les noires à 20 minutes et les barres noires les écarts-types.

Figure 30 : Température moyenne (°C) depuis 2011 sur la station de la Morinière.

Figure 31 : Ovaire de fleur de pommier non impacté par le gel (gauche) et dégâts du gel sur l'ovaire de la fleur (droite) (Source : personnelle).

Figure 32 : Cumul des pluies (mm) depuis 2011 sur la station de la Morinière.

Figure 33 : Développement de la féverole en AB (gauche) et PFI (droite) sur le rang (Source : personnelle).

Figure 34 : Foyer de puceron noir de la fève (*Aphis fabae*) sur la féverole (Source : personnelle).

Figure 35 : Mise en place de l'essai « Bande fleurie » à la station de la Morinière (Source : personnelle).

Figure 36 : Auxiliaires retrouvés dans les foyers de *DP* sur la station de la Morinière (A : Larve de syrpe ; B : Momies et larve de syrpe ; C : Forficules ; D : Œufs de coccinelle) (Source : personnelle).

Figure 37 : Mise en place de l'essai « Menthe poivrée » à la station de la Morinière (gauche) avec détail des plants de menthe poivrée dans la distance de plantation (droite) (Source : personnelle).

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Mode d'action des substances actives présentes dans les produits phytopharmaceutiques utilisés en arboriculture.

Tableau 2 : Résumé des essais, modalités étudiées et caractéristiques du matériel végétal des parcelles.

Tableau 3 : Classe d'intensité en fonction des pousses infestées par arbre – Essai produits de biocontrôle.

Tableau 4 : Récapitulatif des traitements réalisés pour les essais produits de biocontrôle en PFI.

Tableau 5 : Classe d'abondance en fonction du nombre de puceron par pousse infestée – Essai plantes de services.

Tableau 6 : Récapitulatif des traitements réalisés pour les essais plante de services en AB.

Tableau 7 : Récapitulatif des traitements réalisés pour les essais plante de services en PFI.

Tableau 8 : Récapitulatif des extraits végétaux sélectionnés pour les essais biocide et répulsif.

Tableau 9 : Essais Biocide - Quantité de solution préparée pour un volume total de 100 mL.

Tableau 10 : Essais répulsifs - Quantité de solution préparée par huile essentielle pour un volume total de 20 mL.

Tableau 11 : Classe d'abondance des traitements dans le temps – AB.

Tableau 12 : Classe d'abondance des traitements dans le temps – PFI.

## Liste des Annexes

ANNEXE I : Produits phytopharmaceutiques homologués contre *Dysaphis plantaginea* en AB en arboriculture.

ANNEXE II : Produits phytopharmaceutiques homologués contre *Dysaphis plantaginea* en PFI en arboriculture.

ANNEXE III : Les différentes catégories règlementaires de produits de protection des plantes (Source : DGAL/SDQSPV – CTIFL).

ANNEXE IV : Plan des essais suivis sur la station de la Morinière.

ANNEXE V : Une partie des plantes inscrites à la Pharmacopée (Décret n°2008-841 du 22/08/2008) et leur composition chimique (en gras les composés identifiés comme biocide et/ou répulsif).

ANNEXE VI : Plantes sélectionnées en fonction de leur statut de plantes en vente libre inscrites à la Pharmacopée (Décret n°2008-841 du 22/08/2008) pour les essais en conditions contrôlées.

ANNEXE VII : Une des 25 fiches techniques réalisées pour les plantes de services présentant les caractéristiques écologiques, la composition chimique des huiles essentielles, des fruits et des feuilles et les valeurs de pression de vapeur saturante à 25°C des molécules présentes dans les HE.

ANNEXE VIII : Mélange Muscari (Semence Nature) pour l'essai « Bande Fleurie » semé à la Morinière en 2021.

ANNEXE IX : Plan d'essai « Bande fleurie » et « Menthe poivrée » mis en place au verger à la station de la Morinière en 2021.

## Lexique

**Andropare** : une femelle parthénogénétique donnant naissance uniquement à des mâles.

**Aptère** : dépourvu d'aile.

**Fondatrice** : femelle parthénogénétique vivipare se développant à partir d'un œuf fécondé.

**Fondatrigenèse** : génération de pucerons virginipares se succédant sur l'hôte primaire issue de la fondatrice.

**Fumagine** : maladie cryptogamique provoquée par des moisissures noires dues à diverses espèces de champignons ascomycètes, ectophytes et saprophytes, qui se développent grâce au miellat sécrété par certains insectes piqueurs-suceurs.

**Gynopare** : femelle alaire produisant uniquement des ovipares.

**Ovipare** : femelle pondant des œufs.

**Parthénogénèse** : mode de reproduction sans fécondation, indépendant de toute sexualité permettant le développement d'un individu à partir d'un ovule non fécondé.

**Sexupare** : qui est capable de donner naissance à des individus de deux sexes lorsque les conditions de vie deviennent moins favorables.

**Virginipare** : femelle parthénogénétique vivipare produisant d'autres vivipares parthénogénétiques.

**Virginogène** : naissance sur l'hôte secondaire de nouvelles générations parthénogénétiques aptères et ailées.

**Vivipare** : La femelle donne naissance à des jeunes ou à des larves formées.

## Liste des abréviations

AB : Agriculture biologique

ANOVA : ANalysis Of VAriance

CASDAR : Compte d'Affectation Spéciale pour le Développement Agricole et Rural

CEFEL : Centre d'Expérimentation en Fruits et Légumes de Midi-Pyrénées

CTIFL : Centre Technique Interprofessionnelle des Fruits et Légumes

COVs : Composés Organiques Volatils

DEPHY : Démonstration, Expérimentation et Production sur les systèmes économes en produits pHYtosanitaires

*DP : Dysaphis plantaginea*

EBF : (*E*)- $\beta$ -farnésène

FREDON : Fédération Régionale de Défense contre les Organismes Nuisibles

HE : Huile Essentielle

HR : Humidité Relative

HV : Huile Végétale

INRAE : Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement

m<sup>2</sup> : Mètre carré

NS : Non Significatif

PdS : Plantes de Services

PFI : Production Fruitière Intégrée

PNPP : Préparations Naturelles Peu Préoccupantes

TNT : Témoin Non Traité

# I. Introduction

## 1. Structure d'accueil

La Morinière est une station d'études et d'expérimentation fruitière située dans le Centre-Val de Loire et créée en 1980 à l'initiative des producteurs de la région. Elle est implantée sur la commune de Saint-Epain (37) sur 65 ha dont 36 ha en plantation avec des pommiers (24 ha en PFI et 6 ha en AB), des poiriers, des cassissiers et des groseilliers. L'objectif principal de la station est d'acquérir des références techniques pour répondre aux demandes des professionnels et d'anticiper les techniques de production futures. Pour cela, elle s'appuie sur 3 axes qui portent sur i) la qualité du produit, ii) des méthodes de production respectueuses de l'environnement et iii) la maîtrise et la réduction des coûts de production. La station fait partie d'un réseau d'acteurs diversifiés : la FREDON, les Chambres d'Agricultures, l'IDfel Val de Loire, l'INRAE et le CTIFL assurant l'encadrement technique et scientifique de la station.

Le CTIFL est un organisme de recherche appliquée contribuant au développement et à la diversification des modes de production et de commercialisation de ses acteurs. Il œuvre pour des alternatives durables via la sélection variétale, l'évolution des conduites culturales, le biocontrôle et le développement de la PFI et de l'AB. De nombreux travaux y sont menés sur des solutions innovantes utilisant les principes de l'agroécologie, s'inscrivant dans la durabilité des systèmes de production.

## 2. Contexte

En France, l'utilisation des produits phytopharmaceutiques permet de maintenir les populations de ravageurs sous un seuil de nuisibilité acceptable et permet un rendement optimal ainsi qu'une pérennité des cultures. De par la rémanence élevée des substances actives qui les compose, ces produits ont été à l'origine de nombreux problèmes sanitaires et environnementaux depuis plusieurs années, et le développement de résistances à ces substances est apparu chez plusieurs espèces. En vue de limiter les effets toxiques et écotoxiques de ces substances et de promouvoir des méthodes et des techniques de substitution à la lutte chimique, des soutiens nationaux sont mis en place comme les plans Ecophyto II (2015) et II+ (2018), visant à réduire les usages de produits phytopharmaceutiques de 50% d'ici 2025. Pour accompagner cette transition, le réseau DEPHY EXPE Ecophyto Pomme a pour objectif de tester et évaluer la faisabilité agronomique et économique des techniques et stratégies des systèmes de culture visant une forte réduction de produits phytopharmaceutiques. L'arrêt de l'homologation des substances actives présentes

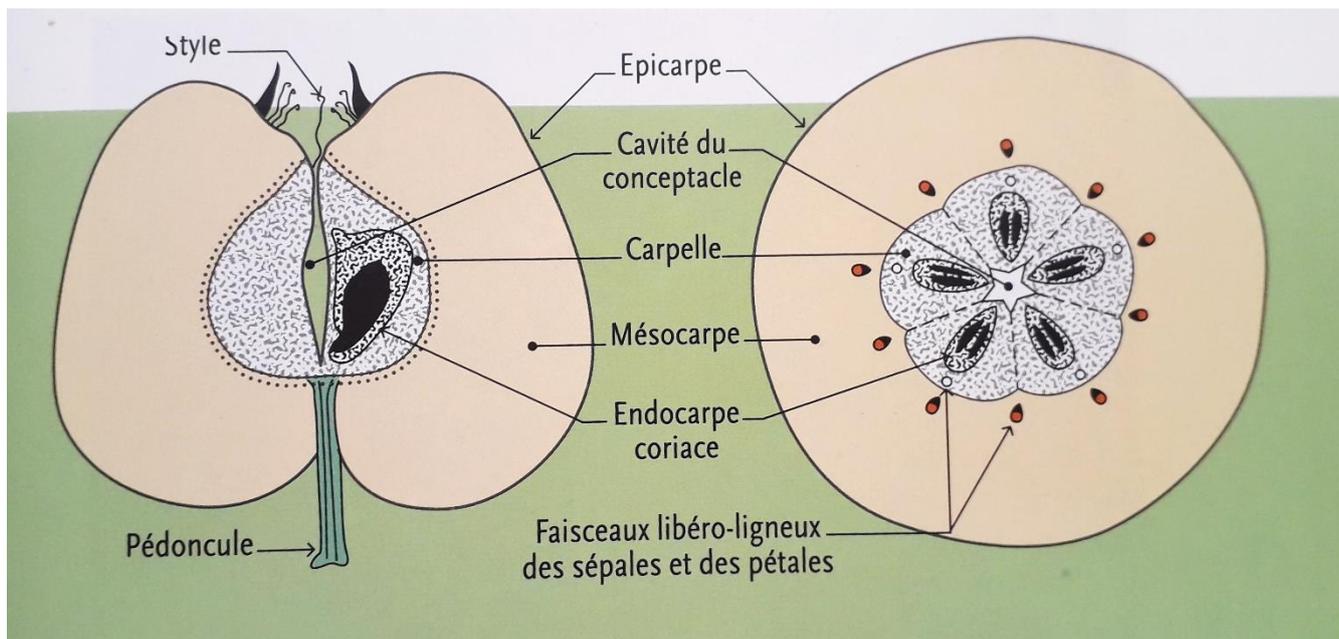


Figure 1 : Schéma d'une pomme : coupe longitudinale (Trillot *et al.*, 2002).

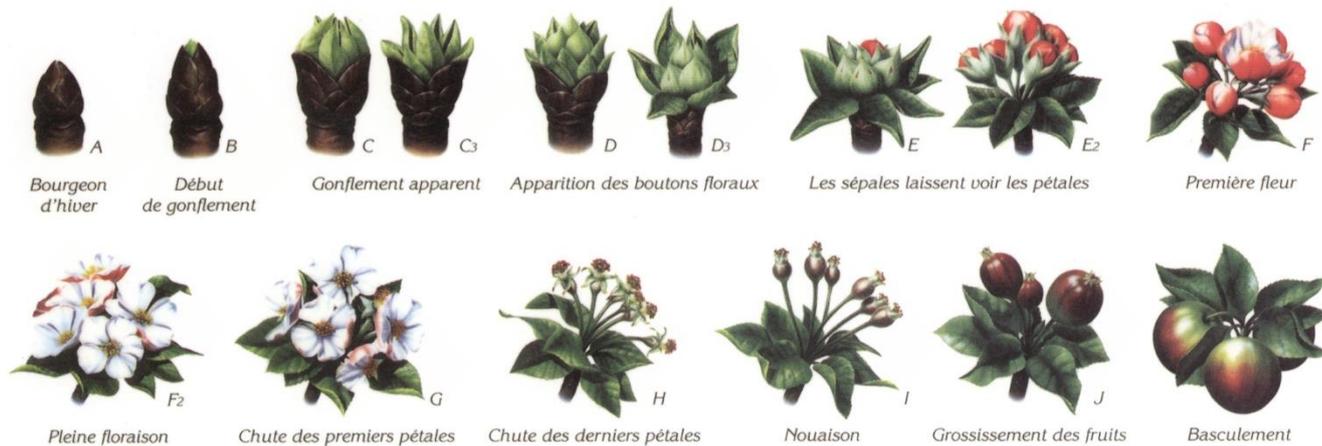


Figure 2 : Stades phénologiques du pommier d'après Fleckinger. (Planche réalisée par Philippe Destrés, 1986).

dans ces produits, utilisés dans la gestion des ravageurs en PFI comme en AB, pousse les acteurs de la filière arboricole à trouver de nouvelles solutions. Plusieurs solutions dites alternatives existent notamment l'utilisation de barrière physique, de produits de biocontrôles, de plantes de services et depuis peu l'utilisation d'extraits végétaux pour maîtriser les bioagresseurs au sein des vergers. Ces méthodes, bien qu'innovantes, demandent un approfondissement de connaissances quant à leurs utilisations, leur mise en place et leurs effets dans la gestion de ces bioagresseurs au long terme, dans un cadre de système de production.

C'est dans ce cadre que s'inscrit ce stage, plus particulièrement dans le cadre du projet CASDAR multi-partenarial « SIMPA » (Systèmes Innovants utilisant la combinaison de leviers agroécologiques pour Maitriser les Pucerons des Arbres fruitiers) qui a pour finalité l'identification, l'évaluation, la maîtrise et la diffusion des leviers agroécologiques pour la gestion des pucerons des arbres fruitiers. Les partenaires techniques du projet sont l'INRAE, le CTIFL, le verger expérimental de Poisy (74) et les stations régionales d'expérimentations La Morinière (37), La Pugère (13), CEFEL (82) et SudExpé (34).

## II. Synthèse bibliographique

### 1. Le pommier

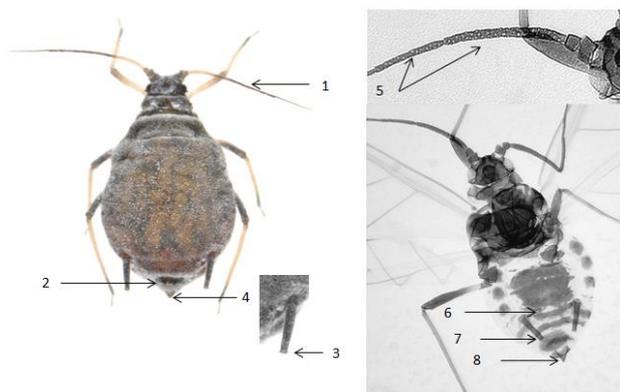
#### 1.1 Origine et production

Le pommier cultivé *Malus × domestica* Borkh, originaire d'Asie, appartient à la famille des Rosacées. Il existe plus de 200 000 variétés mais très peu sont cultivées. Il s'agit d'un arbre à feuilles caduques, doublement dentées, ovales et alternes. Les fleurs sont de couleur blanche ou rose composées de 5 pétales et 5 sépales, avec une floraison entre 10 à 15 jours aux environs du mois de mai. La pomme est un fruit charnu complexe comprenant une zone interne d'origine carpellaire entourée d'un mésocarpe épais (Figure 1). Pendant le cycle de développement, les bourgeons floraux et végétatifs des arbres fruitiers évoluent en fleurs et pousses feuillées respectivement, de la fin de l'hiver au printemps (Figure 2). Les fleurs engendrent des fruits qui vont murir et les feuilles vont rentrer en sénescence (Trillot *et al.*, 2002).

La France est le troisième producteur européen de pomme avec 1,43 million de tonnes produites pour environ 37 000 ha en 2020. C'est l'un des fruits les plus consommés et cultivés en France avec 17,7% de parts de marché en volume, avec pour principales variétés cultivés les Golden et les Gala (Production en Europe, 2020). Les principaux bassins de production sont la région Paca (23%), la Nouvelle-Aquitaine (21%) et l'Occitanie (21%). La région Centre-Val de Loire



Figure 3 : Dégâts des principaux bioagresseurs du pommier (A : Tavelure ; B : Oïdium ; C : Chancre ; D : Carpocapse ; E : Puceron cendré ; D Puceron lanigère ) (Source A, B, C, E et F : personnelle. Source D : Zoé Boru, 2020).

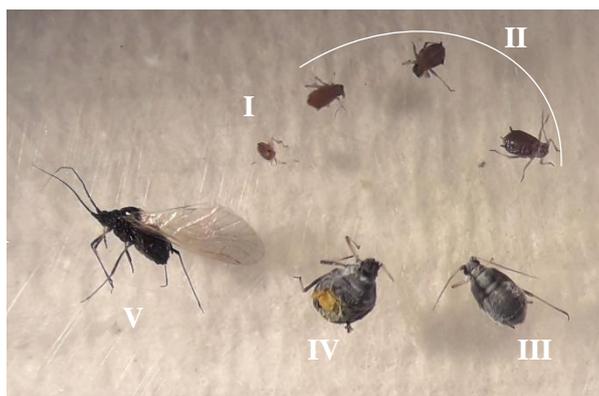


Adulte aptère :

1. Antennes inférieures à la longueur du corps
2. Abdomen dans pigmentation et avec présence occasionnelle de tubercules sur les segments VI et VI
3. Cornicules noires, régulières amincies de la base à l'extrémité et finissant par une fine collerette
4. Cauda légèrement pigmentée et triangulaire

Forme ailée :

5. Antennes égales à la longueur du corps, avec de nombreuses petites rhinaries déformantes sur les article III, IV et V
6. Abdomen avec plaque discale sombre et perforée à l'extrémité
7. Cornicule noires, cylindriques avec une légère collerette
8. Cauda pigmentée, courte et triangulaire



- I. Larves jeunes
- II. Larves âgées
- III. Adulte
- IV. Fondatrigrène
- V. Forme ailée

Figure 4 : Eléments de reconnaissance de *Dysaphis plantaginea* (Source : Turpeau *et al.*, 2010 ) et stades de développement (Source : personnelle).

possède environ 1 800 ha de surfaces de production pour une production estimée de 75 400 tonnes (Agreste, 2020).

## 1.2 Principaux bioagresseurs

Les principaux bioagresseurs chez le pommier cultivé sont des maladies fongiques (tavelure, oïdium, chancre), bactériennes (feu bactérien) et de conservations (Glœosporioses). Les principaux insectes ravageurs sont le carpocapse, les acariens, les pucerons et certains lépidoptères xylophages tels que la sésie et la zeuzère. Les pucerons font partie des ravageurs les plus fréquents et dommageables sur le pommier dont le puceron cendré (*Dysaphis plantaginea*), le puceron vert (*Aphis pomi*) et le puceron lanigère (*Eriosoma lanigerum*) (Trillot *et al.*, 2002) (Figure 3).

## 2. Le puceron cendré du pommier

### 2.1 Biologie et développement

Le puceron cendré du pommier, *Dysaphis plantaginea* Passerini, est un insecte de l'ordre des Hémiptères et de la famille des Aphididae. Ce sont des insectes polyphages de type piqueurs-suceurs qui prélèvent la sève dans les parois végétales à l'aide d'un rostre (Fredon, 2008). Il s'agit d'un des pucerons les plus nuisibles sur le pommier, en raison de sa forte fécondité et de sa multiplication rapide par parthénogénèse. La forme aptère du puceron cendré mesure entre 2,1 à 2,4 mm, de forme globuleuse et de couleur vert olive foncé ou rose vineux, recouvert d'une pulvérulence blanche à grisâtre. La forme ailée mesure entre 1,8 à 2,4 mm et possède : des antennes longues et sombres avec de nombreuses rhinaries (organes sensoriels permettant la différenciation des espèces) permettant de détecter les composés organiques volatils (COVs) présents dans l'air ; des cornicules longues, cylindriques et noires permettant l'émission d'hormones d'alarmes et une cauda courte et triangulaire (Figure 4) (Turpeau *et al.*, 2010). Les œufs sont de couleurs noire et sont brillants, de forme ovale et mesurent environ 0,5 mm (Quéro, 2015).

Le cycle de développement de *DP* possède 6 à 10 générations par an et se compose de trois stades : œuf, larve et adulte (Figure 4). Il existe quatre stades larvaires durant entre 8 et 10 jours, séparés par des mues ressemblant au stade adulte aptère (Dieudonné, 2018). *DP* est une espèce holocyclique, c'est-à-dire que le cycle comporte une génération sexuée et plusieurs générations asexuées par an. Il s'agit également d'une espèce diœcique puisque le cycle de développement est effectué sur deux plantes hôtes différentes : le pommier *Malus × domestica* étant l'hôte

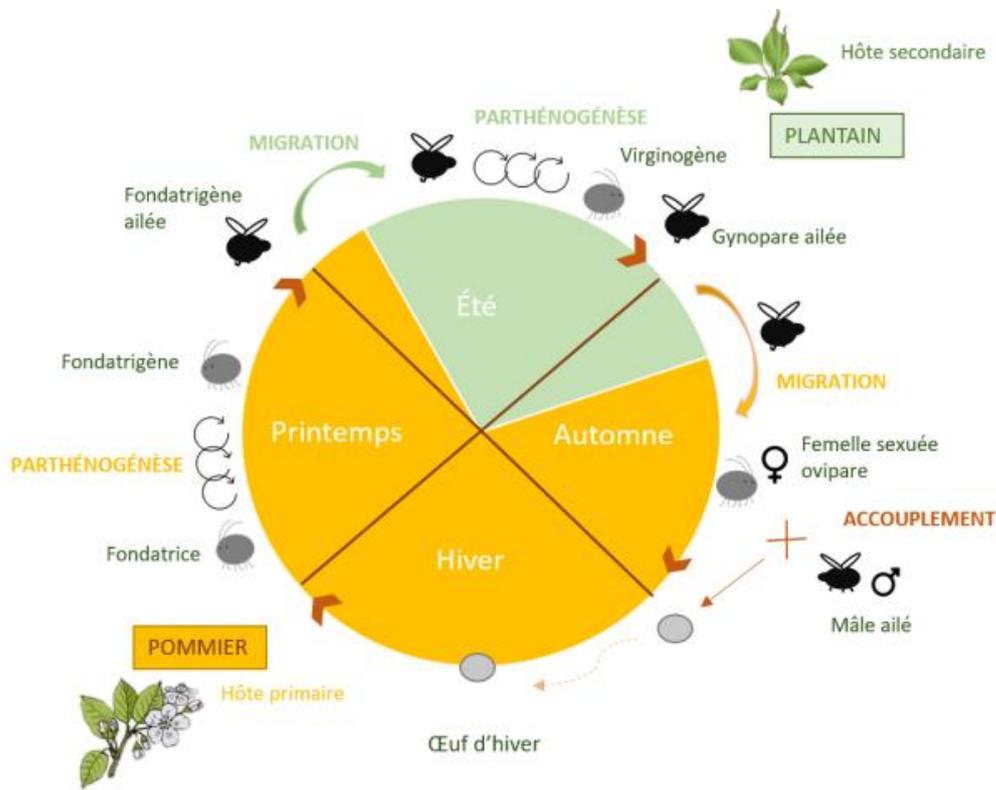


Figure 5 : Cycle de développement annuel de *Dysaphis plantaginea* (décrit par Dixon en 1977) (Source : Dieudonnée, 2018).



Figure 6 : Œufs hivernants sur rameau (gauche) et foyer de DP sur pommier avec présence de forme ailée (droite) (Source : personnelle).



Figure 7 : Enroulement, jaunissement des feuilles (A), déformations des jeunes pousses sur pommier (B) (Source : personnelle) et déformation et réduction de la taille des fruits (C) (Source : Antony Leblois, 2019).

primaire et le plantain *Plantago lanceolata* L., l'hôte secondaire privilégié. (Turpeau *et al.*, 2010).

Les œufs d'hiver présents sur les pommiers vont éclore à la mi-février suivant les conditions climatiques. Ils permettent l'apparition de femelles parthénogéniques appelées fondatrices qui vont effectuer plusieurs générations de femelles parthénogéniques aptères appelées fondatrigènes (jusqu'à 70 individus), responsables de la plupart des dommages. Des formes ailées de fondatrigènes vont apparaître en raison d'une forte densité de population sur le pommier et/ou à son évolution phénologique. Vers la mi-juin, les fondatrigènes ailées vont migrer vers l'hôte secondaire, le plantain. La colonie s'agrandit par parthénogénèse et donne naissance à plusieurs générations d'aptères et d'ailés appelées virginogènes, se reproduisant par parthénogénèse pendant l'été sur le plantain. A l'automne, des femelles sexupares apparaissent et donnent naissance à des andropares et des femelles ovipares appelées gynopares.

La migration de retour vers le pommier est assurée par les gynopares ailées, produisant des femelles ovipares aptères. Les mâles ailés revenant du plantain, vont féconder les femelles ovipares aptères qui vont pondre des œufs (4 à 5 œufs en moyenne) dans les anfractuosités de l'écorce pour passer l'hiver. Ils donneront naissance à de nouvelles fondatrices le printemps suivant (Figure 5 et 6) (Brown et Myers, 2010 ; Quéro, 2015 ; Turpeau *et al.*, 2010).

## 2.2 Nuisibilité

Le puceron cendré s'attaque aux parties aériennes du pommier en prélevant la sève et peut être responsable de pertes engendrées pouvant atteindre 30% du rendement (De Berardinis *et al.*, 1994). Il provoque par la prise de nourriture, une croissance déformée et enroulée des feuilles et des rameaux, entravant la photosynthèse (Figure 7). Ces enroulements sont associés à un jaunissement plus ou moins marqué (Dib, 2010). La salive injectée lors des piqûres induit des pseudo-galles sur les jeunes branches, pouvant protéger les populations de pucerons des ennemis naturels et des traitements insecticides (Forrest et Dixon, 1975). *DP* provoque un développement réduit des fruits et des malformations les rendant non valorisables (De Berardinis *et al.*, 1994 ; Dib, 2010). De plus, une forte population de puceron produit une grande quantité de miellat sur les feuilles favorisant l'apparition de fumagine rendant les fruits impropres à la commercialisation.

Tableau 1 : Mode d'action des substances actives présentes dans les produits phytopharmaceutiques utilisés en arboriculture.

---

Huile de paraffine	L'huile de paraffine a un mode d'action physique, le film d'huile recouvre et étouffe les œufs et les larves des insectes. Ce film est également une barrière pouvant prévenir la transmission de certaines maladies ou l'arrivée de spores. Ceci explique le large spectre d'action de nos produits sans développement de résistance connu.
Lambda-cyhalothrine	Perturbe la fonction des organes récepteurs de l'étirement chrodotal, qui sont essentiels pour les sens de l'audition, de la gravité, de l'équilibre, de l'accélération, de la proprioception et de la kinesthésie. Cela perturbe l'alimentation et d'autres comportements chez les insectes cibles. Contrairement au groupe 9, les insecticides du groupe 29 ne se lient pas au complexe de canaux Nan-lav TRPV.
Flonicamide	Se lient aux complexes de canaux Nan-lav TRPV (Transient receptor Potential Vanilloid) et perturbent leur déclenchement dans les organes récepteurs d'étirement chrodotaux, qui sont essentiels pour les sens de l'audition, de la gravité, de l'équilibre, de l'accélération, de la proprioception et de la kinesthésie. Cela perturbe l'alimentation et d'autres comportements chez les insectes cibles.
Esfenvalérate	Maintiennent les canaux sodiques ouverts, provoquant une hyperexcitation et, dans certains cas, un blocage nerveux. Les canaux sodiques sont impliqués dans la propagation des potentiels d'action le long des axones nerveux.
Azadirachtine	Agit par ingestion et provoque un arrêt de l'alimentation, perturbe les mues et inhibe la reproduction des ravageurs cibles.

---



Figure 8 : Application d'argile sur pommier à l'automne (gauche) et sans argile (droite) (Source : La Morinière, 2020).

L'absorption répétée de la sève entraîne un affaiblissement du pommier et peut perturber sa croissance. En effet, les attaques à répétition vont induire une altération des racines et une réduction du nombre de fleurs et de fruits, impactant la culture au long terme (Fredon, 2008).

### 2.3 Moyens de lutte

La principale lutte employée en AB et PFI est l'utilisation d'huiles minérales ou paraffiniques en sortie d'hiver sur les œufs et les premiers stades larvaires agissant par asphyxie tégumentaire, empoisonnement et répulsion des populations de puceron cendré (Darbouri, 2018). Des traitements pré-floraux et à la floraison sont effectués (Karate Zeon® ou Teppeki® en PFI et NeemAzal® ou Oikos® sous dérogation de 120 jours tous les ans en AB) pour prévenir l'installation des foyers. En post-floraison, un traitement à l'aide d'un Movento® en PFI se fait à l'apparition des premiers foyers. Le Tableau 1 résume les substances actives présentes dans les produits homologués en arboriculture en AB et PFI. La composition chimique de ces produits et les méthodes d'applications sont présentées dans les Annexes I et II.

En vue de limiter l'utilisation des produits phytosanitaires, de nombreuses méthodes de lutte alternatives existent : choix de variétés résistantes, conduite de l'arbre, défoliation artificielle à l'automne, barrière physique à l'automne, raisonnement de la fertilisation azotée, gestion des populations de fourmis, lutte biologique, aménagement de l'agrosystème (installation de PdS) et depuis peu l'utilisation de produits utilisant des extraits végétaux (usage biocide et répulsif). Ces produits sont répartis dans plusieurs catégories et sont définis par des statuts réglementaires établis au niveau européen et national expliqué en Annexe III.

La défoliation automnale permet de faire chuter précocement les feuilles à l'aide d'un produit défoliant comme le chélate de cuivre (Chelonia®) ou le sulfate de zinc (Oliplant®), et perturbe la ponte des gynopares ailées, mais aussi leur alimentation. Néanmoins, les conséquences à long terme d'une chute de feuilles précoces, répétée chaque année, ne sont pas encore connues (Le Corre, 2019). Les barrières physiques utilisées à l'automne en AB, consistent à appliquer de la kaolinite calcinée par exemple (Surround WP®) au moment du vol retour des gynopares ailées en modifiant l'appétence des feuilles (Figure 8). Cette barrière repousse les pucerons, réduit leurs déplacements et rend défavorable la ponte (Bürgel *et al.*, 2005). L'aménagement de l'agrosystème vise à augmenter la diversité du milieu via la création de refuges et l'implantation de plantes de services, de bandes fleuries et de haies favorisant la présence d'auxiliaires, luttant contre les ravageurs (Albert *et al.*, 2018). Les prédateurs les plus actifs contre *DP* sont des

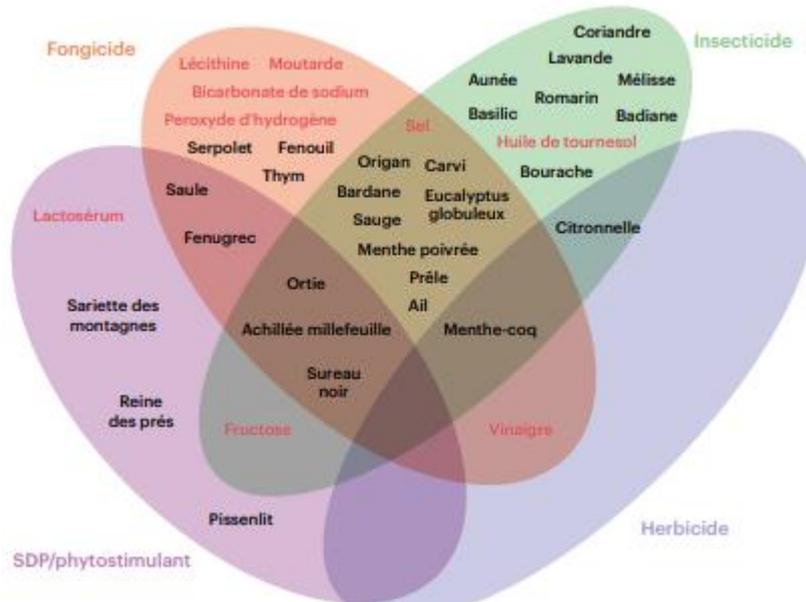


Figure 9 : Schéma représentant les différents modes d'actions d'extraits végétaux (SDP : Stimulation des Défenses de la Plante) (Duval-Chaboussou et Dauffouis , 2020).

Diptères (syrphes, cécidomyies), des Coléoptères (coccinelles, carabidés), des Névroptères (chrysopes, hémérobés), des Dermaptères (forficules) et des Arachnides (Dib, 2010).

### 3. Rôle des extraits végétaux et des plantes de services

#### 3.1 Rôles des plantes de services dans la gestion des pucerons

Les plantes de services (PdS) sont disposées avant ou pendant une culture et lui apportent un ou plusieurs avantage(s) qui peuvent porter sur la qualité du sol ou le contrôle des bioagresseurs (Albert *et al.*, 2018). L'intérêt majeur des PdS est leur capacité à attirer les pucerons et les éloigner de leurs plantes-hôtes (plante-piège), à attirer des ennemis naturels en leur fournissant un abri et des ressources alimentaires (plante banque ou réservoir), et à modifier la reconnaissance de la plante-hôte par l'émission de composés organiques volatils (COVs) (Ben-Issa et Gomez, 2017). Les pucerons utilisent ces composés pour reconnaître leurs hôtes et communiquer entre eux. Un composé intéressant dans la gestion des populations de pucerons est l'(*E*)- $\beta$ -farnésène (EBF), présent dans les phéromones d'alarmes émises par le puceron en cas de danger, entraînant la chute et le départ des individus de la plante hôte quand il est émis (Dardouri, 2018). Il est intéressant de noter que les COVs perturbant le comportement des pucerons, sont majoritairement des molécules volatiles produites par des plantes aromatiques de la famille des Lamiacées (menthe, thym, romarin, lavande et basilic), des Astéracées (tagètes) et des Alliacées (ail, ciboulette) ayant des composés répulsifs contre les pucerons tels que le linalol, le limonène ou l'eucalyptol (Dardouri, 2018). Il a été mis en évidence que les pucerons ne réagissent qu'à une certaine concentration de COVs et qu'un mélange de COVs peut modifier la réponse attendue du puceron. De plus, l'émission de COVs varie en fonction de la variabilité génotypique, du stade phénotypique et de l'environnement dans lequel évolue la PdS (Bracho-Nunez *et al.*, 2011).

#### 3.2 Rôles des extraits végétaux dans la gestion des pucerons

Les composés répulsifs ou biocides utilisés dans la gestion des ravageurs sont principalement issus d'extraits végétaux comme les huiles essentielles. Les plantes pouvant être utilisées en agriculture et présentant ces composés rentrent dans la liste des plantes à usages biostimulants (SNUB) et substances de base (SB), soit des plantes homologuées comme Préparations Naturelles Peu Préoccupantes (PNPP) (Décret\_n°2008-841), élaborées exclusivement à base d'éléments naturels et obtenue par un processus accessible à tous (Ondet, 2009). L'emploi des SB s'effectue selon un usage et une recette (Figure 9) (décoction de prêle à usage fongicide par

Tableau 2 : Résumé des essais, modalités étudiées et caractéristiques du matériel végétal des parcelles.

Numéro essai	I	II	III	IV
Titre d'essai	Prognose	Produits de biocontrôle	Suivi des auxiliaires avec une plante de services	Suivi des populations de <i>DP</i> avec une plante de services
Modalités suivies	Ceufs hivernants et émergence des premières larves	NeemAzal® Limocide Quassol	Insecticides + enherbement classique (raygrass/fétuque) Féverole + insecticide Féverole seule	Féverole Enherbement classique (raygrass/fétuque)
Conduite	AB PFI	PFI	AB PFI	AB PFI
Plantation	AB : 2011 PFI : 2011	2011	AB : 2015 PFI : 2002	AB : 2015 PFI : 2002
Surface (m <sup>2</sup> )	AB : 6 358,68 PFI : 10 277	10 277	AB : 11 072 PFI : 6 449	AB : 11 072 PFI : 6 449
Variété	AB : Pirouette PFI : Golden	Gala	AB : Daliclass PFI : Golden	AB : Daliclass PFI : Golden
Distance de plantation (m)	AB : 4 x 1,25 PFI : 4 x 1,25	4 x 1,25	AB : 4 x 1,10 PFI : 4 x 1,25	AB : 4 x 1,10 PFI : 4 x 1,25



Figure 10 : Localisation des différents essais suivis sur la station expérimentale La Morinière.

exemple) tandis que les SNUB appartiennent à la catégorie des matières fertilisantes destinées à améliorer ou assurer la nutrition et la résistance aux stress abiotiques des végétaux. Il existe plusieurs préparations de plantes possibles dans de l'eau ou de l'alcool à 40° : infusion, décoction, macération, purin ou huile essentielle (Duval-Chaboussou et Dauffouis, 2020).

#### 4. Objectifs de l'étude

Afin d'identifier des méthodes alternatives à l'utilisation d'insecticides classiques et d'évaluer l'intérêt de leviers agroécologiques dans la lutte contre *Dysaphis plantaginea*, les objectifs de ce stage sont :

- Identifier des plantes de services intervenant dans la gestion des populations de *DP* aussi bien par leur attractivité pour les auxiliaires, que par leurs composés volatils ayant des propriétés biocides et/ou répulsives
- Tester en plein champ l'efficacité biocide d'extraits végétaux et l'efficacité de plante de services dans l'attractivité des auxiliaires du puceron cendré
- Tester en conditions contrôlées l'efficacité des effets biocides et/ou répulsifs de différents extraits végétaux

### III. Matériels et méthodes

#### 1. Expérimentations en plein champ

##### 1.1 Matériel biologique

Les parcelles sont situées sur la station de La Morinière, dans la commune de Saint-Epain (37) dans le Centre-Val de Loire. Les essais sont randomisés en blocs de Fisher ou en blocs simple pour chaque modalité. Chaque parcelle élémentaire comprend entre 5 à 7 arbres selon les essais. Le Tableau 2 et la Figure 10 récapitulent les différents essais.

##### 1.2 Suivi des populations

###### 1.2.1 Prognose

La prognose hivernale permet d'évaluer l'évolution des populations d'œufs de *DP*, de connaître l'état sanitaire de la parcelle et d'anticiper les traitements. Les observations se font sur 3 arbres par parcelle élémentaire (4 au total) sur lesquelles 50 corymbes sont observés (200 en tout). Vingt corymbes sont suivis par parcelle élémentaire et deux observations sont réalisées par semaine pour le suivi : l'éclosion des premières larves et de la première génération. L'objectif est également de comparer le suivi au champ des populations du puceron cendré à un modèle

Tableau 3 : Classe d'intensité en fonction des pousses infestées par arbre – Essai produits de biocontrôle.

Classe d'intensité	Proportion de pousse infestée / arbre
0	Aucune pousse avec symptôme
1	1-10 % de pousse avec des symptômes
2	11-25 % de pousse avec des symptômes
3	26-50 % de pousse avec des symptômes
4	> 50 % de pousses avec des symptômes

Tableau 4 : Récapitulatif des traitements réalisés pour les essais produits de biocontrôle en PFI.

Stade	Stade C-C3		Stade D		Stade E-E2		Stade E2-F1		FLORAISON	Stade G-H	
Date	03/03/2021		24/03/2021		01/04/2021					28/04/2021	
	Produits	Dose	Produits	Dose	Produits	Dose	Produits	Dose		Produits	Dose
<b>TNT</b>	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-
<b>NeemAzal</b>	Ovipron +	20 L/ha	-	-	Neemazal	2 L/ha	-	-		Neemazal	2 L/ha
<b>Limocide</b>	Ovipron +	20 L/ha	Limocide	4 L/ha	Limocide	4 L/ha	-	-		Limocide	4 L/ha
<b>Quassol</b>	Ovipron +	20 L/ha	Quassol	0,3 kg/ha	Quassol	0,3 kg/ha	-	-		Quassol	0,3 kg/ha

\*NeemAzal® et Quassol® sous dérogation



Figure 11 : Méthode d'observation des macro-invertébrés dont les auxiliaires entre la féverole (gauche) et l'enherbement semé (droite) (Source : personnelle).

de somme des températures Fruitweb simulant l'éclosion des œufs d'hivers, des nymphes et l'arrivée des premiers individus.

### 1.2.2 Essai produits de biocontrôle : foyers de puceron cendré

L'efficacité des produits de biocontrôle sur les populations de puceron cendré ayant des propriétés insecticides est évaluée suivant une méthode de notation établie par les partenaires du CASDAR – SIMPA, et est comparée à la référence chimique biologique aphicide le NeemAzal®. L'objectif est de caractériser l'impact du puceron cendré à l'échelle de l'arbre par une évaluation de la proportion de pousses contenant des foyers de puceron. Il s'agit de donner à chaque arbre une classe d'intensité d'infestation en fonction des symptômes observables (Tableau 3). Les observations sont effectuées sur les arbres de chaque parcelle élémentaire et sont effectuées tous les 7 à 10 jours à partir de la floraison et jusqu'à la chute des populations.

Le NeemAzal® est produit à partir des amandes du margousier *Azadirachta indica*, permettant l'extraction de la molécule active l'Azadirachtine. Cet insecticide systémique agit par ingestion et provoque un arrêt de l'alimentation, perturbe les mues et inhibe la reproduction. Deux produits sont comparés au NeemAzal® : le Quassol® extrait du *Quassia amara* possédant des propriétés insecticides liées aux quassines et agissant comme un neurotoxique par contact ou ingestion, et le Limocide® à base d'huile essentielle d'orange douce qui agit par contact asséchant les insectes à corps mou et les organes aériens des maladies fongiques. Les modalités d'application des produits dans la parcelle suivie sont résumées dans le Tableau 4 et le plan de l'essai figure en Annexe IV.

### 1.2.3 Essai plantes de services

#### 1.2.3.1 Populations d'auxiliaires

L'objectif est de suivre l'évolution des populations d'auxiliaires sur une plante de service, la féverole (*Vicia faba*). Son implantation permet l'arrivée du puceron noir *Aphis fabae* plus tôt dans la saison attirant précocement les auxiliaires, ce qui permet un contrôle plus précoce des populations de DP. De manière générale, les auxiliaires au verger arrivent tardivement dans la saison (mi-mai). L'essai vise également à comparer les populations de macro-invertébrés présentes sur la végétation entre la féverole et un enherbement semé (ray-grass et fétuque). Le suivi est effectué sur deux parcelles (une en AB et une en PFI) où la féverole est semée sur la moitié des rangs. Trois parcelles élémentaires sont observées à l'aide d'un quadrat de 0,25 m<sup>2</sup> par modalité et par parcelle (Figure 10).

Tableau 5 : Classe d'abondance en fonction du nombre de puceron par pousse infestée – Essai plante de services.

Classe d'abondance	Nombre de pucerons
A	Aucun puceron
B	1-5
C	6-25
D	26-50
E	51-125
F	> 125

Tableau 6 : Récapitulatif des traitements réalisés pour les essais plante de services en AB.

Stade	Stade C-C3		Stade D		Stade E-E2		Stade E2-F1		FLORAISON	Stade G-H	
Date	01/03/2021				31/03/2021						
	Produits	Dose	Produits	Dose	Produits	Dose	Produits	Dose		Produits	Dose
<b>TNT</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>T1</b>	Ovipron +	20 L/ha	-	-	Neemazal	2 L/ha	-	-	-	-	-
<b>T2</b>	Ovipron +	20 L/ha	-	-	Neemazal	2 L/ha	-	-	-	-	-

\*NeemAzal® sous dérogation

Tableau 7 : Récapitulatif des traitements réalisés pour les essais plante de services en PFI.

Stade	Stade C-C3		Stade D		Stade E-E2		Stade E2-F1		FLORAISON	Stade G-H	
Date	02/03/2021		17/03 et 24/03/21		02/04/2021						
	Produits	Dose	Produits	Dose	Produits	Dose	Produits	Dose		Produits	Dose
<b>TNT</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ovipron +	20 L/ha	Tatami gold	0,25 L/ha	-	-	-	-	-	-	-
<b>T1</b>	-	-	Kusti	0,075 L/ha	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	Tepeeki	0,14 kg/ha	-	-	-	-	-
<b>T2</b>	Ovipron +	20 L/ha	Tatami gold	0,25 L/ha	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	Kusti	0,075 L/ha	-	-	-	-	-	-	-

\*NeemAzal® sous dérogation



Figure 12 : Cage d'élevage en conditions contrôlées de *Dysaphis plantaginea* (Source : personnelle).

Le recensement des populations dure 5 minutes par parcelle élémentaire et les insectes présents sont identifiés ou prélevés à l'aide d'un aspirateur à bouche, puis stockés dans de l'alcool à 96% pour une identification ultérieure sous loupe binoculaire (Boyer *et al.*, 2017). Le suivi est effectué tous les 7 à 10 jours le matin.

### 1.2.3.2 Populations de puceron cendré

La méthode utilisée pour évaluer l'efficacité de la féverole sur les populations de puceron cendré est établie par les partenaires du CASDAR – SIMPA. Elle consiste en un marquage progressif de pousses infestées (rameaux fructifères), jusqu'à 12 pousses par parcelle élémentaire. La notation du nombre de puceron présents sur les pousses est effectuée par classe d'abondance (Tableau 5). Les observations sont réalisées tous les 7 à 10 jours avant le début de la floraison et jusqu'à la chute des populations. Des mesures complémentaires sur la présence d'auxiliaires, de momies, d'autres pucerons et de fourmis sont également effectuées.

Trois modalités sont suivies par parcelle : enherbement et insecticide, féverole et insecticide et féverole seule faisant office de témoin non traité. En AB, l'insecticide utilisé est le NeemAzal® et en PFI la stratégie aphicide conventionnelle est mise en place. Les modalités d'application des produits dans les parcelles suivies sont résumées dans les Tableaux 6 et 7 et le plan d'essai figure en Annexe IV.

## 2. Expérimentations en milieu semi-contrôlé

### 2.1 Matériel biologique

#### 2.1.1 Puceron cendré

Des élevages synchrones de pucerons cendrés obtenus à l'Agrocampus Ouest d'Angers sont réalisés en conditions contrôlées ( $T= 20\pm 1^\circ\text{C}$ , photopériode 16L:8D, HR=70-80%). Deux femelles aptères sont déposées sur des plantules (stade 4-5 feuilles) et laissées à pondre pendant 24 heures puis retirées. Les larves pondues dans cet intervalle sont laissées sur les plants pendant 10 jours pour permettre leur développement avant leur utilisation. Des plantules infestées sont placées dans des cages d'élevage (30\*30\*30 cm) en toile insect-proof (maille 500  $\mu\text{m}$ ) et de l'aquanappe est déposée dans le fond des cages pour favoriser l'humidification du terreau (Figure 12). Les pommiers sont renouvelés régulièrement pour éviter l'émergence d'individus ailés et les feuilles infestées des anciens plants sont déposées à la base des nouveaux pommiers pour faciliter l'infestation.

Tableau 8 : Récapitulatif des extraits sélectionnés pour les essais biocide et répulsif.

Nom commun	Nom scientifique	Famille Botanique	Préparation	Matières actives	Test
Cumin des prés	<i>Carum carvi</i> L.	Apiaceae	HE	Carvacrol, limonene	Biocide
Lavande vraie	<i>Lanvandula angustifolia</i> Mill	Lamiaceae	HE	Linalol, acétate de linalyle	Biocide Répulsif
Mélange HE : Cumin des prés, Citronnelle, Origan	<i>Carum carvi</i> L.	Apiaceae	HE	Limonene, carvone, géraniol citronellol, carvacrol	Biocide
	<i>Cymbopogon schoenanthus</i>	Poaceae			
	<i>Origanum vulgare</i> L.	Lamiaceae			
Menthe poivrée	<i>Mentha x piperita</i> L.	Lamiaceae	HE	Menthol, menthone	Répulsif
Romarin	<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	Lamiaceae	HE	Eucalyptol, camphène,	Biocide Répulsif
Thym	<i>Thymus vulgaris</i> L.	Lamiaceae	HE	Thymol, carvacrol	Répulsif

\*HE : Huile essentielle (préparation commerciale)

Tableau 9 : Essais Biocide - Quantité de solution préparée pour un volume total de 100 mL.

	Quantité d'HE (mL)	Quantité d'HV (mL)	Quantité d'eau (mL)
Concentration 1%	1	1	97,75
Concentration 0,5%	0,5	0,5	97,75

\*HE : Huile Essentielle ; HV : Huile Végétale (Colza)



Figure 13 : Mise en place des pommiers infestés de deux individus aptères après aspersion des traitements (Source : personnel).

### 2.1.2 Choix des extraits végétaux

Les plantes sont sélectionnées en fonction de leur statut de plantes en vente libre inscrites à la Pharmacopée (Décret n°2008-841 du 22/08/2008) et de leur composition chimique. Une recherche bibliographique a permis d'identifier les huiles essentielles et leurs composés connus pour avoir un effet biocide, répulsif ou les deux contre les pucerons, et est présentée en Annexe V et VI. Les huiles essentielles sont toutes issues de préparations commerciales avec un chimiotype référencé. Le Tableau 8 récapitule les extraits végétaux sélectionnés pour les essais. Des fiches techniques des PdS identifiées ont été réalisées et présentent les caractéristiques écologiques et la composition chimique des HE pour faciliter le choix lors des expérimentations en conditions contrôlées et de l'implantation au verger (Annexe VII).

### 2.2 Test biocide par contact sur plantules

Pour évaluer l'effet biocide des huiles essentielles sélectionnées, des semis de pépins issus de la variété « Joya » en pollinisation libre sont effectués et placés en chambre en conditions contrôlées ( $T=20\pm 1^{\circ}\text{C}$  ; photopériode 16L:8D ; HR = 70-80%).

Au total, 2 concentrations (0,5 et 1% v/v) sont réalisées par huiles essentielles sélectionnées, détaillées dans le Tableau 9. Les produits sont appliqués à l'aide d'un pulvérisateur manuel sur les adultes aptères de *DP*, préalablement déposés sur une grille. Une fois les produits appliqués et séchés, deux individus sont déplacés sur une plantule à l'aide d'un pinceau humidifié. Du talc est déposé sur le terreau pour faciliter la recherche des individus morts (Figure 13). Une observation du taux de mortalité des pucerons est effectuée 1 jour et 4 jours après traitements. Au total, 30 individus sont traités par modalité et comparé à un témoin négatif (eau) et positif (NeemAzal®).

### 2.3 Test répulsif : olfactomètre tubulaire statique

La réponse de *DP* aux huiles essentielles est testée en utilisant le même protocole présenté par Dardouri (2018). L'olfactomètre est constitué d'un cylindre en verre (longueur : 12 cm ; largeur : 3,5 cm), fermé dans l'ordre par un tamis, un papier-filtre traité avec les HE (Whatman® n°1. 32 mm) et un bouchon. Le bas de l'olfactomètre est fermé par un capuchon en silicone transparent perforé (longueur : 2,5 cm , largeur : 3,4 cm). L'olfactomètre est divisé en 3 parties égales de 4,83 cm et un repère visuel est posé sur la section haute. Du fait de leur géotactisme négatif les pucerons montent naturellement vers la section haute excepté sous

Tableau 10 : Essais répulsifs - Quantité de solution préparée par huile essentielle pour un volume total de 20 mL.

	Quantité d'HE ( $\mu\text{L}$ )	Quantité d'éthanol 96% (mL)
Concentration 1%	200	19,8
Concentration 0,1%	20	19,98
Concentration 0,01%	2	19,998

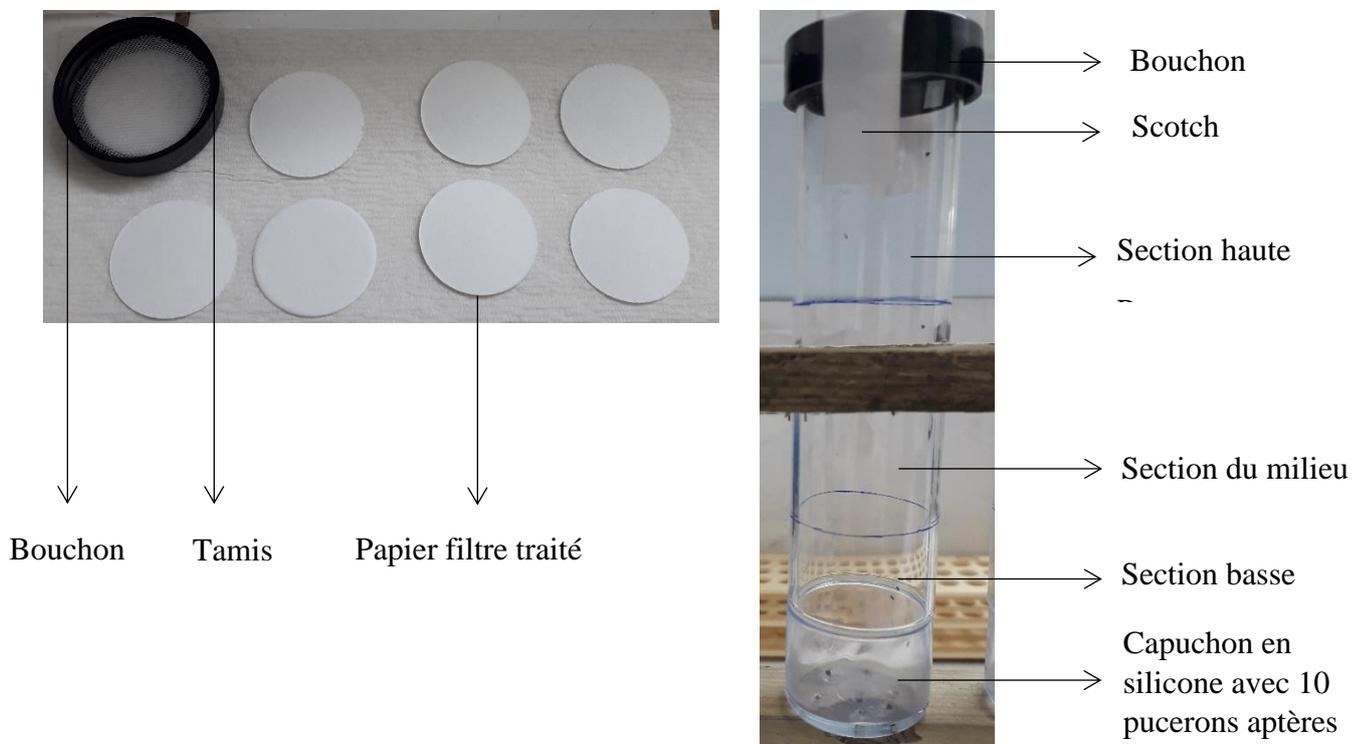


Figure 14 : Dispositif expérimental de l'olfactomètre tubulaire statique pour les essais répulsif et détail d'un tube (Source : personnelle).

l'influence d'un composé possédant une propriété répulsive. Des solutions d'huiles essentielles sont préparées dans un solvant (éthanol 96%) à 0,01 ; 0,1 et 1% (v/v) présentées dans le Tableau 10, dosées à un volume de 3 µL sur chaque papier-filtre et laissées à sécher pendant 5 minutes, puis placés dans le bouchon. Un capuchon en silicone préalablement percé et contenant 10 pucerons aptères à jeun (1 heure), est placé à l'extrémité inférieure de chaque tube (Figure 14).

Le nombre de puceron dans chaque section est compté au bout de 10 et 20 minutes après le début du test. L'indice de répulsion est calculé selon la formule suivante :

$$\text{Indice de répulsion } (Ri) = \frac{((mdT \times t) + (mdM \times m) + (mdB \times b))}{n} = \frac{((2,41 \times t) + (7,24 \times m) + (12,07 \times b))}{(t + m + b)} \quad (1)$$

Avec Ri représentant l'indice de répulsion ; mdT la distance moyenne de la section supérieure ; mdM la distance moyenne de la section centrale ; mdB la distance moyenne de la section inférieure ; t, m, b et n sont respectivement le nombre de pucerons comptés dans les sections supérieure, centrale et inférieure et le nombre total de pucerons par tube.

Chaque concentration de chaque composé est répétée 8 fois avec 8 témoins (3 µL de solvant pour le témoin négatif et 3µL d'EBF pour le témoin positif). Tous les tests sont effectués en conditions contrôlées (22 ± 1°C ; 60-70% HR), après chaque tests les tubes sont lavés avec de l'éthanol (96%), puis séchés à l'air libre pendant au moins 16 heures.

### 3. Traitements des données

L'analyse statistique des données est réalisée sous le logiciel R, version 3.6.2.

Concernant les expérimentations en conditions contrôlées, le nombre de disparu pour les essais de toxicité par contact a été analysé pour chaque huile avec une ANOVA à un facteur ( $\alpha=0,05$ ). L'hypothèse nulle indiquant qu'il n'y a aucune différence significative entre les traitements est rejetée si la p-value est supérieure à 0,05 ce qui permet d'accepter l'hypothèse alternative indiquant une différence significative entre les traitements. Pour les tests de l'olfactomètre tubulaire statique, l'effet répulsif de chaque huile a été calculé à l'aide de la formule citée plus haut. Les *Ri* obtenus sont analysés à l'aide d'une ANOVA à un facteur ( $\alpha=0,05$ ). Pour chacun des tests, la normalité des données a été vérifiée avec un test de Shapiro-Wilk et l'homogénéité des variances avec un test de Bartlett au seuil  $\alpha=0,05$ . Un test de Tuckey ( $\alpha=0,05$ ) a été effectué pour comparer les réponses de DP entre le contrôle (aucune huile essentielle) et les traitements (huile essentielle seule). Les lettres obtenues à la suite de ce test indiquent que les modalités ne

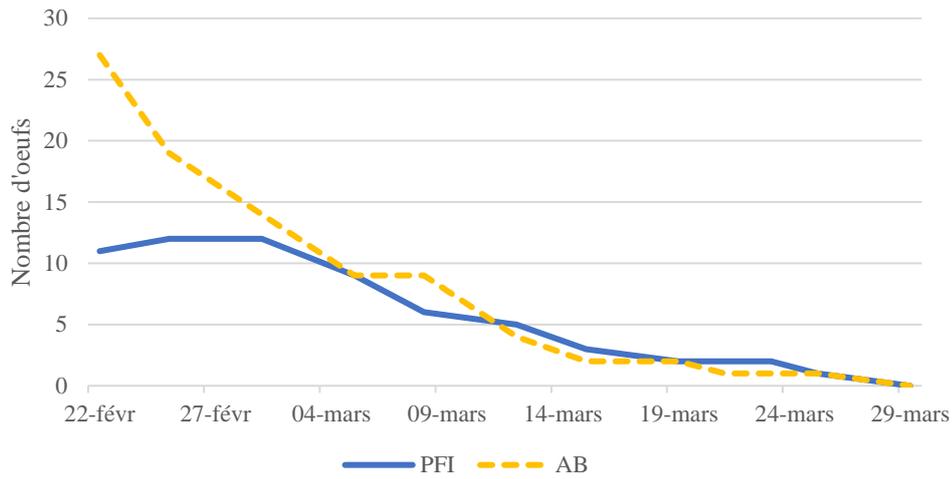


Figure 15 : Suivi des œufs hivernants de *Dysaphis plantaginea* en AB et PFI de février à mars 2021.

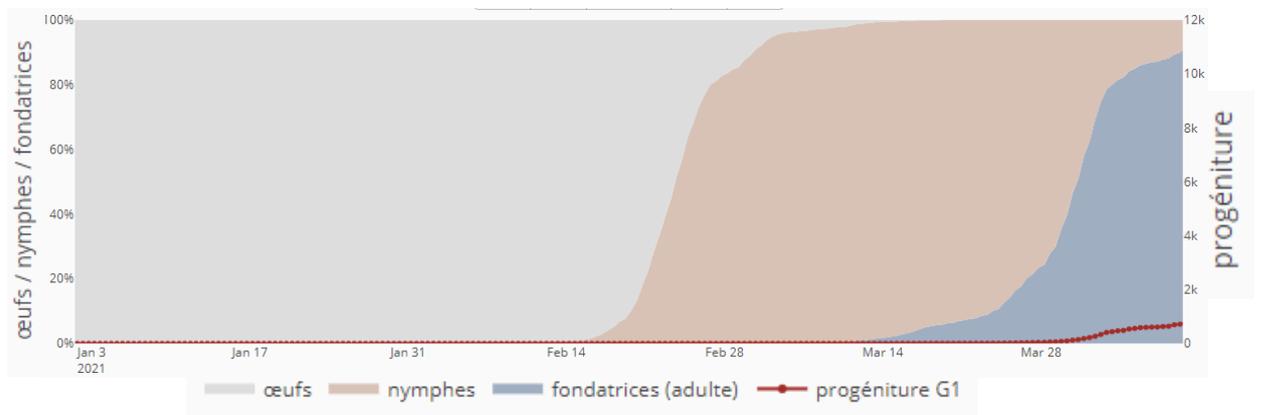


Figure 16 : Modèle de prédiction Fruitweb Puceron Cendré pour le suivi des œufs hivernants, des nymphes et des fondatrices de janvier à mars 2021.

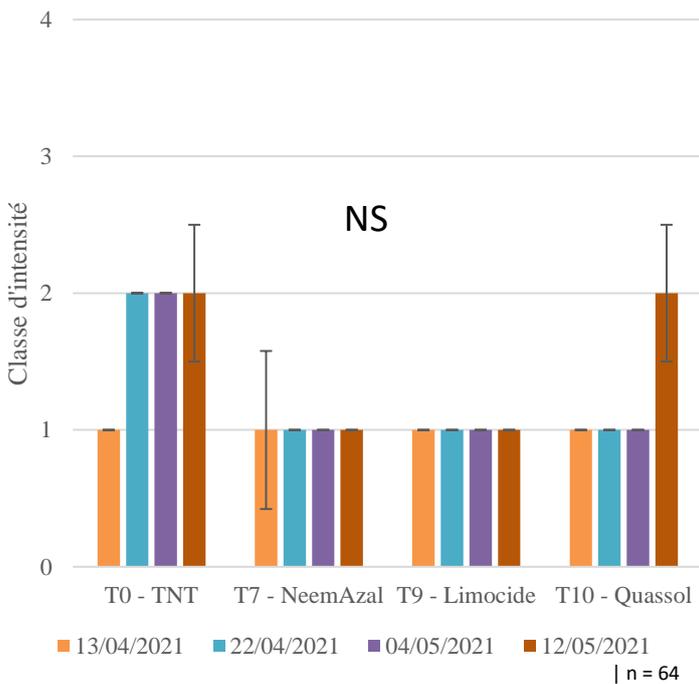


Figure 17 : Classe d'intensité moyenne des pousses infestées par *DP* par arbre en fonction des traitements dans le temps - PFI. Les barres noires représentent les écart-types (NS = Non significatif).

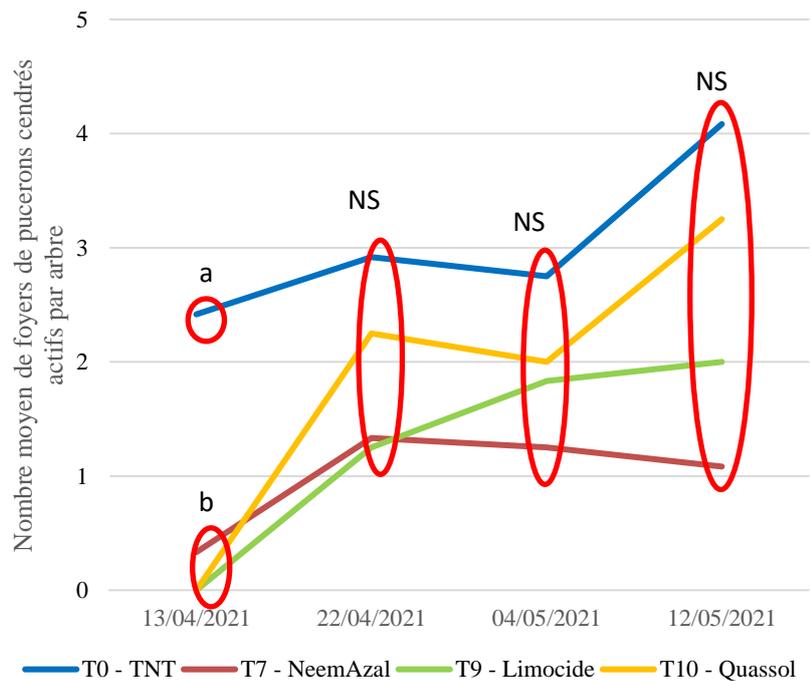


Figure 18: Nombre moyen de foyers actifs de *DP* par arbre – PFI. Les lettres indiquent les groupes statistiques (NS = Non significatif).

partageant pas la même lettre sont significativement différentes.

Concernant les expérimentations au verger, les données de comptage sont très variables et la normalité des données et l'homogénéité des variances ne sont pas respectées. Les données sont donc analysées avec un test non paramétrique de Kruskal-Wallis ( $\alpha=0,05$ ) permettant de comparer la distribution de deux échantillons. Si la  $p$ -value est supérieure à 0,05, l'hypothèse nulle (les échantillons proviennent de la même population) est acceptée. Pour chaque test, un test de comparaison multiple par paire, le test de Wilcoxon-Mann-Whitney ( $\alpha=0,05$ ) est effectué afin d'identifier quelles modalités sont significativement différentes des autres. Les lettres obtenues à la suite de ce test indiquent que les modalités ne partageant pas la même lettre sont significativement différentes.

## IV. Résultats

### 1. Expérimentations plein champ

#### 1.1 Prognose

Le suivi des œufs d'hiver dans les deux parcelles (AB et PFI) a commencé le 15 février et s'est poursuivi jusqu'à l'éclosion de tous les œufs, soit le 29 mars pour les deux parcelles. D'après la Figure 15, plus d'œufs ont été trouvés en AB qu'en PFI (27 contre 11) et l'éclosion des œufs s'est faite plus tôt en AB. De manière générale, l'éclosion des œufs a été plus rapide en AB qu'en PFI. Les résultats obtenus correspondent au modèle de précision Fruitweb (Figure 16). L'apparition des fondatrices de la première génération n'a pu être suivie car aucun individu n'a été observé sur les corymbes marqués.

#### 1.2 Essai produits de biocontrôle

Dans l'essai mené sur l'effet des produits de biocontrôles sur les populations de *DP*, l'analyse statistique des données par classe, établie par les partenaires du CASDAR, ne montre aucune différence significative entre les traitements pour chacune des dates d'observations (Figure 17). Une hétérogénéité dans les blocs ne permet pas de conclure statiquement sur un effet d'un des produits de biocontrôles avec la méthode des classes d'intensités. En revanche l'analyse statistique du nombre de foyers actifs de *DP* par arbre permet de mettre en évidence une tendance du Quassol® proche de celle du témoin avec le plus de foyers actifs. Le Limocide® quant à lui suit la même tendance que le NeemAzal® (Figure 18). Il est important de noter qu'aucune différence significative n'a pu être mise en évidence pour les trois dernières dates d'observations.

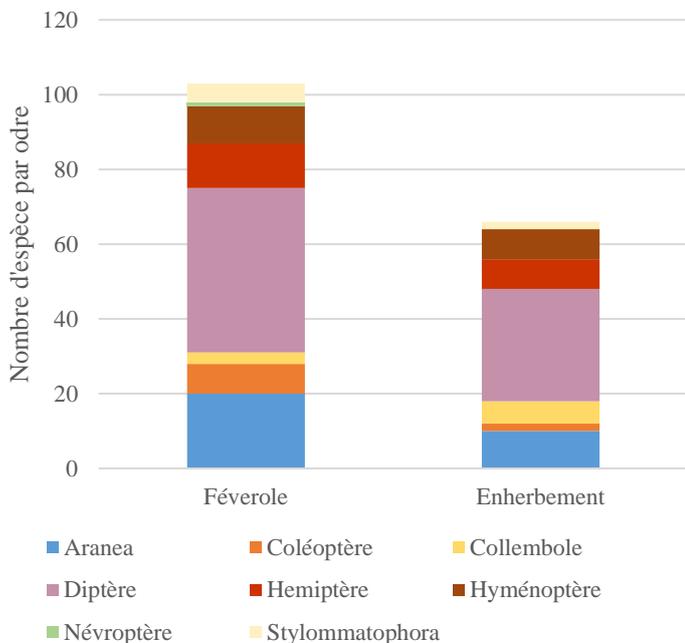


Figure 19 : Macro-invertébrés du sol présents en AB selon la plante de service et l'enherbement classique - Mars à mai 2021.

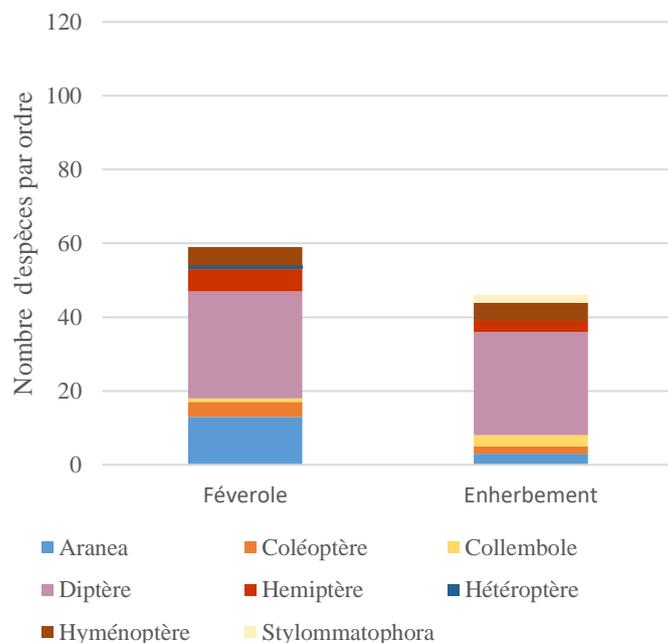


Figure 20 : Macro-invertébrés du sol présents en PFI selon la plante de service et l'enherbement classique - Mars à mai 2021.

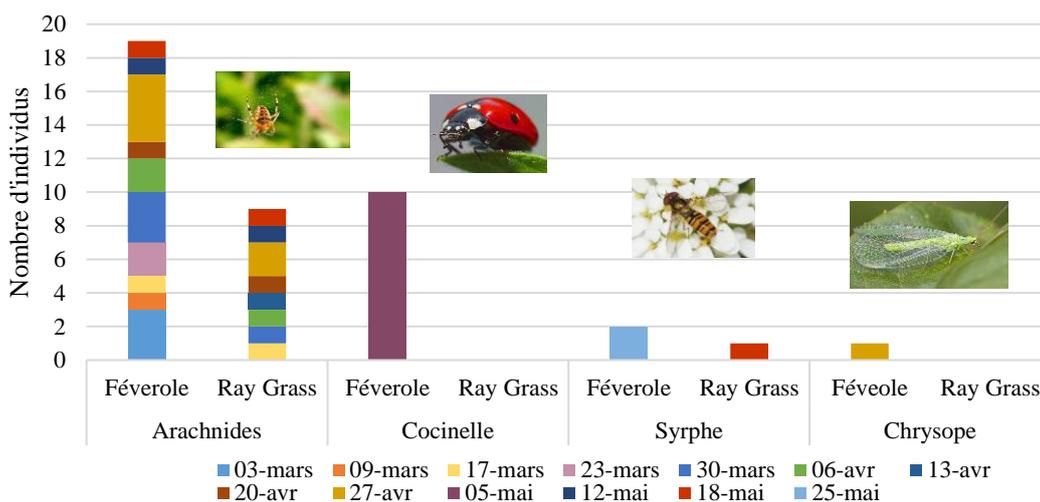


Figure 21 : Evolution du nombre d'auxiliaires en fonction du temps et en fonction de la végétation environnante (Féverole/Ray Grass – AB) – 2021.

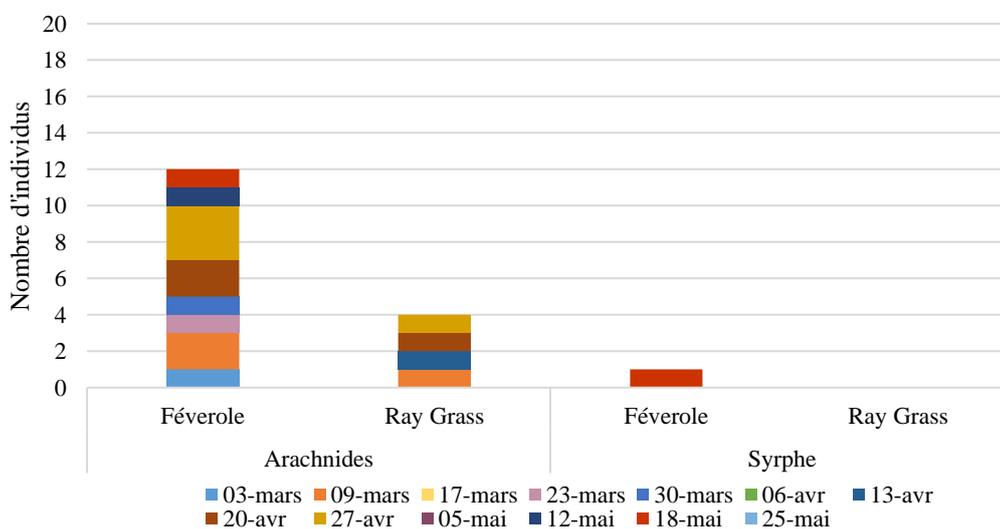


Figure 22 : Evolution du nombre d'auxiliaires en fonction du temps et en fonction de la végétation environnante (Féverole/Ray Grass – PFI) – 2021.

### 1.3 Essai plante de services

#### 1.3.1 Populations d'auxiliaires

Le suivi des populations de macro-invertébrés du sol et plus particulièrement des populations d'auxiliaires s'est déroulé du 3 mars au 28 mai en AB et PFI entre deux modalités : la féverole et un enherbement classique (ray-grass/féтуque). De manière générale, une plus grande abondance et une plus grande diversité d'individus par m<sup>2</sup> sont observées dans la féverole pour les deux systèmes. L'ordre des Diptères est celui retrouvé en plus grande proportion pour les deux modalités et les deux systèmes, suivis des Aranea. Concernant la conduite en AB, 103 espèces (8 ordres) ont été trouvées dans la féverole contre 66 (7 ordres) dans l'enherbement classique sur toute la durée du suivi. Pour la conduite en PFI, 59 individus (7 ordres) ont été recensées dans la féverole contre 46 (7 ordres) dans l'enherbement (Figure 19 et 20). Quatre auxiliaires de cultures ont été identifiés : les arachnides, les coccinelles, les syrphes et les chrysopes. Les arachnides sont les premiers auxiliaires observés de mars à avril dans les deux modalités et les deux systèmes. En AB, les chrysopes ont été observées en premiers fin-avril suivies des coccinelles et des syrphes mi-mai dans la féverole. En PFI, seuls les syrphes ont été observés mi-mai dans la féverole (Figure 21 et 22). De manière générale les auxiliaires de cultures, autres que les arachnides, sont observés en faible nombre (<5) dans la féverole sur les deux conduites et sont presque absents dans l'enherbement classique. L'arrivée du puceron noir de la fève *Aphis fabae* s'est faite le 27 avril en AB et le 25 mai en PFI tandis que les premiers foyers de *DP* sont observés 15 avril dans les deux parcelles.

#### 1.3.2 Populations de puceron cendré

Dans les essais menés sur l'effet de la féverole dans la régulation des populations de *DP*, les premiers foyers sont observés le 15 avril dans les deux parcelles. Des syrphes sont observés dans les deux parcelles mi-avril, des coccinelles, des chrysopes et des forficules sont observés mi-mai dans les foyers de *DP*. Pour analyser les données des classes d'abondance, la moyenne de la borne minimale et maximale est attribuée à chaque classe.

Concernant la conduite AB, l'analyse statistique des données transformées en classe d'abondance, défini par les partenaires du CASDAR met en évidence une différence significative entre les traitements ( $p$ -value = 0,00062) uniquement à la troisième date d'observation.

Tableau 11 : Classe d'abondance des traitements dans le temps avec les groupes statistiques – AB.

	15/04/2021	26/04/2021	03/05/2021	17/05/2021
T0	E	F	F	F
T1	C	D	E	F
T2	B	D	E	F
T0			a	
T1	NS	NS	b	NS
T2			b	

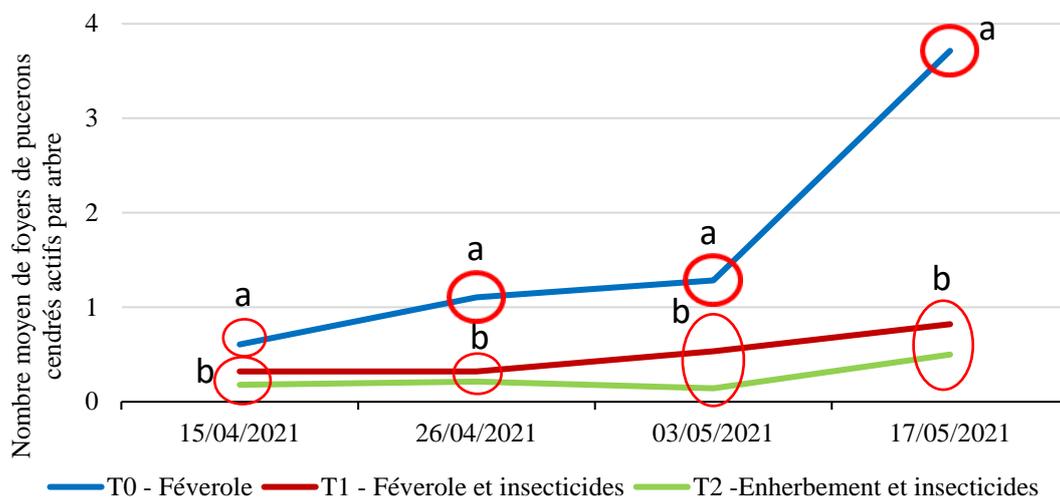


Figure 23 : Nombre moyen de pucerons par foyers actifs marqués en fonction des traitements dans le temps - AB. Les lettres indiquent les groupes statistiques pour les traitements.

Tableau 12 : Classe d'abondance des traitements dans le temps – PFI (P24).

	15/04/2021	26/04/2021	03/05/2021	17/05/2021
T0	C	E	E	F
T1	A	A	D	E
T2	B	B	A	A
T0			b	
T1	NS	NS	ab	NS
T2			a	

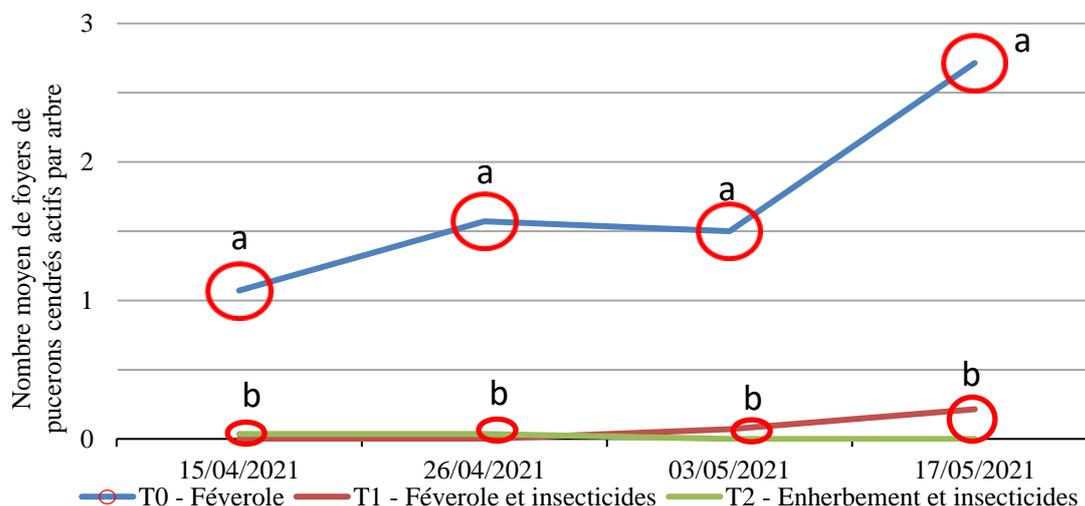


Figure 24 : Nombre moyen de foyers actifs par arbre en fonction des traitements dans le temps - PFI. Les lettres indiquent les groupes statistiques pour les traitements.

Tout au long de l'essai, les trois modalités sont restées proches en termes de classe d'abondance, le témoin ayant la classe la plus forte (F) sur trois notations. (Tableau 11). L'hétérogénéité du nombre de pucerons dans les foyers de *DP* (écart de 200 individus par exemple) ne permet pas de conclure sur l'efficacité de la féverole dans sa gestion mais des tendances s'en dégagent. En ce qui concerne l'analyse du nombre de foyers actifs par arbre, cette analyse met en évidence une différence significative entre les traitements à chacune des dates d'observation (Figure 23). Le nombre de foyers actifs par arbre augmente dans le témoin atteignant 4 foyers de *DP* en moyenne par arbre. La féverole et l'enherbement en présence d'insecticides suivent la même dynamique tout au long de l'essai et atteignent le même nombre de foyers actifs en fin de notation (environ 1).

Concernant la conduite PFI, l'analyse statistique des données transformées en classe d'abondance, défini par les partenaires du CASDAR met en évidence une différence significative entre les traitements ( $p$ -value = 0,01510) à la troisième date d'observation uniquement (Tableau 12). Comme pour la conduite AB, l'hétérogénéité dans les foyers de *DP* ne permet pas de conclure sur l'effet de la féverole mais des tendances se dégagent. L'analyse statistique du nombre moyen de foyers actifs par arbre permet de mettre en évidence des différences significatives entre le témoin non traité et les deux autres modalités. Le témoin possède plus de foyers actifs par arbre (3 environ) à l'inverse des deux autres modalités avec un nombre moyen de foyers actifs proche de zéro (Figure 24).

## 2. Expérimentations en milieu semi-contrôlé

### 2.1 Test biocide par contact sur plantules

Pour permettre l'analyse statistique des données des essais biocides, les données du pourcentage de disparus pour chaque modalité sont transformées à l'aide de la formule  $\arcsin(\sqrt{x})$ . Les données des morts et des disparus ont été rassemblées en une seule variable en raison de la difficulté à trouver les individus morts et de l'absence des individus des plantules, les résultats seront commentés sous forme de « tendances ».

L'analyse statistique des données met en évidence une différence significative au bout de 24 heures après traitement pour les deux concentrations testées (24 heures [0,5%] :  $p$ -value = 0,022 et 24 heures [1%] :  $p$ -value = 0,004) et aucune différence significative au bout de 96 heures après traitement. Concernant la concentration à 0,5%, l'HE de cumin (37% de disparus) et le mélange d'HE (33% de disparus) semblent montrer une efficacité proche de la référence

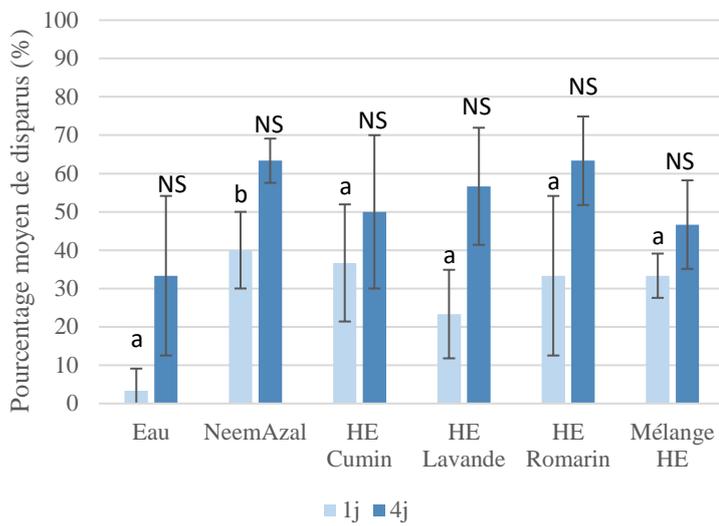


Figure 25 : Pourcentage moyen de disparus des plantules à une concentration de 0,5% par huile essentielle. Les lettres indiquent les groupes statistiques pour les traitements et les barres noires les écarts-types.

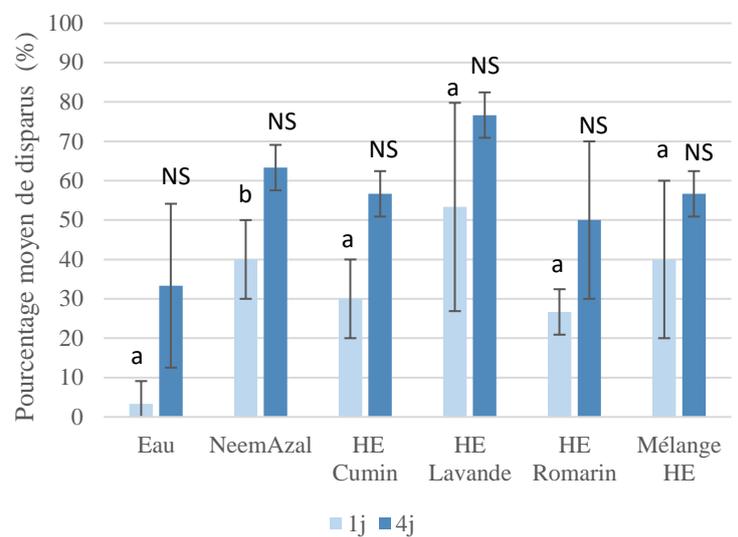


Figure 26 : Pourcentage moyen de disparus des plantules à une concentration de 1% par huile essentielle. Les lettres indiquent les groupes statistiques pour les traitements et les barres noires les écarts-types.

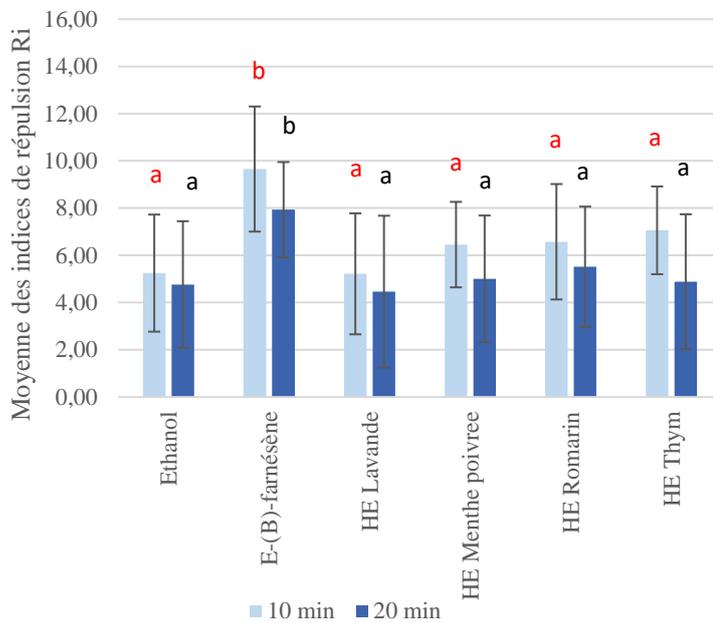


Figure 27 : Moyenne des indices de répulsion Ri en fonction des traitements à une concentration de 0,01% et du temps. Les lettres rouges indiquent les groupes statistiques pour les traitements à 10 minutes, les noires à 20 minutes et les barres noires les écarts-types.

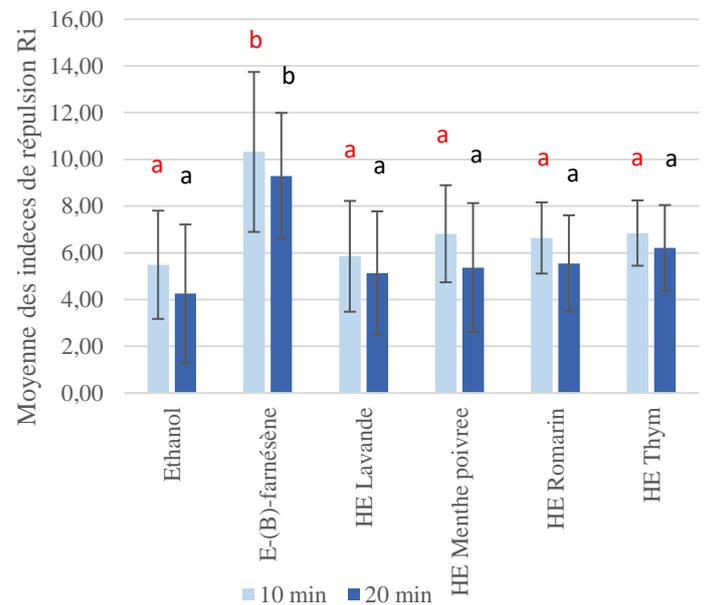


Figure 28 : Moyenne des indices de répulsion Ri en fonction des traitements à une concentration de 0,1% et du temps. Les lettres rouges indiquent les groupes statistiques pour les traitements à 10 minutes, les noires à 20 minutes et les barres noires les écarts-types.

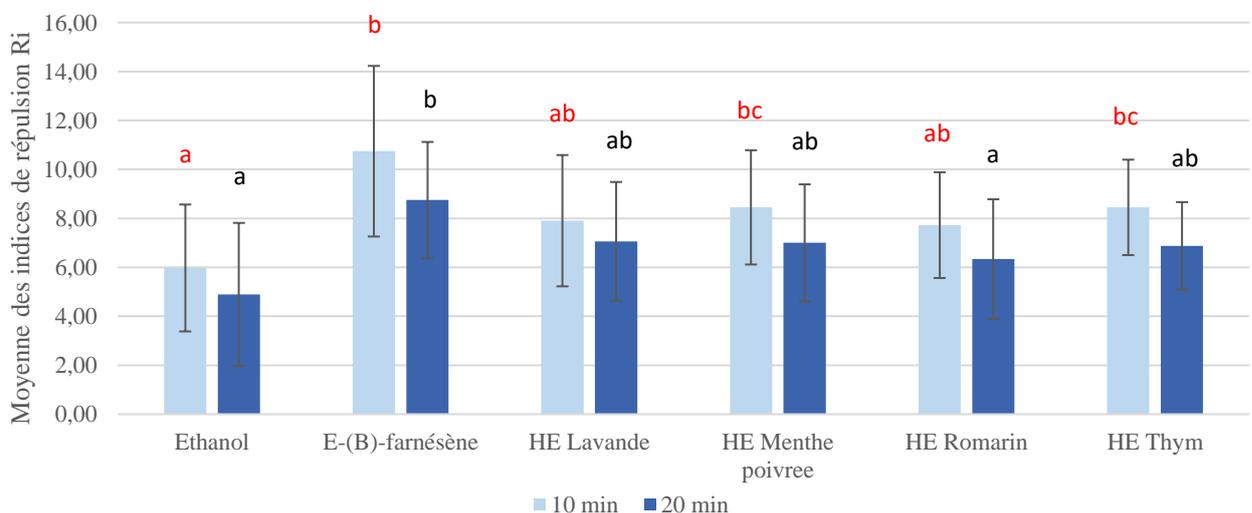


Figure 29 : Moyenne des indices de répulsion Ri en fonction des traitements à une concentration de 1% et du temps. Les lettres rouges indiquent les groupes statistiques pour les traitements à 10 minutes, les noires à 20 minutes et les barres noires les écarts-types.

aphicide le NeemAzal® possédant un taux de disparition de 40% (Figure 25). Pour ce qui est de la concentration à 1%, l'HE de lavande (53% de disparus) semble être plus efficace que le NeemAzal® au bout de 24 heures après traitement et le mélange d'HE (40% de disparus) semble être au même niveau que la référence (Figure 26).

## 2.2 Test répulsif : olfactomètre tubulaire statique

Dans l'essai mené sur les propriétés répulsives des huiles essentielles envers *DP*, l'analyse statistique des données montre des différences significatives entre les traitements pour chaque concentration et à chaque durée de l'observation. Concernant les concentrations 0,01% et 0,1%, les traitements ne sont pas statistiquement différents de l'éthanol à 96% (témoin négatif), 10 minutes et 20 minutes après début du test (Figure 27 et 28). Pour ce qui est de la concentration à 0,01%, l'HE de thym possède la moyenne d'indice de répulsion la plus élevée (~7) au bout de 10 minutes après le début du test, à l'inverse de la lavande qui possède la plus faible (~5). L'HE de menthe poivrée et de l'HE de thym présentent les moyennes d'indices de répulsion les plus élevées 10 minutes après le début du test pour la concentration à 0,1% (6,81 et 6,84 respectivement). La concentration à 1% met en évidence que les traitements sont statistiquement différents du témoin négatif et que certaines HE se rapprochent de l'E-(B)-farnésène (témoin positif). D'après la Figure 29, au bout de 10 minutes, l'HE de menthe poivrée et l'HE de thym présentent les moyennes d'indices de répulsion les plus élevées (~8,5), suivi de l'HE de lavande et de romarin (7,90 et 7,72 respectivement). De manière générale, l'effet répulsif des huiles essentielles et des contrôles diminue dans le temps pour chaque concentration.

# V. Discussion

## 1. Expérimentations en plein champ

Dans un premier temps, les conditions climatiques durant cette étude ont freiné la mise en place et le suivi des essais réalisés. En effet, les températures du printemps 2021 sont faibles comparées aux températures des années passées avec une différence de 4°C pour le mois d'avril entre 2020 et 2021. De manière générale, les températures moyennes à partir de mars 2021 restent en dessous de la moyenne des températures depuis 10 ans (Figure 30). Une période de gel de deux semaines début avril a ralenti le développement du puceron cendré, l'arrivée des auxiliaires, le développement de la végétation environnante et tout particulièrement le développement phénologique des pommiers, occasionnant des dégâts sur les fleurs et les

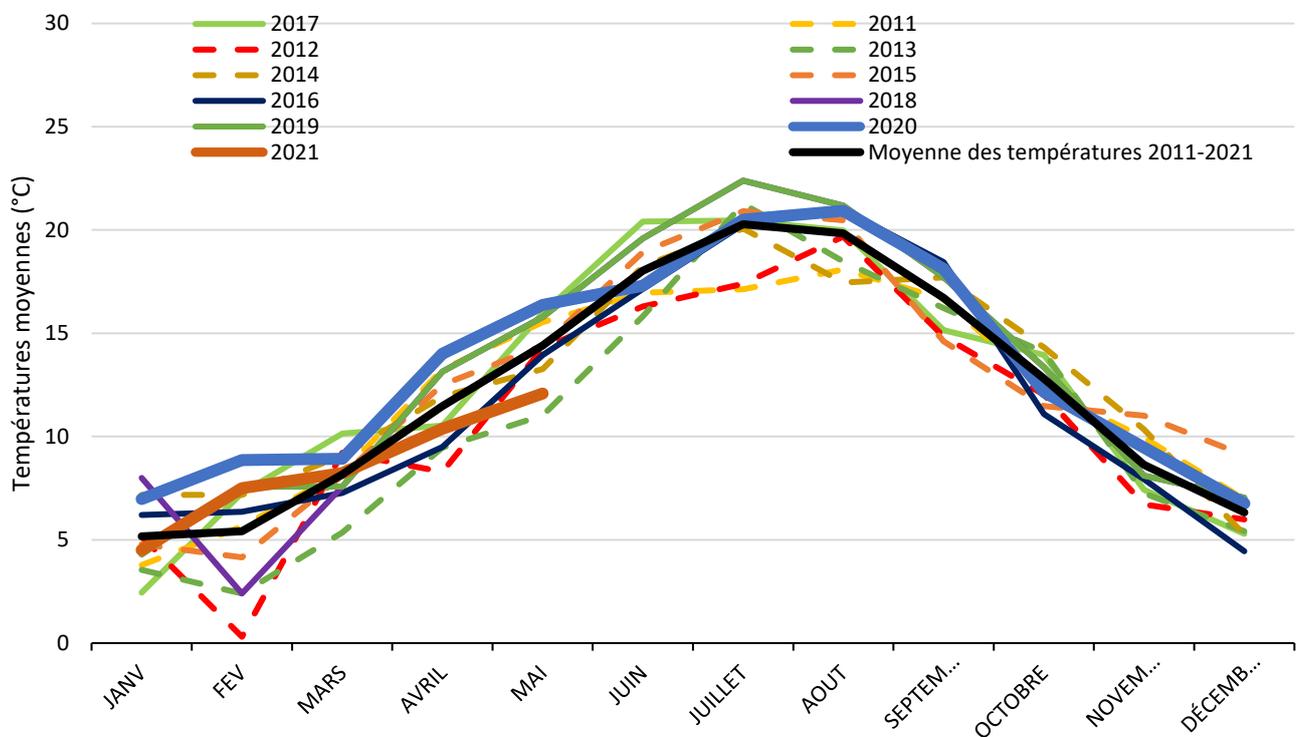


Figure 30 : Température moyenne (°C) et moyenne des pluies (mm) depuis 2011 sur la station de la Morinière.



Figure 31 : Ovaire de fleur de pommier non impactée par le gel (gauche) et dégâts du gel sur l’ovaire de la fleur (droite) (Source : personnelle).

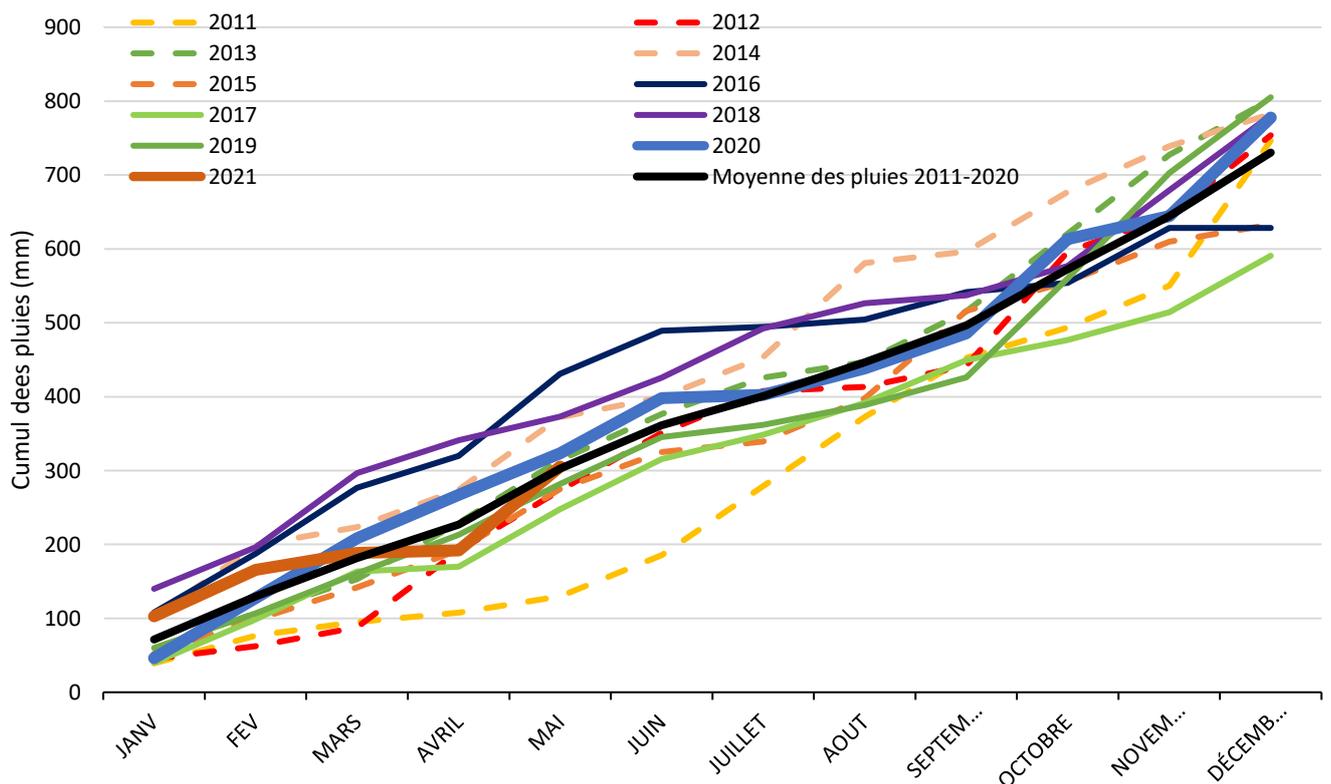


Figure 32 : Cumul des pluies (mm) depuis 2011 sur la station de la Morinière.

feuilles déjà présentes (Figure 31). Un manque de pluviométrie de février à avril, a également impacté le développement de la féverole dans les deux parcelles suivies, entravant l'arrivée des auxiliaires et du puceron noir de la fève (Figure 32). Cette année présente une pression moyenne de la part du puceron cendré sur la station de la Morinière.

### 1.1 Emergence des œufs hivernants

Le suivi des œufs d'hiver dans en AB et PFI montre une hétérogénéité dans le nombre d'œufs trouvés et leur éclosion mi-février. Cette hétérogénéité peut s'expliquer par une différence variétale entre les pommiers pouvant conduire à une modification de l'appétence des arbres au moment du vol retour en automne. En effet, la variété Pirouette® est plus sensible à *DP* que la variété Golden®, (Christian Lavoisier, communication personnelle 2021). Il est également possible que les périodes de ponte entre les deux parcelles à l'automne se soient produites à des moments différents entraînant cet écart. L'absence de foyers actifs sur les rameaux suivis, amène à penser que les nymphes à leur éclosion prospectent sur l'arbre à la recherche de végétation. La période de gel a pu impacter leur développement et leurs déplacements.

Le modèle de prédiction Fruitweb est en accord avec le suivi des œufs réalisé sur la station mais ne peut pas être confirmé pour le suivi des premiers foyers puisqu'ils n'ont pas été observés sur les corymbes marqués. D'autres modèles de prédiction d'émergence existent notamment le modèle Rimpro puceron cendré (version beta) simulant l'éclosion des œufs, le développement des fondatrices et des fondatrigènes ainsi que l'apparition des ailés et leur migration.

### 1.2 Méthodes de notation du CASDAR – SIMPA

Les méthodes de notation établies par les partenaires du CASDAR – SIMPA se sont révélées compliquées dans leur mise en place et plus longues que la méthode utilisée à la Morinière (méthode dite « des foyers »). Concernant la notation par classe d'intensité utilisée dans l'essai « Produits de biocontrôles », le pourcentage de pousses infestées par arbre est compliqué à estimer et il existe de grandes variabilités de notation entre les observateurs. De plus la transformation des données en classe lisse l'effet des produits ne démontrant aucune différence entre eux. Le même effet lissant est observé pour l'essai « Plante de services » sur les foyers de *DP* avec la méthode de notation par classe d'abondance. Des méthodes de notations nationales existent notamment la méthode CEB<sup>1</sup> n°017 pouvant être réalisée en cours

---

<sup>1</sup> Commission des Essais Biologiques



Figure 33 : Développement de la féverole en AB (gauche) et PFI (droite) sur le rang (Source : personnelle).



Figure 34 : Foyer de puceron noir de la fève (*Aphis fabae*) sur la féverole (Source : personnelle).

d'essai, juste avant ou après l'application des traitements et permet de déterminer l'efficacité de préparations destinées à la lutte contre les pucerons en arboriculture fruitière. Elle consiste en un marquage de 10 pousses préalablement sélectionnées et au comptage du nombre de pucerons par foyers actifs sur ces mêmes pousses. Cette méthode est utilisée à la station et permet un gain de temps pendant la notation et facilite les analyses statistiques. A l'avenir cette méthode de notation semble plus appropriée pour évaluer l'efficacité de PdS.

### 1.3 Efficacité de la féverole dans la gestion du puceron cendré

Les périodes de gel et de sécheresse ont fortement impacté le développement de la féverole dans les deux parcelles. De plus, les traitements herbicides dans la conduite en PFI ont réduit considérablement sa croissance (Figure 33). Le développement de la féverole en AB était supérieur à celui en PFI avec en moyenne 16 plantes par quadrat en AB contre 10 en PFI sur toute la durée de l'essai et a donc permis à plus de macro-invertébrés, dont les auxiliaires, de s'y installer.

En tant que plante banque dans cet essai, le rôle de la féverole est d'attirer précocement les auxiliaires par la présence du puceron noir de la fève (Figure 34). Le puceron noir de la fève possède un cycle diécique avec pour hôte primaire en hiver le fusain généralement, et ses hôtes secondaires comme des fabacées dès le mois de mars. Des températures froides ralentissent son développement, réduisent la taille des populations, impactent la période de migration (Way, 1967) expliquant son apparition tardive dans les parcelles suivies cette année. Malgré tout, les auxiliaires recensés entre les deux parcelles ont principalement été retrouvés dans la féverole, attestant de son rôle de plante banque malgré le peu d'individus retrouvés et des conditions climatiques particulières de l'année. Ce sont en majorité les Aranea, des prédateurs intraguildes (prédatant aussi bien les pucerons que les auxiliaires) (Boyer *et al.*, 2017) qui ont été retrouvés sur toute la durée de l'essai.

Les auxiliaires peuvent jouer un rôle important dans la régulation des pucerons des arbres fruitiers à différents stades de développement (Ricard *et al.*, 2012). La plupart des auxiliaires (araignées, forficules, coccinelles, syrphes, punaises prédatrices, chrysope) de culture sont capables de réduire les populations mais la voracité du prédateur ou le potentiel de fécondité du parasitoïde, sont des points déterminants pour un contrôle efficace des populations de pucerons (Boyer *et al.*, 2017). Des infrastructures agroécologique (IAE) comme des bandes fleuries permettent d'attirer de nombreux auxiliaires et leur diversité favorisent leur implantation dans



Figure 35 : Mise en place de l'essai « Bande fleurie » à la station de la Morinière (Source : personnelle).



Figure 36 : Auxiliaires retrouvés dans les foyers de *DP* sur la station de la Morinière (A : Larve de syrphe ; B : Momies dorées et larve de syrphes ; C : Forficules ; D : Œufs de coccinelles) (Source : personnelle).

les vergers grâce à une floraison continue sur la saison. D'après les travaux de Wyss (1995), les bandes fleuries permettent d'attirer et d'augmenter la densité de prédateurs aphidiphages au sein des vergers puisque certains les utilisent (syrphes et chrysopes par exemple) comme ressource alimentaire au stade adulte. Un essai « Bande fleurie » a été mis en place sur la station de la Morinière (Figure 35) cette année pour évaluer son intérêt dans l'attraction des auxiliaires et sur la gestion des populations de *DP* sur les pommiers, le mélange semé est présenté en Annexe VIII et le plan d'essai en Annexe IX.

En revanche, dans la gestion des populations de *DP* sur les pommiers, l'application unique des insecticides (NeemAzal® en AB et stratégie aphicide en PFI) au printemps combiné aux auxiliaires présents naturellement dans les foyers (Figure 36) a suffi à maîtriser ce ravageur cette année dans cette partie du verger. De ce fait, l'intérêt de l'implantation de la féverole dans la gestion du puceron cendré sur les pommiers ne peut pas être mis en évidence.

#### 1.4 Efficacité des produits de biocontrôles

L'essai testant l'efficacité de différents produits de biocontrôles a démontré une tendance du Limocide® dans la réduction des populations de *DP* au verger par rapport au témoin non traité et à la référence aphicide utilisée en AB, le NeemAzal®. En revanche, cet essai met en évidence l'inefficacité du Quassol® à maîtriser ce ravageur. Des essais menés à la Morinière en 2015, 2018 et 2019 sur ce même produit avaient déjà mis en évidence son faible pouvoir en tant qu'agent de biocontrôle. En revanche, un essai mené en 2014 avait démontré son efficacité en tant qu'agent de biocontrôle, avec un effet proche de la référence aphicide. Il est possible que des conditions particulières de l'année aient permis d'observer un effet. Concernant le Limocide®, les travaux de Kimbaris *et al.* (2010) mettent en évidence que l'huile essentielle d'orange douce est toxique pour plusieurs pucerons dont *Aphis fabae*, *Macrosiphoniella sanborni* et *Myzus persica*, pouvant expliquer son efficacité contre *DP* au verger.

D'après les résultats obtenus, la première observation met en évidence une différence significative entre les traitements s'expliquant par l'intervention aphicide réalisée le 13 avril, ayant un effet choc, amenant à la réduction des populations de *DP* sur l'instant. Cet effet s'estompe dans le temps pour les deux produits de biocontrôles testés et met en évidence leur faible rémanence comparée au NeemAzal®. D'autres produits de biocontrôles pourraient être testés contre *DP* au verger comme l'Ecotrol Plus® composé d'huile de romarin, de géranium et de menthe poivrée. Les produits de biocontrôles possédant des substances naturelles, sont



présentés comme des alternatives aux pesticides de synthèses mais leurs utilisations restent encore limitées en grande culture en raison de la variabilité de leur efficacité et de leur coût élevé.

## 2 Expérimentations en milieu semi-contrôlé

### 2.1 Propriétés biocides des extraits végétaux

L'essai mené sur les propriétés biocides des extraits végétaux n'est pas concluant dû au biais expérimental induit par l'impossibilité de retrouver les femelles aptères des plantules. Les résultats obtenus ne permettent pas d'attester de la toxicité par contact des huiles essentielles testées dans l'essai. La variété Joya utilisée est connue pour sa sensibilité au puceron (Christian Lavoisier, communication personnelle 2021) mais l'hétérogénéité des semis, et par conséquent une différence dans leur appétence, a pu conduire au départ des femelles des plants. Pendant leur installation dans la chambre climatique les plantules ont subi des brûlures sur les faces supérieures des feuilles en raison d'un éclairage trop proche, pouvant induire un stress et modifier la sève. De plus, le talc appliqué sur le terreau a pu avoir un pouvoir asséchant amenant un stress hydrique chez les plantules. La disponibilité en éléments nutritifs et en eau est un facteur déterminant pour le maintien des populations de pucerons. Une réduction de ses ressources entraîne un départ de la plante et les amène à chercher une nouvelle source d'alimentation (Giordanengo *et al.*, 2010). Une autre explication possible au départ de *DP* pour cet essai pourrait être des propriétés répulsives de l'huile essentielle appliquée, induisant un départ des femelles aptères. Cet effet pourrait être confirmé avec des essais répulsifs des HE pour les prochaines années d'études à la station.

Des essais de toxicité par contact mené par Robert *et al.* (2016) sur *DP* sont réalisés sur des plants greffés de Golden, favorisant son installation et limitant son départ. Si des essais de toxicité par contact devaient être reconduits à la station de la Morinière, le matériel végétal devrait être mieux adapté. De plus pour éviter tout départ de la plantule, une coupelle d'eau pourrait être placée sous le pot, agissant comme barrière physique et permettant une hydratation du terreau. Des essais de toxicité par ingestion pourrait être menés également comme en 2020 à la station de la Morinière, avec les mêmes HE que cette année puisque plusieurs études témoignent de leur efficacité biocide (Atanasova et Leather, 2018 ; Ikbal et Pavela, 2019). En 2020, le mélange d'HE à 2% avait montré une efficacité biocide proche de 50% et la référence le NeemAzal® supérieure à 80%. Cependant ces essais avaient démontré un caractère phytotoxique à une concentration de 2% pour le *Carum carvi* et le mélange d'HE.



Figure 37 : Mise en place de l'essai « Menthe poivrée» à la station de la Morinière (gauche) avec détail des plants de menthe poivrée dans la distance de plantation (droite) (Source : personnelle).

## 2.2 Propriétés répulsives des extraits végétaux

Le screening effectué pour cette étude a démontré que les HE présentes dans les plantes aromatiques pouvaient affecter le comportement de *DP*. Parmi les quatre plantes aromatiques testées, seulement deux ont démontré des propriétés répulsives intéressantes envers le puceron cendré à une concentration d'1% : la menthe poivrée et le thym. L'effet répulsif de la menthe poivrée et du thym est cohérent avec la littérature (Dieudonnée, 2018 ; Machial, 2010). L'importance de la concentration dans cet essai est mise en évidence. Concernant le romarin, des études menées par Işık et Görür (2009) sur le puceron du chou *Brevicoryne brassicae* en laboratoire ont démontré son effet néfaste sur la reproduction et une diminution de la fécondité quotidienne. La lavande a également montré des effets sur la mortalité de *Myzus persicae* en laboratoire (Machial, 2010). Dans l'essai de toxicité par contact réalisé cette année, la lavande présentait le plus grand nombre de disparus des plantules ce qui supposait un effet répulsif de cette HE. Cet effet n'a pu être mis en évidence dans les essais répulsifs. L'huile essentielle de romarin et de lavande sont tout de même intéressantes à une concentration d'1% pour les essais réalisés cette année et mériteraient d'être poursuivis les années futures pour caractériser leur effet répulsif.

En revanche, il est compliqué de déterminer les composés présents ayant agi comme répulsifs dans les HE. Il serait intéressant de tester chacun des composés présents dans les deux HE afin d'identifier lesquels sont répulsifs ce qui permettrait l'identification de nouvelles plantes aromatiques pour de futurs essais. D'autres dispositifs existent pour déterminer l'effet répulsif de COVs comme des olfactomètres Pettersson à quatre voies utilisé dans l'étude de Kheboul *et al.* (2019) ajoutant un flux d'air permettant la bonne diffusion des composés volatils organiques. Le dispositif est composé de quatre chambres connectées à des seringues où passe le flux d'air dans laquelle les odeurs testées sont placées. Le temps que passe l'individu dans les chambres de l'olfactomètre est comptabilisé et comparé à un témoin. Ce dispositif pourrait être réalisé à la station de la Morinière pour évaluer l'effet répulsif de COVs présents dans les HE.

Un essai « Menthe poivrée » a été mis en place à la suite de cette étude à la station de la Morinière (Figure 37) et visera à évaluer l'intérêt de la menthe poivrée par l'émission de COVs dans la gestion des populations de *DP* présents sur les pommiers. Le plan d'essai est présenté en Annexe IX. La menthe poivrée a été choisie pour ses caractéristiques physiologiques et sa compatibilité avec les propriétés physico-chimiques du sol de la station.



## VI. Conclusion

En réponse à la demande sociétale et aux contraintes réglementaires, la station expérimentale de la Morinière accompagne les arboriculteurs dans une production faible en produits phytopharmaceutiques. La recherche de méthodes de lutte alternatives à la lutte chimique contre les ravageurs des cultures en verger et notamment les pucerons, est devenue une nécessité tant économique que sanitaire. En effet, le puceron cendré présente des développements de résistance aux produits sanitaires et l'utilisation des extraits végétaux et de plante de services dans sa maîtrise est une solution en expansion.

L'objectif principal de cette étude était d'identifier les méthodes alternatives aux insecticides classiques et d'évaluer l'intérêt de leviers agroécologiques dans la gestion du puceron cendré : les plantes de services et les produits à faible impact (Produits de biocontrôle et Préparations Naturelles Peu Préoccupantes – PNPP). Les résultats obtenus durant cette étude mettent en évidence que l'utilisation de plante de service, notamment de la féverole, dans la gestion du puceron cendré est variable d'une année à l'autre et qu'il est difficile d'appréhender tous les mécanismes impliqués dans son implantation. Toutefois elle favorise l'installation des populations de macro-invertébrés et de certains auxiliaires de cultures. Les produits de biocontrôle à bases de substances naturelles sont prometteurs dans la gestion des ravageurs au verger mais la variabilité dans leur efficacité retarde leur application, et le NeemAzal® reste à ce jour le produit le plus efficace.

Par ailleurs, les résultats sur l'effet biocide des huiles essentielles testées, ne permettent pas de conclure sur un réel impact sur les populations de *Dysaphis plantaginea*. En revanche l'effet répulsif des huiles essentielles de la menthe poivrée et du thym a été mis en évidence. L'installation de menthe poivrée au verger cette année permettra de confirmer son pouvoir répulsif à plus grande échelle. La société Xavagri propose des dispositifs de diffusion d'huile essentielle à installer dans les rangs des vergers pour maîtriser les populations de ravageurs. Un essai a été mené ce printemps à la station sur l'effet répulsif de l'oignon et de l'ail sur les populations installées de *DP* mais il serait intéressant de le tester avec de la menthe poivrée ou du thym pendant le vol retour pour entraver les pontes sur les pommiers.

L'ensemble de cette étude démontre qu'il n'existe pas une solution unique à l'alternative aux insecticides classiques mais que c'est la combinaison de leviers agroécologiques au verger qui permettra d'assurer une production pour les années à venir.



## VII. Bibliographie

Agreste Infos rapides – Fruits – Pomme – 2020 – n°2020-097. *En 2020, une production de pommes prévue en net repli et en avance sur un an.* p4. [En ligne] [Consulté le 26 janvier 2021]

Disponible à l'adresse : <https://agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-web/download/publication/publie/IraFru2097/IR%20Pomme%20n%C2%B097%20juillet%202020.pdf>

Albert, L., Franck, P., Gilles, Y. et Plantegenest, M., 2018. Impact of agroecological infrastructures on the dynamics of *Dysaphis plantaginea* (Hemiptera : Aphididae) and its natural enemies in apple orchards in Northwestern France. *Environmental Entomology*. Vol. 46, n° 3, pp. 528-537. DOI [10.1093/Ee/Nvx054](https://doi.org/10.1093/Ee/Nvx054).

Atanasova, D. et Leather, S.R., 2018. Plant essential oils: the way forward for aphid control ? : Biopesticides and aphid control. *Annals of Applied Biology*. Vol. 173, n° 2, pp. 175-179. DOI [10.1111/aab.12451](https://doi.org/10.1111/aab.12451).

Ben-Issa, R. et Gomez, L., 2017. Companion plants for aphid pest management. *Insects*. Academic Press, Vol. 8, n° 112, pp. 1-19. DOI [10.3390/insects8040112](https://doi.org/10.3390/insects8040112)

Boyer, F., Ulrych, R., Sellam, M. et Lejeune, V., (ACTA France), 2017. *Les auxiliaires des cultures: biologie, écologie, méthodes d'observation et intérêt agronomique*. ISBN 978-2-85794-283-2.

Bracho-Nunez, A., Welter, S., Staudt, M. et Kesselmeier, J., 2011. Plant-specific volatile organic compound emission rates from young and mature leaves of Mediterranean vegetation. *Journal of Geophysical Research*. Vol. 116, n° D16, pp. D16304. DOI [10.1029/2010JD015521](https://doi.org/10.1029/2010JD015521).

Brown, A. et Myers, J.H., 2010. Temporal and spatial variability of rosy apple aphid *Dysaphis plantaginea* populations: is there a role of the alternate host plant *Plantago major* ? *Agricultural and Forest Entomology*. Vol. 12, n° 4, pp. 333-341. DOI [10.1111/j.1461-9563.2010.00477.x](https://doi.org/10.1111/j.1461-9563.2010.00477.x).



Bürgel, K., Daniel, C. et Wyss, E., 2005. Effects of autumn kaolin treatments on the rosy apple aphid, *Dysaphis plantaginea* (Pass.) and possible modes of action. *Journal of Applied Entomology*. Vol. 129, n° 6, pp. 311-314. DOI [10.1111/j.1439-0418.2005.00968.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2005.00968.x).

Dardouri T., 2018. Implication des composés organiques volatils dans la capacité des plantes de service à perturber le comportement et les performances de *Myzus persicae* (sulzer) le puceron vert du verger. Thèse de doctorat. Université d'Avignon et des Pays du Vaucluse. pp. 191.

De Berardinis, E., Baronio, P. et Baumgärtner, J., 1994. The effect of aphid (*Dysaphis plantaginea* pass., Hom., Aphididae) feeding on apple fruit growth. *Ecological Modelling*. Vol. 72, n° 1-2, pp. 115-127. DOI [10.1016/0304-3800\(94\)90147-3](https://doi.org/10.1016/0304-3800(94)90147-3).

Dib, H., 2010. Rôle des ennemis naturels dans la lutte biologique contre le puceron cendré, *Dysaphis plantaginea* Passerini (Hemiptera : Aphididae) en vergers de pommiers. Sciences agricoles. Thèse de doctorat. Université d'Avignon et des Pays du Vaucluse. pp. 253.

Dieudonné, E., 2018. Etude du comportement de *Dysaphis plantaginea*, le puceron cendré du pommier, en présence de plantes aromatiques. Rapport de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur agronome, option Inter-Etablissement Protection des Plantes et Environnement. Montpellier : Montpellier SupAgro. pp. 64.

Duval-Chaboussou A. et Dauffouis S., 2020. *Préparations naturelles peu préoccupantes (PNPP) : Réglementation et résultats d'expérimentation sur la tavelure du pommier*. Infos CTIFL, n°359, pp. 22-33.

Forrest, J.M.S. et Dixon, A.F.G., 1975. The induction of leaf-roll galls by the apple aphids *Dysaphis devectora* and *D. plantaginea*. *Annals of Applied Biology*. Vol. 81, n° 3, pp. 281-288. DOI [10.1111/j.1744-7348.1975.tb01643.x](https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1975.tb01643.x).

Fredon, 2008. Fiche technique : *Le puceron cendré du pommier : mieux connaître sa dynamique pour optimiser le raisonnement de la lutte*, pp 4.

Giordanengo, P., Brunissen, L., Rusterucci, C., Vincent, C., Van Bel, A., Dinant, S., Girousse, C., Faucher, M. et Bonnemain, J.L., 2010. Compatible plant-aphid interactions: How aphids



manipulate plant responses. *Comptes Rendus Biologies*. Vol. 333, n° 6, pp. 516-523. DOI [10.1016/j.crv.2010.03.007](https://doi.org/10.1016/j.crv.2010.03.007).

Ikbal, C. et Pavela, R., 2019. Essential oils as active ingredients of botanical insecticides against aphids. *Journal of Pest Science*. Vol. 92, n° 3, pp. 971-986. DOI [10.1007/s10340-019-01089-6](https://doi.org/10.1007/s10340-019-01089-6).

Işık, M. et Görür, G. 2009. Aphidicidal activity of seven essential oils against the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* L. (Hemiptera: Aphididae). *Munis Entomology and Zoology*, Vol. 4, n°2, pp 424-431.

Kheloul L., Kellouche A., Bréard D., M. Gay, Gadenne C. and Anton S., 2019. Trade-off between attraction to aggregation pheromones and repellent effects of spike lavender essential oil and its main constituent linalool in the flour beetle *Tribolium confusum*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. Vol. 167, pp. 826–834. DOI [10.1111/eea.12831](https://doi.org/10.1111/eea.12831)

Kimbaris, A., C., Papachristos, D.P., Michaelakis, A., Martinou, A.F. et Polissiou, M.G., 2010. Toxicity of plant essential oil vapours to aphid pests and their coccinellid predators. *Biocontrol Science and Technology*. Vol. 20, n° 4, pp. 411-422. DOI [10.1080/09583150903569407](https://doi.org/10.1080/09583150903569407).

Le Corre, M., 2019. *Pommier : la défoliation au chélate de cuivre limite les populations de pucerons*. *Réussir fruits & légumes / FLD* [En ligne]. [Consulté le 6 janvier 2021]. Disponible à l'adresse : <https://www.reussir.fr/fruits-legumes/pommier-la-defoliation-au-chelate-de-cuivre-limite-les-populations-de-pucerons>

Machial, C.M., 2010. Efficacy of plant essential oils and detoxification mechanisms in *Choristoneura rosaceana*, *Trichoplusia ni*, *Dysaphis plantaginea* and *Myzus persicae*. University of British Columbia. DOI [10.14288/1.0071118](https://doi.org/10.14288/1.0071118).

Ondet, S.J., 2009. *Santé - Fiche n°2 : Des produits naturels pour une protection alternative en agriculture biologique / GRAB* [En ligne]. [Consulté le 22 janvier 2021]. Disponible à l'adresse : <https://www.grab.fr/wp-content/uploads/2010/09/Produits-naturels-pour-protection-alternative.pdf>



Production en Europe, 2020. *La Pomme* [En ligne]. [Consulté le 25 janvier 2021]. Disponible à l'adresse : <https://www.lapomme.org/chiffres/production-en-europe>

Quéro, A., 2015 . Étude du contrôle biologique du ravageur *Dysaphis plantaginea* en verger cidricole par son cortège d'auxiliaires, en lien avec les infrastructures dites agro-écologiques et les pratiques agricoles. Rapport de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage. Sciences agricoles. pp. 92.

Ricard, J.M., Jay M., Mandrin J.F et Lefebvre M., 2012 Biodiversité et régulation des ravageurs en arboriculture fruitière. Aménagements autour des vergers : attirer et héberger oiseaux et mammifères, CTIFL. Ed, Hortipratic. pp. 36.

Robert, P., Braud, F., Aligon, S. et Brisset, M.N., 2016. DL- $\beta$ -Aminobutyric acid application negatively affects reproduction and larval development of the rosy apple aphid, *Dysaphis plantaginea*, on apple. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. Vol. 159, n° 1, pp. 46-53. DOI [10.1111/eea.12415](https://doi.org/10.1111/eea.12415).

Trillot M., Masseron A., Mathieu V., Bergougnoux F., Hutin C. et Lespinasse Y., 2002. *Le pommier, Monographie*. Paris : Edition Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes. 289 p. ISBN : 978-2-87911-154-4.

Turpeau E., Hullée. M. et Chaubet B., 2010. Encyclop'Aphid : l'encyclopédie des pucerons - Cycles biologiques, INRAE. [En ligne]. [Consulté le 4 janvier 2021]. Disponible à l'adresse : <https://www6.inrae.fr/encyclopedie-pucerons/Qu-est-ce-qu-un-puceron/Cycles-biologiques>

Way, M. J., 1967. The nature and causes of annual fluctuations in numbers of *Aphis fabae* Scop. on field beans (*Vicia faba*). *Annals of Applied Biology*. Vol. 59, n° 2, pp. 175-188. DOI <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1967.tb04427.x>.

Wyss, Eric, 1995. The effects of weed strips on aphids and aphidophagous predators in an apple orchard. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 1995. Vol. 75, n° 1, pp. 43-49. DOI <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1995.tb01908.x>.



## VIII. Annexes

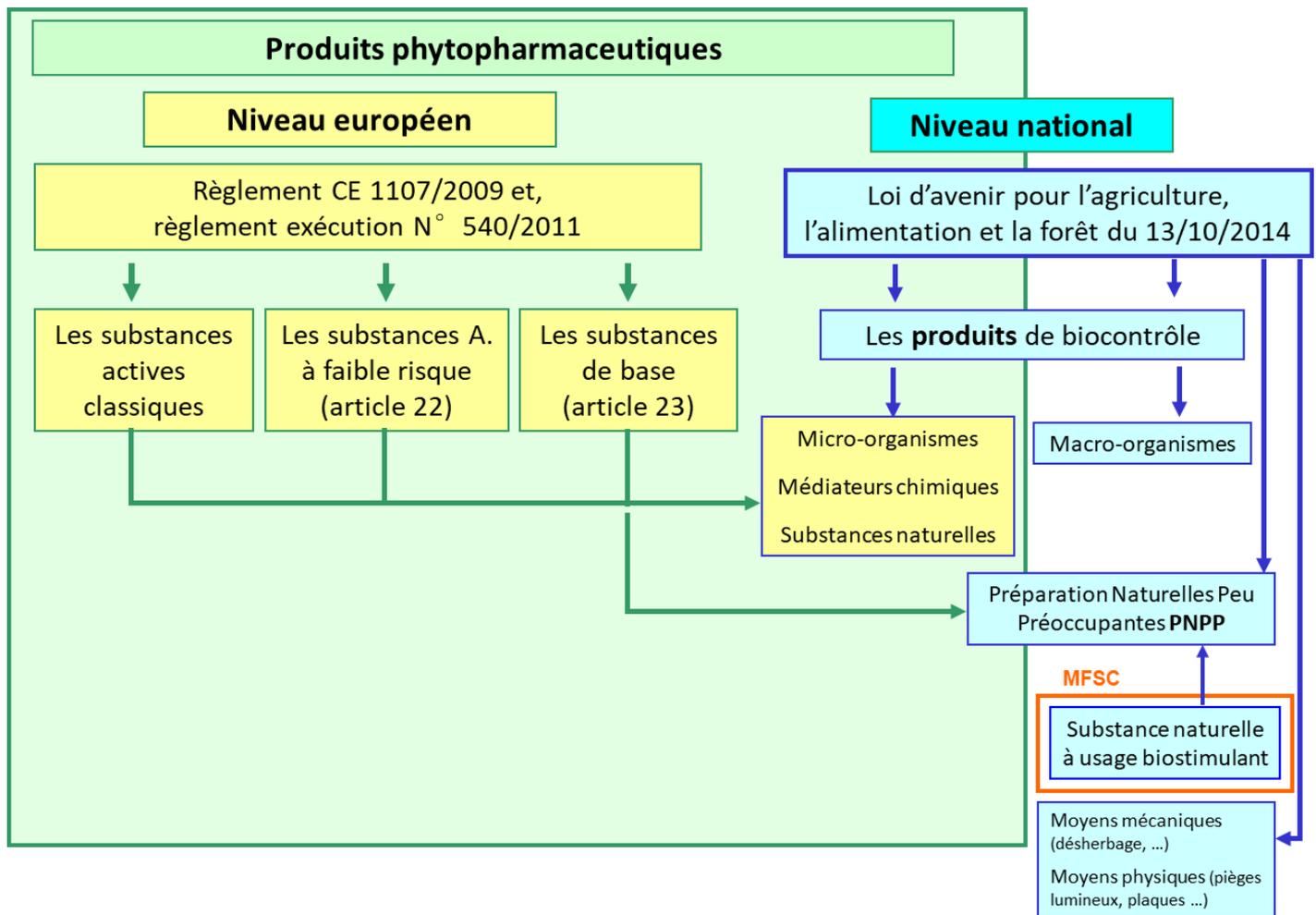
### ANNEXE I : Produits phytopharmaceutiques homologués contre *Dysaphis plantaginea* en AB en arboriculture.

Substances actives	Spécialité commerciale autorisée en France	Société	Dose / hl	Dose / ha	Nombre de doses maximales appli / an	DRE (heures)	ZNT	Remarques
Huile de paraffine	OVIPHYT / ACAKILL / OLIBLAN / EUPHYTANE GOLD / ALPHASIS EV / VAZYL-Y / L'AVY	CCL	2 l		1	6	5	Stratégies de lutte basée sur des interventions en séquence : 1 huile au stade C3 suivie de NEEMAZAL-T/S ou OIKOS au stade D-E / ou 2 à 3 interventions avec huile, la première à pleine dose, suivantes à demi-dose
	OVIPRON EXTRA	UPL France	2 l		-	6	5	
	CATANE	Koppert	2,5 l		2	6	5	
Azadirachtine	NEEMAZAL-T/S / OIKOS	Sous réserve d'autorisation (utilisation seule). Application possible avant enroulement des feuilles. En complément l'application de kaolin peut retarder l'apparition de nouveaux foyers.						
	SURROUND WP	Tessenderlo Group / De		50 kg	8	6	5	
Kaolin calciné	SOKALCIARBO WP / BAIKAL WP	Société Kaolinère Armoricaine		30 à 50 kg	3	6	20	Surveillance des premiers foyers régulières. Prophylaxie : limiter la tonte pour maintenir les auxiliaires, gérer la nutrition du verger, éliminer les foyers en taillant les pousses et bouquets touchés,

ANNEXE II : Produits phytopharmaceutiques homologués contre *Dysaphis plantaginea* en PFI en arboriculture.

Substances actives	Spécialité commerciale autorisée en France	Société	Dose / hl	Dose / ha autorisée ou préconisée	Nombre de doses maximales appli / an	DAR	DRE	ZNT (mètres)	Remarques	
Huile de paraffine	OVIPHYT / ACAKILL / OLIBLAN / EUPHYTANE GOLD / ALPHASIS EV / VAZYL-Y / L'AVY	CCL	2 l		1		6h	5	Respecter un délai de 10 jours entre l'emploi d'huile blanche et de dithionon, captane ou soufre.	
	OVIPRON EXTRA	UPL France	2 l		-		6h	5		
	CATANE Jardin	Total fluides		37,5 ml/10m²	2			5		
	CATANE	Koppert	2,5 l		2	3j	6h	5		
	LOVELL	Koppert		30 l	2	3j		5		
	OVISPEAY	Total fluides		30 l	2	3j		5		
	ARB'HIVER JARDIN	SBM Développement		25 ml/L	2		1j	5		
Pyréthréinoïdes	Tau-fluvalinate + pyrimicarbe	KLARTAN JET / TALITA JET / MAVRIK JET	Adama France	2 l	1	60j	48h	50	2 interventions pré-florales à C-C3 et D-E. Sous autorisation NEEMAZAL et OIKOS peuvent être appliqué avant floraison.	
		OPEN K	Syngenta	2 l	1		60h	50		
	Lambda-cyhalothrine + pyrimicarbe	KARATE K / OPEN / OPEN PRO / OKAPI LIQUIDE	Syngenta	0,1		3		21 j		5
		KARIS 10 CS	FMC		0,075 l	3	7j	48h		50
		LAMBDASTAR	Life Scientific /Phyteurop		0,075 l	3	7j	48h		50
		KARATE ZEON / KARAIBE PRO /KUSTI / NINJA PRO/ SCIMITAR / SENTINEL PRO / TRAF0 /KARATE XFLOW	Syngenta	0,075 l		3	7j	48h		50
		DECLINE 1,5 EW/JABAL	Chemnova Agro	0,083 l		3	7j	6h		50
Deltaméthrine	DELTASTAR /VIVATRINE EW	Sapac Agro	0,05 l			7j	6h	50		
	DECIS PROTECH / PEARL PROTECH / SPLIT PROTECH	Bayer Crop S.	0,05 l		3	7j	6h	50		
Pyridine-carboxamide	Fonicamide	FLOIDANI50	M. Cazorla S.L.	0,14 kg	3	21j	6h	5		
		AKIKILL	Top SAS	0,14 kg	3	21j	6h	5		
		TEPPEKI / HINODE / AFINTO	ISK Biosciences Europe	0,14 kg	3	21j	6h	5		
Spirotetramat		CAVERENTINEA	M. Cazorla S.L.	1,2 l	2	21j		5		
		CAVERENTAE	M. Cazorla S.L.	1,2 l	2	21j		5		
		CAVERENTIA	M. Cazorla S.L.	1,2 l	2	21j		5		
		AGRIVENTO	Agricanigou	1,9 l	2	21j		5		
		VENTIMO SC	Saga SAS	1,9 l	2	21j		5		
		RIVENTO	Rivale	1,9 l	2	21j		5		
		TOUCTOUC	Sarl H.M.W.C	1,2 l	2	21j		5		
		PEPENE	Gritche	1,2 l	2	21j		5		
		MOVENTO 100 SC	PSI	1,2 l	2	21j		5		
		MOVENTO PIMP	Unisem S.A	1,2 l	2	21j	48h	5		
	VENTIMILLO	Saga SAS	1,9 l	2	21j		5			
	MOVENTO	Bayer		1,2 l	2	21j	48h	5	Privilégier un positionnement en conditions poussantes (utilisation seule). Sous autorisation NEEMAZAL et OIKOS peuvent être appliqué avant enroulement des feuilles.	
Esfénvalérate	SUMI ALPHA/ GORKI / JELSA	Philagro		0,5 l	1	14j	48h	20		
	MANDARIN PRO / TATAMI / JUDOKA / TATAMI GOLD / MANDARIN GOLD / JUDOKA GOLD / COUNTRY GOLD / TOLEDE GOLD	Philagro	0,025		3	14j	6h	20		
Kaolin calciné	SOKALCIARBO WP / BAIKAL WP	Société Kaolinère Armoricaine		30 à 50kg	3	60j	6h	20		
	SURROUND WP	Tessengerlo Group / De Sangosse		50 kg	8	28j	6	5		
Silicate d'aluminium	AGRICAL PRO / AGRI NATURE	AGS Minéraux		50 kg	5			5		

ANNEXE III : Les différentes catégories réglementaires de produits de protection des plantes  
 (Source : DGAL/SDQSPV – CTIFL).



# ANNEXE IV : Plan des essais suivis sur la station de la Morinière.

## ESSAI BIOCONTROLE

Essai 411721  
P23  
Challenger® Dalivair  
2011  
4 x 1 m  
Microjet  
5 arbres/bloc

	TNT
	NeemAzal
	Limocide
	Quassol
	Essais sous contrat

	Nord				
	L22	L23	L24	L25	
114					115
113					114
112					113
111					112
110					111
109					110
108					109
107					108
106					107
105					106
104					105
103					104
102					103
101					102
100					101
99					100
98					99
97					98
96					97
95					96
94					95
93					94
92					93
91					92
90					91
89					90
88					89
87					88
86					87
85					86
84					85
83					84
82					83
81					82
80					81
79					80
78					79
77					78
76					77
75					76
74					75
73					74
72					73
71					72
70					71
69					70
68					69
67					68
66					67
65					66
64					65
63					64
62					63
61					62
60					61
59					60
58					59
57					58
56					57
55					56
54					55
53					54
52					53
51					52
50					51
49					50
48					49
47					48
46					47
45					46
44					45
43					44
42					43
41					42
40					41
39					40
38					39
37					38
36					37
35					36
34					35
33					34
32					33
31					32
30					31
29					30
28					29
27					28
26					27
25					26
24					25
23					24
22					23
21					22
20					21
19					20
18					19
17					18
16					17
15					16
14					15
13					14
12					13
11					12
10					11
9					10
8					9
7					8
6					7
5					6
4					5
3					4
2					3
1					2
					1
					Sud

## ESSAI FEVEROLE - PUCERON CENDRE

P30  
Daliclass  
2015  
4 x 1,10  
Microjet  
10 arbres/bloc

	Féverole
	T0 - Féverole sans insecticides
	T1 - Féverole avec insecticides
	T2 - Enherbement avec insecticides

	Nord				
	L14	L13	L12	L11	
67					
66					
65					
64		64			
63		63			
62		62			
61		61	61		
60		60	60		
59		59	59		
58		58	58	58	
57		57	57	57	57
56		56	56	56	56
55		55	55	55	55
54		54	54	54	54
53		53	53	53	53
52		52	52	52	52
51		51	51	51	51
50		50	50	50	50
49		49	49	49	49
48		48	48	48	48
47		47	47	47	47
46		46	46	46	46
45		45	45	45	45
44		44	44	44	44
43		43	43	43	43
42		42	42	42	42
41		41	41	41	41
40		40	40	40	40
39		39	39	39	39
38		38	38	38	38
37		37	37	37	37
36		36	36	36	36
35		35	35	35	35
34		34	34	34	34
33		33	33	33	33
32		32	32	32	32
31		31	31	31	31
30		30	30	30	30
29		29	29	29	29
28		28	28	28	28
27		27	27	27	27
26		26	26	26	26
25		25	25	25	25
24		24	24	24	24
23		23	23	23	23
22		22	22	22	22
21		21	21	21	21
20		20	20	20	20
19		19	19	19	19
18		18	18	18	18
17		17	17	17	17
16		16	16	16	16
15		15	15	15	15
14		14	14	14	14
13		13	13	13	13
12		12	12	12	12
11		11	11	11	11
10		10	10	10	10
9		9	9	9	9
8		8	8	8	8
7		7	7	7	7
6		6	6	6	6
5		5	5	5	5
4		4	4	4	4
3		3	3	3	3
2		2	2	2	2
1		1	1	1	1
					Sud

ESSAI FEVEROL - PUCERON CENDRE

P24  
Golden  
2002  
4 x 1,25 m  
Microjet  
10 arbres/bloc

Féverole  
T0 - Féverole sans insecticides  
T1 - Féverole avec insecticides  
T2 - Enherbement avec insecticides

Nord				
L28	L29	L30	L31	L32
			178	
			177	
			176	
			175	
			174	
			173	
			172	
			171	
			170	
			169	
			168	
			167	
			166	
			165	
			164	
164			163	
163			162	
162			161	
161			160	
160			159	
159			158	158
158			157	
157			156	156
156			155	155
155			154	154
154			153	153
153			152	152
152			151	151
151			150	150
150			149	149
149			148	148
148			147	147
147			146	146
146		146	145	145
145		144	144	144
144		143	143	143
143		142	142	142
142		141	141	141
141		140	140	140
140		139	139	139
139		138	138	138
138		137	137	137
137		136	136	136
136		135	135	135
135		134	134	134
134		133	133	133
133		132	132	132
132		131	131	131
131		130	130	130
130				
129		129	129	129
128		128	128	128
127		127	127	127
126		126	126	126
125		125	125	125
124		124	124	124
123		123	123	123
122		122	122	122
121		121	121	121
120	121	120	120	120
119	119	119	119	119
118	118	118	118	118
117	117	117	117	117
116	116	116	116	116
115	115	115	115	115
114	114	114	114	114
113	113	113	113	113
112	112	112	112	112
111	111	111	111	111
110	110	110	110	110
109	109	109	109	109
108	108	108	108	108
107	107	107	107	107
106	106	106	106	106
105	105	105	105	105
104	104	104	104	104
103	103	103	103	103
102	102	102	102	102
101	101	101	101	101
100	100	100	100	100
99	99	99	99	99
98	98	98	98	98
97	97	97	97	97
96	96	96	96	96
95	95	95	95	95
94	94	94	94	94
93	93	93	93	93
92	92	92	92	92

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

Sud

ANNEXE V : Une partie des 148 plantes inscrites à la Pharmacopée (Décret n°2008-841 du 22/08/2008) et leur composition chimique (en gras les composés identifiés comme biocide et/ou répulsif).

NOMS FRANÇAIS	NOMS SCIENTIFIQUES et synonymes	FAMILLE	PARTIES UTILISÉES de la plante	COMPOSITION CHIMIQUE des huiles essentielles	COMPOSITION CHIMIQUE des fruits/feuilles	FORMES de préparation
Acacia à gomme.	<i>Acacia senegal</i> (L.) Willd. et autres espèces d'acacias d'origine africaine.	Fabaceae	Exsudation gommeuse = gomme arabique.	/	Gomme : eau (10-15%), oxydase, rhamnose	En l'état. En poudre
Achillée millefeuille, Millefeuille.	<i>Achillea millefolium</i> L.	Asteraceae	Sommité fleurie.	Farnésol, <b>géraniol</b> , <b>linalol</b> , <b>alpha et beta-pinene</b> , <b>limonene</b> , gamma-terpinene, <b>beta-caryophyllène</b> , trans-béta-farnésène, alpha-farnésène, terpinène-4-ol, bornéol, <b>alpha-terpinéol</b> , <b>camphre</b> , thujone, <b>1,8-cinéole</b>	Fleur : lactones sesquiterpènes	En l'état
Agar-agar.	<i>Gelidium sp.</i> , <i>Euchema sp.</i> , <i>Gracilaria sp.</i>	Rhodophyceae	Mucilage = gélose.	/	Agarose, pyruvil-agarose	En l'état. En poudre
Aneth.	<i>Anethum graveolens</i> L. (= <i>Peucedanum graveolens</i> Benth. et Hook.).	Apiaceae	Fruit.	(S)-(+)- $\alpha$ -phellandrène (20-50%), flavonoïdes, faltarindiol, furocoumarines, <b>carvone</b> , dihydrocarvone, <b>limonène</b>	Flavonoïde, faltarindiol, furocoumarines	En l'état. En poudre
Basilic. Basilic doux.	<i>Ocimum basilicum</i> L.	Lamiaceae	Feuille.	<b>Pulegone</b> , Ocimene, <b>limonene</b> , <b>linalol</b> (55%), methyl chavicol, <b>anéthole</b> , <b>estragole</b> , eugénol, safrol, bornéol, <b>géraniol</b> , <b>beta-caryophyllène</b> , <b>camphre</b> , <b>1,8-cinéol</b> , <b>terpinéol</b> , méthylcinnamate, sesquithujène	Feuilles : glucides, protides, acides organiques, acides phénoliques, esculoside, terpénoïdes (saponine+stéroïdes), vitamine A	En l'état. En poudre

Camomille romaine.	<i>Chamaemelum nobile</i> (L.) All.(= <i>Anthemis nobilis</i> L.).	Asteraceae	Capitule.	<b>1,8-cinéole, alpha-pinene</b> - nérolidol, 1-rans-pinocarvéol, 1-trans-pinocarvone, chamazulène, <b>farnéol</b> , ester de l'acide isobutyrique, ester de l'acide angélique, ester de l'acide tiglique	Fleurs : glucides, lipides matières minérales, acides phénoliques, flavonoïdes, coumarines, terpénoïdes choline	En l'état
Carvi. Cumin des prés.	<i>Carum carvi</i> L.	Apiaceae	Fruit.	<b>Carvacrole, anethole, pulegone</b> , $\gamma$ -Terpinen-7-al, cumin aldehyde, $\alpha$ -terpinen-7-al, scopolétine, <b>limonène</b> (35-45%), myrcène, <b>beta pinene</b> et pinene, trans-sabinene, <b>beta-caryophyllène, beta-farnesène</b> , cryptone, aldéhyde cuminique (60%), <b>carvone</b> (50-65%)	Semences : glucides, protides, lipides (22%), flavonoïdes, tanins, résines	En l'état. En poudre
Lavande. Lavande vraie.	<i>Lavandula angustifolia</i> Mill. (= <i>L. vera</i> DC.).	Lamiaceae	Fleur, sommité fleurie.	<b>Linalol</b> (32-42%), linalyl acetate (42-52%), <b>1,8-cineole, <math>\alpha</math>-terpineol</b> , $\alpha$ -terpinyl acetate (0,5%) , coumarines, acétate de géranyle (0,5%), acétate de lavandulyle (1,3-4,1%), bornéol (0,8-1,4%), camphène (0,1-0,3%), <b>camphre</b> (0,5%), gamma-3-carène (0,5%), <b>géraniol</b> (0,9%), gèranial, <b>limonene</b> (0,2-0,7%), cis et trans ocimène (1,5-2,4%), allo-ocimene (0,6%), <b>alpha-pinene</b> (0,1-0,2%), <b>terpinéol</b> (0,1-1,2%), terpinène-1-ol-4 (2,8-3,6%), lavandulol (0,1-1,3%), <b>beta-caryophyllène, beta-farnesene</b> (1,2%)	Fleurs: lipides, acides phénoliques, flavonoïdes, tanins (12%), saponines, stéroïdes	En l'état
Lavandin « Grosso ».	<i>Lavandula × intermedia</i> Emeric ex Loisel.	Lamiaceae	Fleur, sommité fleurie.	<b>Linalol</b> (30%), acétate de linalyle (40%), <b>1,8-cineole</b> (10%), <b>camphre</b> (10%), bornéol (2%), <b>géraniol, limonène</b> , cis et trans-ocimene (2%), acétate de bornyle, acétate de lavandulyle, acétate de géranyle, <b>beta-caryophyllène</b>	Fleurs : flavonoïdes, tanins (5-10%), coumarines, terpénoïdes	En l'état

Matricaire. Camomille allemande. Camomille vulgaire.	<i>Matricaria recutita</i> L. (= <i>Chamomilla</i> <i>recutita</i> [L.] <i>Rausch.</i> )	Asteraceae	Capitule.	Matricine, oxyde de bisabolol (29-81%), alpha-bisabolol (10-65%), apigénol, chamazulène, <b>beta-farnesene</b> , cadinen, matricarine	Capitule : flavonoïdes (apigénine, quercétine, lutéoline), coumarines (umbelliférone), glucides, fructanes, acides-phénols	En l'état
Menthe poivrée.	<i>Mentha × piperita</i> L.	Lamiaceae	Feuille, sommité fleurie.	<b>Menthol</b> (38-48%), <b>Menthone</b> (20-65%), <b>limomene</b> , <b>pulgenone</b> , acétate de menthyle, acétate de néomenthyle, isomenthyle, butyrate, <b>1,8-cinéol</b> (6%), néomenthol, isomenthol, myrcene, phellandène, <b>alpha et beta pinene</b> , pipéritone, <b>pulégone</b> , isomenthone, <b>beta-</b> <b>caryophyllène</b>	Feuilles : glucides, protides, lipides, matière minérale (10- 12%), acides organiques, phénols, acides phénoliques, flavonoïdes, flavones, flavonols, flavanones, tanins (6-12%), terpénoïdes, bétaines, choline, dérivés soufrés	En l'état
Oranger doux.	<i>Citrus sinensis</i> (L.) <i>Pers.</i> (= <i>C.</i> <i>aurantium</i> L.).	Rutaceae	Péricarpe dit « écorce » ou zeste.	Coumarines, <b>limonene</b> (90-95%), <b>linalol</b> (1,8%), myrcène (2%), <b>alpha-pinene</b> (0,5%), acétate de linalyle, carvone (1,8%), <b>géraniol</b> (0,4%), <b>terpinéol</b> (0,7%), cis et trans-carvéol (1,3-1,6%), alpha-ionone (0,7%), aldéhydes aliphatiques, anthranilate de méthyle	Zeste : glucides, protides, lipides, acides organiques, flavonoïdes, caroténoïdes, vitamines, résines	En l'état. En poudre
Origan.	<i>Origanum vulgare</i> L.	Lamiaceae	Feuille, sommité fleurie.	<b>Carvacrol</b> , <b>thymol</b> (25%), cymol, acétate de linalyle, acétate de bornyle, acétate de géranyle (2,6%), bornéol, para-cymène, <b>linalol</b> , <b>limonene</b> , <b>alpha et beta-pinene</b> , alpha-thuyone, sélinene, alpha-terpinen, origanene, dipentène, <b>beta-bisabolene</b> , <b>beta-caryophyllene</b>	Protides, acides organiques, acides phénoliques, flavonoïdes, tanins (8%), saponines, vitamines	En l'état. En poudre
Pommier.	<i>Malus sylvestris</i> <i>Mill.</i> <i>Malus</i>	Rosaceae	Fruit.	Ester amyliques, acétaldéhydes, <b>géraniol</b>	Fruit : glucide, protide, matière minérale, acides organique, phénols, acides phénoliques, flavonoïdes, tanins, vitamines	En l'état

Romarin.	<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	Lamiaceae	Feuille, sommité fleurie.	<b>1,8-cineole</b> (15-30%), acétate d'isobornyle bornéol, <b>camphre</b> (15%), camphène, p-cymène, <b>limonene</b> , <b>linalol</b> , alpha et beta-phellandrène, <b>alpha-pinene</b> (35-40%), <b>beta-pinene</b> , alpha et gamma-terpinene, <b>alpha-terpineol</b> , verbénol, safrol, oléorésine	Feuille : acides organiques, acides phénoliques, flavonoïdes, tanins, carnol, rosmanol, rosmadial rosmaridiphénol, saponines, alpha et beta-amyrines, epi--amyrine, bétuline, stéroïdes, rosmaricine, acide nicotinique, choline	En l'état. En poudre
Sarriette des jardins.	<i>Satureja hortensis</i> L.	Lamiaceae	Feuille, sommité fleurie.	<b>Carvacrol</b> (46-48%), gama-terpinene (37,7-39,4%), myrcène (1,8%), <b>limonene</b> (0,5%), p-cymene (4,2%), <b>linalol</b> (1,6%), alpha-terpinène (3,1%), <b>beta-caryophyllene</b> (0,3%), beta-bisabolène (0,6%)	Flavonoïde, acide rosmarinique	En l'état. En poudre
Sauge officinale.	<i>Salvia officinalis</i> L.	Lamiaceae	Feuille.	<b>1,8-cineole</b> (5,5-13%), <b>alpha-pinene</b> (1-6,5%), <b>camphre</b> (4,5-24,5%), alpha-thuyone (18-43%), beta-thuyone (3-8,5%), humulène (0-12%), camphène (1,5-7%), <b>limonene</b> (0,5-3%), <b>linalol</b> (1%), acétate de bornyle (2,5%)	Feuilles : flavonoïdes, apigénol, acide ursolique, oléanane, carnasol, rosmanol, épirosmanol, acide carnosique, carnosate de méthyle, acides-phénols, glycosides d'acétophénones	En l'état
Thym.	<i>Thymus vulgaris</i> L., <i>T. zygis</i> L.	Lamiaceae	Feuille, sommité fleurie.	Alpha-thuyene (0,2-1,5%), beta-myrcene (1-3%), alpha-terpinene (0,9-2,6%), p-myrcène (14-28%), gamma-terpinene (4-12%), <b>linalol</b> (1,5-6,5%), terpinen-4-ol (0,1-2,5%), ether méthylique de carvacrol (0,05-1,5%), <b>thymol</b> (37-55%), <b>carvacrol</b> (0,5-5,5%)	Taxifoline, naringénine, hétérosides, lutéolol, flavones, acide ursolique, acide-phéol, acide rosmarinique, acide caféique, paracymene, thymoquinols, oses	En l'état. En poudre

ANNEXE VI : Plantes sélectionnées en fonction de leur statut de plantes en vente libre inscrites à la Pharmacopée (Décret n°2008-841 du 22/08/2008) pour les essais en conditions contrôlées.

Nom commun	Nom scientifique	Famille	Mode d'action	Puceron cible	Condition	Résultats	Source
Citronelle	<i>Cymbopogon nardus</i>	Poaceae	<b>Biocide Répulsif</b>	<i>Dysaphis plantaginea</i>	Laboratoire	80% de mortalité chez DP; Forte toxicité	Machial, 2010
Citronelle des antilles	<i>Cymbopogon schoenanthus</i>	Poaceae	<b>Biocide Répulsif</b>	<i>Aphis gossypii</i>	Laboratoire	Pipéritone très répulsive , effet biocide et répulsif sur les stades aptères	Ikbal et Pavela, 2019
Cumin	<i>Cuminum cyminum L</i>	Apiaceae	<b>Fumigation</b>	<i>Aphis gossypii</i>	Laboratoire /Serre	Dose minimum de 0,5µL et 2-3 jours d'exposition pour avoir 99% de mortalité	Atanasova et Leather, 2018
Cumin des près	<i>Carum carvi</i>	Apiaceae	<b>Biocide Fumigation</b>	<i>Acyrtosiphon pisum, Myzus persicae</i>	Laboratoire	82% de mortalité pour 2µL/L air; Phytotoxicité	Digilio et al, 2008
Lavande vraie	<i>Lavandula angustifolia</i>	Lamiaceae	<b>Fumigation</b>	<i>Acyrtosiphon pisum, Myzus persicae</i>	Laboratoire	46,7% de mortalité chez M.persicae	Atanasova et Leather, 2018; Machial 2010
Lavandin	<i>Lavandula x intermedia</i>	Lamiaceae	<b>Répulsif</b>	<i>Dysaphis plantaginea</i>	Laboratoire	IR proche du β-farnésène; effet sur la fécondité	Dieudonné e, 2018
Menthe poivrée	<i>Mentha piperita</i>	Lamiaceae	<b>Répulsif Biocide</b>	<i>Dysaphis plantaginea, Myzus persicae</i>	Laboratoire	30% de mortalité chez M.persicae; effet sur la fécondité	Dieudonné e, 2018; Machial 2010
Menthe verte	<i>Mentha spicata</i>	Lamiaceae	<b>Biocide Répulsif</b>	<i>Dysaphis plantaginea</i>	Laboratoire	Diminue la croissance et attire le parasitoïde A. matricariae	Vanden Bouverie, 2020
Orange amer	<i>Citrus aurantium</i>	Rutaceae	<b>Fumigation</b>	<i>Acyrtosiphon pisum, Rhopalosiphum padi, Aphis fabae, Macrosiphum euphorbiae</i>	Laboratoire	Activité des huiles essentielles d'écorce ; mortalité 74% chez A. pisum et R.padi au bout de 24h pour 33,33 µl / L d'air, 60% chez A.fabae, 54% che M. euphorbiae	Chaieb et al, 2018
Oranger doux	<i>Citrus sinensis</i>	Rutaceae	<b>Fumigation</b>	<i>Aphis fabae, Acyrtosiphom pisum, Macrosiphoniella sanborni, Myzus persica</i>	Laboratoire	La moins toxique était l'huile essentielle d'orange avec des valeurs LC50 allant de 1,17 à 1,92 µL/L d'air	Kimbaris et al, 2010

Origan	<i>Origanum vulgare</i>	Lamiaceae	<b>Fumigation</b>	<i>Acyrtosiphon pisum ; Myzus persicae</i>	Laboratoire	Forte toxicité, maximum de mortalité à la plus haute dose : 2µl/l 100% de mortalité	Ikbal et Pavela, 2019 ; Digilio et al, 2008
Romarin	<i>Rosmarinus officinalis</i>	Lamiaceae	<b>Répulsif Biocide</b>	<i>Dysaphis plantaginea ; Aphis gossypii ; Brevicoryne brassicae</i>	Laboratoire	Effet néfaste sur la reproduction, fécondité quotidienne diminuée	Ikbal et Pavela, 2019 ; Isik et Görür, 2009
Sariette des montagnes	<i>Satureja montana</i>	Lamiaceae	<b>Biocide</b>	<i>Lipaphis pseudobrassicae</i>	Laboratoire	Mortels pour les adultes à des [ ] de 0,3 à 1 mgml-1	Baser, 2008
Sarriette des jardins	<i>Satureja hortensis</i>	Lamiaceae	<b>Répulsif</b>	<i>Myzus persicae, Acyrthosiphon pisum</i>	Laboratoire	Effet dissuasif fort sur A. pisum	Sampson et al, 2005
Sauge officinale	<i>Salvia officinalis</i>	Lamiaceae	<b>Biocide</b>	<i>Metopolophium dirhodum ; Acyrthosiphon pisum, Myzus persicae</i>	Laboratoire	Plus faible activité toxique pour 2µl/l air 45% de mortalité	Ikbal et Pavela, 2019 ; Digilio et al, 2008
Sauge pourpre	<i>Hemizygia petiolata</i> Ashby	Lamiaceae	<b>Répulsif</b>	<i>Myzus persicae, Acyrthosiphon pisum</i>	Laboratoire /Champs	Inhibition de la réponse de la phéromone d'alarme avec d'autres composés ; huile entrave l'attraction des plantes hôtes	Müller, 2010; Bruce et al, 2005
Thym	<i>Thymus vulgaris</i>	Lamiaceae	<b>Biocide Répulsif</b>	<i>Dysaphis plantaginea , Acyrthosiphon pisum, Myzus persicae, Brevicoryne brassicae</i>	Laboratoire	Toxique pour les adultes ; 33,3% de mortalité pour DP ; 85% de mortalité pour Brevicoyne	Machial, 2010 ; Ikbal et Pavela, 2019 ; Isik et Görür, 2009

ANNEXE VII : Une des 25 fiches techniques réalisées pour les plantes de services présentant les caractéristiques écologiques, la composition chimique des huiles essentielles, des fruits et des feuilles et les valeurs de pression de vapeur saturante à 25°C des molécules présentes dans les HE.

# Lavande vraie – *Lavandula angustifolia* Mill.



Famille botanique : Lamiaceae

Période de floraison : 06 – 08

Cycle : Vivace

Type de sol : Limon graveleux/sableux

pH du sol : 7 – 7,5



## Composition chimique huile essentielle:

**Linalol** (32-42%), linalyl acetate (42-52%), **1,8-cineole**,  $\alpha$ -terpinyl acetate (0,5%), coumarines, acétate de géranyle (0,5%), acétate d'avanthylène (1,3-4,1%), bornéol (0,8-1,4%), camphène (0,1-0,3%), **camphre** (0,5%), gamma-3-carène (0,5%), **géraniol** (0,9%), géraniol, **limonène** (0,2-0,7%), cis et trans ocimène (1,5-2,4%), allo-ocimène (0,6%), **alpha-pinène** (0,1-0,2%), **alpha-terpinéol** (0,1-1,2%), terpinène-1-ol-4 (2,8-3,6%), lavandulol (0,1-1,3%), **beta-caryophyllène**, **beta-farnesène** (1,2%)



## Composition chimiques fruits/feuilles :

Fleurs: lipides, acides phénoliques, flavonoïdes, tanins (12%), saponines, stéroïdes

Molécules	Pression de vapeur saturante à 25°C (mm Hg)
Alpha -pinène	4,75
Beta-caryophyllène	0,0128
Beta-farnesène	0,01
Camphre	0,22
Eucalyptol ou 1,8-cinéol	1,9
Géraniol	0,03
Limonène	1,55
Linalol	0,16
Terpinéol ou alpha-terpinéol	0,04

\*Plus la valeur est élevée plus le composé est volatil

\*Répulsif  
\*Biocide

\*Répulsif et/ou Biocide

ANNEXE VIII : Mélange Muscari (Semence Nature) pour l'essai « Bande Fleurie » semé à la Morinière en 2021.

Espèces	Origine semence	%	nbr graines/m <sup>2</sup>	% nbr graines
<i>Achille millefolium</i>	Sud Ouest	2	400	10,7
<i>Agrotemma githago</i>	Sud Ouest	15	37,5	1
<i>Ammi majus</i>	Sud Ouest	2	120	3,2
<i>Anthemis cotula</i>	Sud Ouest	2	600	16
<i>Borago officinalis</i>	Commerciale	10	12	0,3
<i>Centaurea jacea</i>	Sud Ouest	3	42,9	1,1
<i>Cyanus segetum</i>	Sud Ouest	8	63,2	1,7
<i>Daucus carota</i>	Sud Ouest	2	60	1,6
<i>Echium vulgare</i>	Sud Ouest	1	10,3	0,3
<i>Glebionis segetum</i>	Sud Ouest	2	66,7	1,8
<i>Leuvaranthemum vulgare</i>	Sud Ouest	2	300	8
<i>Linum isitativissimum</i>	Commerciale	5	21,4	0,6
<i>Lotus corniculatus</i>	Commerciale	7	175	4,7
<i>Malva sylvestris</i>	Sud Ouest	2	75	2
<i>Matricaria recucita</i>	Sud Ouest	1	750	20
<i>Medicago recutita</i>	Commerciale	5	75	2
<i>Onobrychis vicifolia</i>	Sud Ouest	8	11,4	0,9
<i>Origanum vulgare</i>	Sud Ouest	0,5	150	4
<i>Papaver rhoas</i>	Sud Ouest	2	600	16
<i>Prunella vulgaris</i>	Sud Ouest	1	40	1,1
<i>Scabiosa columbaria</i>	Sud Ouest	0,5	10,7	0,3
<i>Sinapsis arvensis</i>	Commerciale	2	8,6	0,2
<i>Trifolium repens</i>	Commerciale	2	60	1,6
<i>Vaccaria hispanica</i>	Sud Ouest	15	56,3	1,5
<b>Total</b>		<b>100</b>		<b>100</b>

# ANNEXE IX : Plan d'essai « Bande fleurie » et « Menthe poivrée » mis en place au verger à la station de la Morinière en 2021.

## ESSAI BANDE FLEURIE ET MENTHE POIVREE

P30

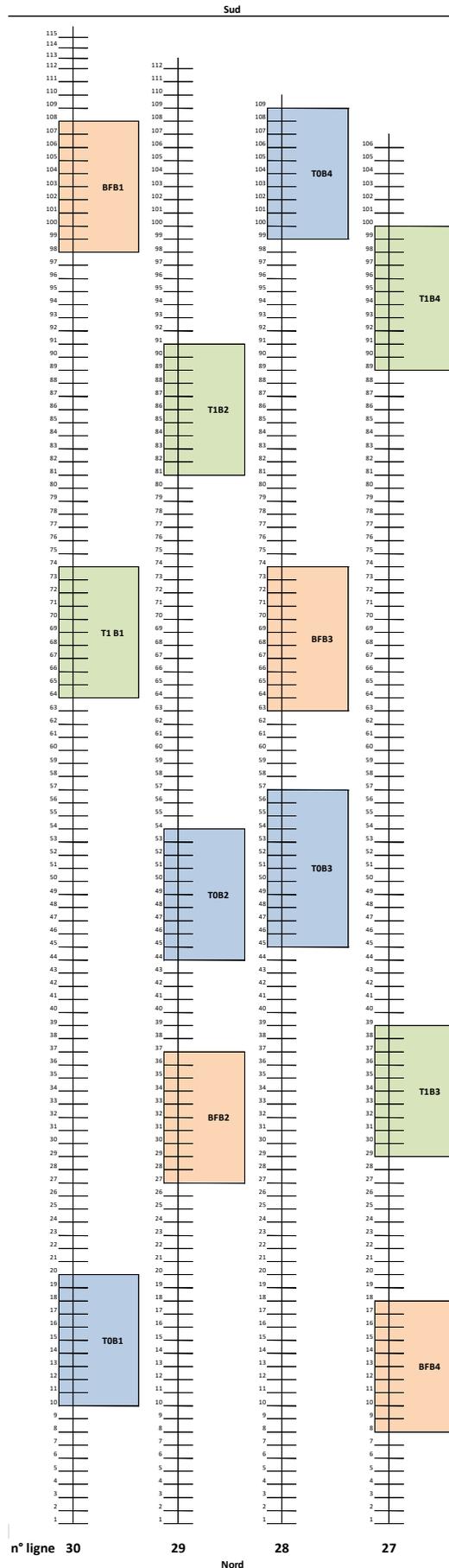
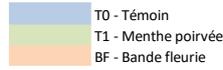
Daliclass®

2015

4 x 1,10 m

Microjet

10 arbres/blocs



Diplôme et Mention : Master Biologie, Agrosociétés

Parcours : Amélioration, Production et Valorisation du Végétal

Option : Fonctionnement et Gestion des Agrosystèmes

Responsable d'option : Matthieu CAROF

Auteur(s) : Androuin Marie

Date de naissance\* : 3 mai 1997

Nb pages : 25

Annexe(s) : 14

Année de soutenance : 2021

Organisme d'accueil : CTIFL - La Morinière

Adresse :

La Mornière

37 800 Saint-Epain

Maître de stage : Anne DUVAL-CHABOUSSOU

Titre français : Evaluation des extraits végétaux et de plante de services dans la gestion du puceron cendré du pommier en Agriculture Biologique et Protection Fruitière Intégrée.

Titre anglais : Evaluation of plant extracts and service plants in the management of apple aphid in Organic Agriculture and Integrated Fruit Protection.

Résumé :

Le puceron cendré (*Dysaphis plantaginea*) est l'un des principaux ravageurs du pommier. Ses piqûres provoquent de graves déformations des organes végétaux entraînant une production de fruits petits et bosselés, non commercialisables. La maîtrise de ce ravageur repose sur l'aménagement de haies et d'abris pour les auxiliaires, mais avant tout, sur des traitements insecticides, en PFI (Production Fruitière Intégrée) comme en AB (Agriculture Biologique). Plusieurs solutions alternatives existent comme l'utilisation de barrière physique, de produits défolians, de plantes de services ou d'extraits végétaux pour maîtriser les bioagresseurs au sein des vergers. Cette étude a eu pour objectif l'identification de méthodes alternatives aux insecticides classiques et l'évaluation de l'intérêt de leviers agroécologiques dans la gestion du puceron cendré : les plantes de services (plantes ressources, plantes banques, plantes répulsives) et les produits à faible impact (produits de biocontrôle et Préparations Naturelles Peu Préoccupantes - PNPP). Les essais menés au verger sur les propriétés attractives de la féverole ne sont pas concluants. Un effet du Limocide® dans la gestion du puceron cendré au verger a été observé. Les essais de toxicité par contact ont montré un effet de la lavande et du mélange d'huiles essentielles. L'effet répulsif de la menthe poivrée et du thym a également été mis évidence. La maîtrise du puceron cendré au verger se montre encourageante par la mise en place d'infrastructures agroécologiques mais de nouveaux essais devront être menés sur l'utilisation (dose, positionnement) des extraits végétaux.

Abstract :

The rosy apple aphid (*Dysaphis plantaginea*) is one of the main pests of apple trees. Its stings cause severe deformation of the plant organs resulting in the production of small, lumpy, unmarketable fruit. The control of this pest is based on the installation of hedges and shelters for auxiliaries, but above all, on insecticide treatments, in PFI (Integrated Fruit Production) as in AB (Organic Agriculture). Several alternative solutions exist such as the use of physical barriers, defolians, service plants or plant extracts to control pests in orchards. The objective of this study was to identify alternative methods to conventional insecticides and to evaluate the interest of agroecological levers in the management of the rosy apple aphid: service plants (resource plants, banker plants, repellent plants) and low-impact products (biocontrol products and Natural Preparations of Little Concern - PNPP). Trials conducted in the orchard on the attractive properties of faba beans were not conclusive. An effect of Limocide® in the management of rosy apple aphid in the orchard was observed. Contact toxicity tests showed an effect of lavender and the essential oil mixture. The repellent effect of peppermint and thyme was also demonstrated. The control of the rosy apple aphid in the orchard is encouraging by the implementation of agroecological infrastructures but new trials should be conducted on the use (dose, positioning) of plant extracts.

Mots-clés : *Dysaphis plantaginea*, *Malus domestica*, plante de services, extraits végétaux, composés organiques volatils (COVs)

Key Words: *Dysaphis plantaginea*, *Malus domestica*, service plant, plant extracts, volatile organic compounds (VOC)

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