

# Mémoire de Fin d'Etudes

**Master 2 Mention Biologie Végétale (BV)**  
**Parcours : Gestion de la santé des plantes**



Année universitaire : 2022 - 2023


**Gestion du puceron cendré du pommier en agriculture biologique et en production fruitière intégrée**

Par : Hatem HADIBY

Soutenu à Angers le : 06/09/2023

Maître de stage : Vincent VALLEJO





ENGAGEMENT DE NON PLAGIAT

Je, soussigné (e) Hatem HADIBY,  
déclare être pleinement conscient(e) que le plagiat de documents ou d'une partie d'un  
document publiés sur toutes formes de support, y compris l'internet, constitue une violation  
des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée. En conséquence, je m'engage à citer  
toutes les sources que j'ai utilisées pour écrire ce rapport ou mémoire.

Signature :





## Remerciements :

Je tiens tout d'abord à remercier, **Marie-Eve BIARGUES**, directrice du CEFEL, pour m'avoir accueilli dans sa structure et pour sa bienveillance, ainsi que l'ensemble de l'équipe pour leur accueil.

Je remercie plus particulièrement mon maître de stage **Vincent VALLEJO**, pour sa patience et sa gentillesse. Je le remercie de m'avoir accompagné jusqu'au bout de la rédaction de ce rapport, d'avoir été patient, pédagogue et toujours de bonne humeur.

J'adresse mes sincères remerciements à **Malick SOW**, technicien du CEFEL, pour son accueil amical, ses explications sur terrain, ses conseils, et son aide inestimable durant ce stage (sans oublier ses bonnes blagues).

J'adresse aussi mes remerciements à **Sébastien BALLION**, directeur adjoint du CEFEL pour ses bonnes explications et ses livres prêtés qui m'ont aidé à mieux comprendre le sujet de mon stage.

Mes remerciements vont également à mon professeur référent **Bruno JALOUX**, pour sa disponibilité et ses conseils concernant la marche à suivre pour mon rapport de stage.

Enfin, j'exprime mes sincères remerciements à mes collègues stagiaires **Mathilde ROUSSEAU** et **Alexis HOANG-NGUYEN**, pour leur bonne humeur quotidienne et leurs aides précieuses lors des notations sur terrain, malgré des conditions météorologique parfois difficiles.



## **Glossaire**

**Aptère** : dépourvu d'ailes (Turpeau *et al.*, 2023)

**Diœcique** : qui achève son cycle de vie sur deux plantes hôtes successives (Dib *et al.*, 2010)

**Fondatrice** : Puceron femelle issu de l'œuf d'hiver mère de la première génération (Turpeau *et al.*, 2023).

**Fondatrigenèse** : la fondatrice engendre une ou plusieurs générations de femelles parthénogénétiques, appelées fondatrigenèses (Turpeau *et al.*, 2023).

**Gynopare** : Femelle née d'une sexupare et dont la descendance est composée de femelles ovipares (Turpeau *et al.*, 2023).

**Holocyclique** : qui se reproduit par deux mécanismes, la reproduction asexuée et la reproduction sexuée (Dib *et al.*, 2010)

**Ovipare** : femelle qui pond des œufs (Turpeau *et al.*, 2023).

**Parthénogenèse** : reproduction asexuée des femelles donnant naissance directement à de jeunes larves, qui leur sont génétiquement identiques (Turpeau *et al.*, 2023).

**Sexupare** : femelles parthénogénétiques appelées sexupares qui donneront naissance à des mâles et à des femelles ovipares (Turpeau *et al.*, 2023).



## **Liste des abréviations**

**AB** : Agriculture Biologique

**ANOVA** : Analyse de Variance (ANalysis Of VAriance)

**BBCH** : Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und CHemische Industrie

**BPE** : Bonnes Pratiques d'Expérimentation

**BSV** : Bulletin de Santé du Végétal

**CEFEL** : Centre d'Expérimentation en Fruits Et Légumes

**CTIFL** : Centre Technique Interprofessionnel Fruits et Légumes

**DGER** : Direction Générale de l'Enseignement et de la Recherche du ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation

**H0** : Hypothèse 0

**H1** : Hypothèse 1

**Ha** : Hectare

**HVE** : Haute valeur environnementale

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

**OAD** : Outil d'Aide à la Décision

**PdS** : Plantes de Services

**PFI** : Protection Fruitière Intégrée

**PNPP** : Préparations Naturelles Peu Préoccupantes

**RIM** : Relative Infection Measure

**TNT** : Témoin Non-Traité



# Table des matières

<b>1. Introduction</b>	1
1.1. Structure d'accueil	1
1.2. Contexte général	2
1.3. Objectif du stage	3
1.4. Le pommier	3
1.5. Le puceron cendré	5
1.5.1. Généralité sur les pucerons cendrés	5
1.5.2. Dégâts du puceron cendré	5
1.5.3. Cycle biologique du puceron cendré	6
1.5.4. Méthodes de lutte contre le puceron cendré	6
1.5.4.1. <i>Méthodes de lutte directe</i>	7
1.5.4.2. <i>Méthodes de lutte indirecte</i>	7
<b>2. Matériel et méthodes</b>	10
2.1. Présentation du site	10
2.2. Matériel végétal	10
2.3. Suivi biologique	10
2.4. Dispositif expérimental	10
2.4.1. Essai stratégie automnale (Action 1 PU)	11
2.4.2. Essai stratégie automne/printemps AB (Action 2 PU)	11
2.4.3. Essai stratégie automne/printemps PFI (Action 2 PU)	11
2.5. Produits et doses d'application	12
2.6. Conditions climatiques de la zone étudiée	12
2.7. Mesure et observation	13
2.7.1. Fréquence de pucerons	13
2.7.2. Intensité des pucerons	13
2.8. Traitement de données	13
2.8.1. Données fréquence de pucerons	13
2.8.2. Données intensité de pucerons	14
2.8.3. Données efficacité des traitements	14
<b>3. Résultats</b>	14
3.1. Suivi des risques d'infestation par RimPro	14
3.1.1. Suivi des risques en automne	15
3.1.2. Suivi des risques au printemps	16
3.2. Fréquence de pucerons	16
3.2.1. Fréquence de pucerons essai stratégie Automnal	16
3.2.2. Fréquence de pucerons essai stratégie AB automne/printemps	18
3.2.3. Fréquence de pucerons essai stratégie PFI automne/printemps	19
3.3. Intensité de pucerons	21
3.3.1. Intensité de pucerons essai stratégie automnale	21



3.3.2.	Intensité de pucerons essai AB stratégie automne/printemps : .....	21
3.3.3.	Intensité de pucerons essai PFI stratégie automne/printemps : .....	22
3.4.	Efficacité des traitements : .....	22
3.4.1.	Efficacité des traitements essai stratégie automnale : .....	22
3.4.2.	Efficacité des traitements essai AB stratégie automne/printemps : .....	23
3.4.3.	Efficacité des traitements essai PFI stratégie automne/printemps : .....	23
<b>4.</b>	<b>Discussion</b> .....	<b>23</b>
4.1.	Suivi des essais par RIMpro : .....	23
4.2.	Essai stratégie automnale (Action 1 PU) : .....	24
4.3.	Essai stratégie AB automne/printemps (Action 2 PU) : .....	25
4.4.	Essai stratégie PFI automne/printemps (Action 2 PU) : .....	26
<b>5.</b>	<b>Conclusion et perspectives</b> .....	<b>27</b>
<b>6.</b>	<b>Références bibliographiques</b> .....	<b>29</b>
6.1.	Ouvrages : .....	29
6.2.	Sitographie : .....	30



## **Liste des figures**

**Figure 1** : Organigramme CEFEL 2023 (Source : CEFEL)

**Figure 2** : Volume de production de pomme des principaux pays producteurs dans le monde en 2021

**Figure 3** : Indicateur de fréquence de traitement (IFT) moyen selon les espèces en 2015

**Figure 4** : Illustration des stades phénologiques du pommier

**Figure 5** : Différentes techniques d'éclaircissages sur les pommiers

**Figure 6** : *Dysaphis plantaginea* sous la forme aptère

**Figure 7** : *Dysaphis plantaginea* sous la forme ailée

**Figure 8** : Déformation de feuilles causée par le puceron cendré

**Figure 9** : Cycle biologique du puceron cendré

**Figure 10** : Illustration d'auxiliaires de pucerons cendrés sur feuilles de pommiers

**Figure 11** : Plan des essais réalisés à la parcelle 14 du CEFEL

**Figure 12** : Données climatique de la zone des essais du CEFEL durant les traitements en automne 2022 **(A)** et au printemps 2023 **(B)**

**Figure 13** : Représentation graphique par RimPro de l'infestation des pucerons cendrés en automne 2022

**Figure 14** : Représentation graphique par RimPro de l'infestation des pucerons cendrés au printemps 2023

**Figure 15** : Fréquence de dégâts sur pousses de l'essai Action 1 PU aux 4 dates de notation : **A** : 03/05, **B** : 16/05, **C** : 22/05, **D** : 30/05

**Figure 16** : Fréquence de foyers actifs de l'essai Action 1 PU le 07/06

**Figure 17** : Fréquence de dégâts sur pousses de l'essai Action 2 PU AB aux 3 premières dates de notation : **A** : 03/05, **B** : 11/05, **C** : 22/05

**Figure 18** : Fréquence de dégâts sur pousses de l'essai Action 2 PU AB à la 4<sup>ème</sup> date de notation le 30/05

**Figure 19** : Fréquence de foyers actifs de l'essai Action 2 PU AB le 07/06

**Figure 20** : Fréquence de dégâts sur pousses de l'essai Action 2 PU PFI aux 4 dates de notation : **A** : 03/05, **B** : 16/05, **C** : 22/05, **D** : 30/05

**Figure 21** : Fréquence de foyers actifs de l'essai Action 2 PU PFI le 07/06

**Figure 22** : Pourcentage par classe d'intensité en pucerons cendrés de l'essai Action 1 PU le 07/06

**Figure 23** : Pourcentage par classe d'intensité en pucerons cendrés de l'essai Action 2 PU AB le 07/06

**Figure 24** : Pourcentage par classe d'intensité en pucerons cendrés de l'essai Action 2 PU PFI le 07/06



## **Liste des tableaux**

**Tableau I :** Synthèse des produits commerciaux et d'emploi des traitements appliqués à l'automne et au printemps

**Tableau II :** Synthèse des dates et des traitements prophylactiques réalisés à l'automne

**Tableau III :** Synthèse des dates et des traitements réalisés à l'automne et au printemps en AB

**Tableau IV :** Synthèse des dates et des traitements réalisés à l'automne et au printemps en PFI

**Tableau V :** Taux d'efficacité des traitements appliqués uniquement à l'automne de l'essai Action 1 PU

**Tableau VI :** Taux d'efficacité des traitements appliqués uniquement à l'automne de l'essai Action 2 PU AB

**Tableau VII :** Taux d'efficacité des traitements appliqués uniquement à l'automne de l'essai Action 2 PU PFI



## **Liste des annexes**

<b>Annexe I</b> : Analyses statistiques sur StatBox essai Action 1 PU 3 mai.....	I
<b>Annexe II</b> : Analyses statistiques sur StatBox essai Action 1 PU 16 mai.....	III
<b>Annexe III</b> : Analyses statistiques sur StatBox essai Action 1 PU 22 mai.....	V
<b>Annexe IV</b> : Analyses statistiques sur StatBox essai Action 1 PU 30 mai .....	IVII
<b>Annexe V</b> : Analyses statistiques sur StatBox essai Action 2 PU AB 3 mai .....	IX
<b>Annexe VI</b> : Analyses statistiques sur StatBox essai Action 2 PU AB 11 mai.....	VI
<b>Annexe VII</b> : Analyses statistiques sur StatBox essai Action 2 PU AB 22 mai.....	VII
<b>Annexe VIII</b> : Analyses statistiques sur StatBox essai Action 2 PU AB 30 mai.....	VIII
<b>Annexe IX</b> : Analyses statistiques sur StatBox essai Action 2 PU PFI 3 mai.....	IXVII
<b>Annexe X</b> : Analyses statistiques sur StatBox essai Action 2 PU PFI 11 mai.....	XIX
<b>Annexe XI</b> : Analyses statistiques sur StatBox essai Action 2 PU PFI 22 mai.....	XI
<b>Annexe XII</b> : Analyses statistiques sur StatBox essai Action 2 PU PFI 30 mai.....	XXII

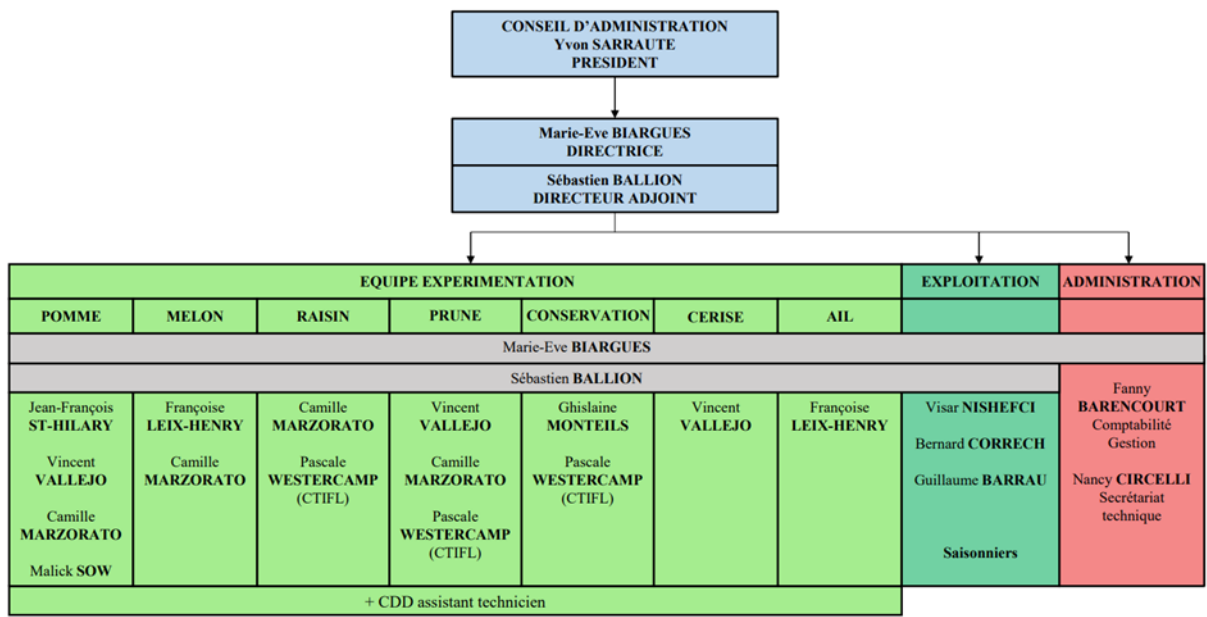


Figure 1 : Organigramme CEFEL 2023 (Source : CEFEL)

# 1. Introduction

## 1.1. Structure d'accueil :

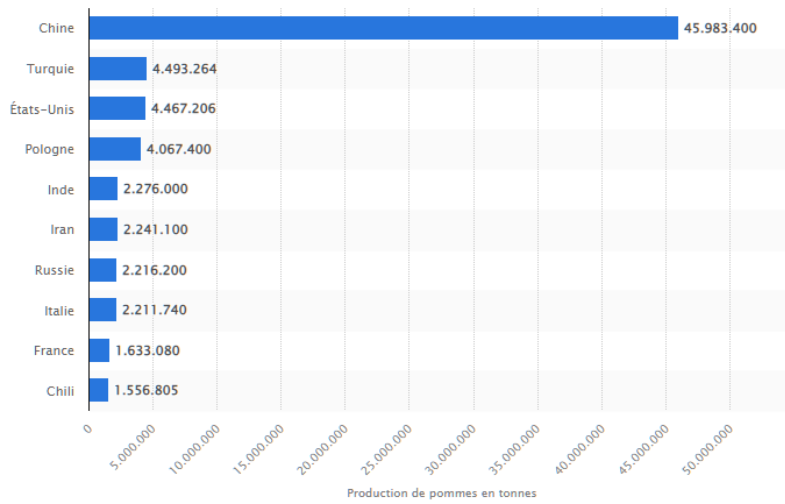
J'effectue mon stage de Master 2 au centre d'Expérimentation Fruits Et Légumes (CEFEL). Le CEFEL est une Société d'Intérêt Collectif Agricole (SICA) créée en 1979 par des producteurs d'Occitanie. Situé au sud de la France à Montauban dans la région du Tarn et la Garonne, il est constitué d'un site principal de 19 ha en plaine à Montauban et d'un site de 12 ha en coteaux à Moissac. Le CEFEL répond aux problématiques rencontrées par les producteurs de la région en conduisant les travaux de recherche et d'expérimentation, mais aussi en conseillant les agriculteurs à travers la rédaction du Bulletin de Santé Végétale (BSV). Le programme d'expérimentation du CEFEL est spécialisé dans la culture des fruits à pépins et à noyaux ainsi que dans le maraichage. 6 espèces sont étudiées, principalement la pomme (55%), suivi de par le melon (18%), la prune (12%), le raisin de table (10%), l'ail (3%) et la cerise (2%). Ces programmes d'expérimentation permettent de travailler sur plusieurs thèmes importants :

- Protection Fruitière/ Légumière Intégrée
- Agriculture biologique
- Qualité/ conservation
- Techniques culturales
- Matériel végétal
- Protection de l'environnement
- Lutte contre les aléas climatiques

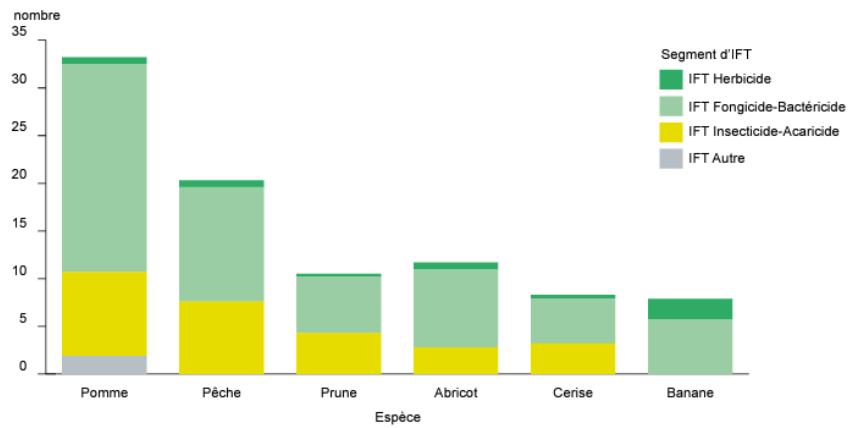
Le CEFEL présente un partenariat régional avec la Chambre d'Agriculture du Tarn-et-Garonne, le Centre Technique Interprofessionnel de Fruits et Légumes (CTIFL) et l'Institut National de Recherche en Agriculture et Environnement (INRAE).

Afin de mener à bien les programmes d'expérimentation, le CEFEL emploie des ingénieurs dont un salarié du CTIFL, des techniciens d'expérimentation, des ouvriers permanents sur l'exploitation, des saisonniers et des secrétaires (**Figure 1**). La structure possède également deux laboratoires, dont un dédié aux analyses de qualité des fruits, et l'autre à l'observation et l'identification des maladies et ravageurs. De plus elle est dotée d'une station de conservation par le froid équipée 9 chambres froides dont 3 en atmosphère contrôlée permettant de suivre la qualité de la récolte jusqu'à la commercialisation avec toutes les garanties de sécurité alimentaire.

Le CEFEL détient des certifications Haute Valeur Environnementale (HVE), Agriculture Biologique (AB) et Vergers Ecoresponsables. Il est également accrédité d'une certification Bonne Pratique Expérimentale (BPE). Cette dernière lui permet de réaliser des essais sur des molécules en vue d'une homologation. Le CEFEL prône une stratégie durable portée sur la gestion intégrée des ravageurs et la lutte biologique, afin d'assurer une amélioration continue de la qualité des productions.



**Figure 2 :** Volume de production de pomme des principaux pays producteurs dans le monde en 2021 (Source : Statista.com)



**Figure 3 :** Indicateur de fréquence de traitement (IFT) moyen selon les espèces en 2015 (Source : Agreste - Enquête Pratiques culturales en arboriculture 2015)

## 1.2. Contexte général :

La pomme est le 3<sup>ème</sup> fruit le plus consommé au monde après les agrumes, la banane et le raisin (planetoscope). C'est aussi le 1<sup>er</sup> fruit le plus consommé et produit en France (planetoscope). Au niveau de la production mondiale, la France est classée 9<sup>ème</sup> et au niveau européen 5<sup>ème</sup> (**Figure 2**). A l'échelle nationale, il existe plus de 400 variétés de pommes, dont 3 variétés (Golden, Gala et Granny Smith) qui sortent du lot avec presque 50% de la production totale en 2022 (FranceAgriMer). Avec une agriculture de plus en plus tournée vers le bio (13,41% SAU en 2021 selon FranceAgriMer, la pomme de table est la première production fruitière certifiée bio sur l'année 2019 (l'Agence Bio).

Cependant, les producteurs doivent relever le défi de réduire les pertes causées par les ravageurs en réduisant leur recours aux traitements chimiques en Agriculture Biologique (AB) et en Production Fruitières Intégrées (PFI). Dans le but de protéger les plantes des insectes se développant pendant la culture, l'utilisation d'insecticides est depuis longtemps l'option la plus économique. Cependant, les producteurs et le consommateur sont de plus en plus conscients des effets nocifs potentiels de ces produits chimiques sur la santé humaine et l'environnement. De ce fait, est né l'intérêt de développer des méthodes alternatives aux traitements chimiques. Le plan ministériel ECOPHYTO mis en place en 2008 prône la réduction d'utilisation des produits phytosanitaires de 50 % en 2018. Ce but n'étant pas atteint, un plan ECOPHYTO II à échéance 2025 a été relancé avec le même objectif.

Ce plan ECOPHYTO a encouragé les recherches de méthodes alternatives aux produits chimiques. En effet, en 2015, la pomme est la culture qui a nécessité le plus de traitements phytosanitaires en France, affichant un IFT (Indice de Fréquence de Traitements phytosanitaires) de 33,1 dépassant celui de la pêche et l'abricot (Agreste, 2018) (**Figure 3**). Un quart des traitements appliqués sur la pomme sont des insecticides. Environ 60 espèces d'arthropodes phytophages sont considérées comme des ravageurs du pommier (Jenser *et al.*, 1999). Le puceron cendré (*Dysaphis plantaginea*, Passerini) est connu pour être l'un des ravageurs les plus nuisibles, causant des pertes économiques importantes (Blommers *et al.*, 2004; Albert *et al.*, 2017), mais aussi pour sa capacité à développer des résistances aux insecticides (Bylemans, 2000).

Dans le but de réduire les populations de pucerons cendrés du pommier en diminuant le recours aux insecticides de synthèse, des produits de biocontrôle, des Préparations Naturelles Peu Préoccupantes (PNPP), des méthodes culturales (plantes de service, défoliation) et des méthodes physiques (argile) sont testés en AB et en PFI.

La mise en œuvre du programme « Plan alternatives d'urgence phytosanitaire Fruits et Légumes », par le Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes (CTIFL), en partenariat avec les co-réalisateurs du CEFEL et SudExpé s'inscrit dans cette démarche de



l'utilisation de produits phytosanitaires respectueux de l'environnement. Ce plan d'urgence a débuté en 2022 et est financé par la Direction Générale d'Enseignement et de Recherche (DGER) et Interfel.

L'un des axes de recherches de ce plan d'urgence phyto est la maîtrise du puceron cendré. Il fait appel à une stratégie prophylactique associée à une lutte de printemps allégée et tenant compte des futures restrictions réglementaires liées à l'utilisation des produits phytosanitaires en AB et en PFI.

### 1.3. Objectif du stage :

C'est dans le cadre de ce plan d'urgence que j'effectue mon stage. En effet depuis le retrait des néonicotinoïdes en 2018 qui étaient considérés comme le traitement principal contre le puceron cendré, d'autres molécules dans le but de les remplacer ont été appliquées.

L'une des missions de mon stage, consiste à évaluer les moyens de gestion durable du puceron cendré. L'objectif étant d'étudier l'efficacité d'un produit ou l'association de plusieurs produits phytosanitaires contre le puceron cendré, appliqués uniquement en automne ou uniquement au printemps, ainsi que l'efficacité de la combinaison de ces deux stratégies, appliquées en verger de pommiers conduit en AB et en PFI.

Le but de ces positionnements de traitement, est d'obtenir une situation maîtrisable qui permettra aux producteurs de se passer de certains insecticides et de laisser les auxiliaires réguler la dynamique des pucerons.

### 1.4. Le pommier :

Le pommier domestique (*Malus domestica*) est une espèce d'arbre fruitière, pérenne, à feuilles caduques originaire d'Asie et du Caucase (Trillot *et al.*, 2002), qui appartient à la famille des rosacées, à la sous famille des pomoïdées et au genre *Malus*. Il comprend entre 25 à 30 espèces avec plusieurs sous espèces (Trillot *et al.*, 2002). Sa hauteur peut aller de 2 à 15 mètres selon les variétés.

L'inflorescence chez le pommier est un corymbe à floraison centrifuge. Bien que les fleurs du pommier soient hermaphrodites, elles ont une préférence pour l'allogamie, celle-ci est due soit à une stérilité du pollen, soit à une auto-incompatibilités, d'où la nécessité d'utiliser une autre variété comme pollinisateur (Trillot *et al.*, 2002). Les abeilles domestiques sont les principaux vecteurs de pollen du pommier (Földesi *et al.*, 2016), elles représentent 60-90% de la faune polinisatrice (Trillot *et al.*, 2002). Dans la majorité des cas, le pommier est issu de l'union par greffage du porte-greffe et de la variété choisie. C'est le porte-greffe M9 qui est le plus utilisé en Europe (jardinsdefrance.org), il représente 85% de la production française de porte-greffe certifiés (Trillot *et al.*, 2002). Ce dernier assure une productivité rapide et régulière, donnant des fruits bien calibrés, ainsi qu'une compatibilité assez élevée avec les greffons. Le cycle de développement du pommier débute en automne, après la récolte. Les feuilles chutent et l'arbre commence son repos hivernal.

## Repos hivernal



**00 (A)**  
Bourgeon d'hiver  
Les bourgeons sont fermés et recouverts de leurs écailles protectrices. Ils sont en dormance.

## Débourrement printanier



**51 (B)**  
Gonflement des bourgeons  
L'écartement du printemps entraîne les premiers gonflements de bourgeons floraux.



**53 (C)**  
Éclatement des bourgeons  
Les extrémités des feuilles entourant les fleurs sont visibles.



**54 (C3)**  
Oreille de souris  
Les extrémités des feuilles dépassent les écailles de 10 mm, les premières feuilles se séparent.

Ces illustrations reprennent les différents stades de développement du bourgeon au fruit auxquels les pomiculteurs se réfèrent tout au long de la saison pour raisonner leurs pratiques. Les codes BBCH (ici de 00 à 89) et Baggioini (ici de A à N) sont des langages universels permettant d'identifier les stades phénologiques d'une plante.

## Induction florale



**56 (D)**  
Bouton vert  
Les fleurs encore fermées commencent à se séparer.



**57 (E)**  
Bouton rose  
Les sépales s'ouvrent légèrement, les pétales s'allongent et deviennent visibles.



**59 (E2)**  
Ballonnet  
La plupart des fleurs forment avec leurs pétales un ballon creux.



**61 (F)**  
Début floraison  
Émission 10% des fleurs sont ouvertes.



**65 (F2)**  
Pleine floraison  
Plus de 50% des fleurs sont ouvertes, les premiers pétales tombent.



**67 (G)**  
Floraison déclinante  
La plupart des pétales sont tombés.



**69 (H)**  
Fin floraison  
Tous les pétales sont tombés. Le réceptacle floral se transforme en fruit.

## Développement des fruits



**71 (I)**  
Nouaison  
Le diamètre des fruits atteint 10 mm. La chute physiologique débute.



**72 (J)**  
Taille noisette  
Le diamètre des fruits grossit jusqu'à 20 mm.



**74 (K)**  
Stade T : basculement des fruits  
Le fruit prend sa position définitive sur la branche, attiré par le gravité. Son diamètre peut atteindre 40 mm.



**77 (L)**  
Croissance des fruits  
Les fruits atteignent leur taille définitive.



**81 (M)**  
Début maturation  
Les fruits sont entés à leur taille finale, le couleur spécifique de la variété apparaît.



**85**  
Maturité optimale  
La coloration spécifique de la variété s'intensifie.



**87-89 (N)**  
Récolte pleine maturité gustative  
Les fruits atteignent leurs qualités organoleptiques optimales.

Figure 4 : Illustration des stades phénologiques du pommier (source : Vergers écoresponsibles)



Figure 5 : Différentes techniques d'éclaircissages sur les pommiers

A : Éclaircissage mécanique (source : réussir.fr), B : Éclaircissage manuel (source : parlimage.org), C : Éclaircissage chimique (source : Crop Science Bayer Belgique)

Le printemps suivant les bourgeons hivernaux gonflent et débourrent, donnant des méristèmes soit floraux soit végétatifs, leur différenciation se faisant lors de la mise en place des bourgeons de vernalisation. Les méristèmes végétatifs donneront des pousses et les méristèmes floraux donneront un corymbe. Ensuite, les boutons floraux se développent et la première fleur éclo, suivie par les autres fleurs qui composent le corymbe. Les pommiers fleurissent entre la mi-mars et le mois d'avril, plus ou moins précocement selon la variété et la latitude. Après la pollinisation les pétales chutent, la nouaison commence et les fruits se développent jusqu'à atteindre leur maturité. Les méristèmes végétatifs donneront des bourgeons apicaux et latéraux, végétatifs ou floraux qui entreront en dormance durant l'hiver. Le développement du pommier se découpe en plusieurs stades phénologiques selon l'échelle utilisée. L'échelle de Baggiolini subdivisée en 16 stades (de A à P) (Baggiolini, 1952) décrit les principaux stades repères des arbres fruitiers, c'est le code le plus couramment utilisé (Bloesch and Viret, 2013). En 1990 L'échelle BBCH (Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie) qui adopte un code décimal (de 00 à 100) a permis d'uniformiser la description et le développement de l'ensemble des plantes cultivées, facilitant l'échange de données informatiques pour les chercheurs, techniciens et praticiens, en se découpant en 5 stades principaux (**Figure 4**) (Bloesch and Viret, 2013).

Une bonne conduite d'arbre est primordiale pour conserver la pérennité du pommier. Elle passe notamment par la fertilisation et la préparation du sol avant plantation. Des interventions de tailles et éclaircissages (**Figure 5**) sont essentielles pour le maintien de la production et la maîtrise de la charge de l'arbre. Parmi les techniques d'irrigations privilégiées, l'irrigation par aspersion (sur ou sous frondaison), celle-ci distribue l'eau de façon comparable à la pluie, elle est utilisée aussi comme moyen de protection du verger contre le gel. L'autre technique est l'irrigation localisée (goutte-à goutte ou mini-diffuseurs). Cette dernière permet un apport en eau fréquent, régulier et localisé au niveau des racines. Créant ainsi une zone appelée bulbe, permettant à la plante de s'alimenter.

Le gel de printemps et la grêle constituent un réel problème pour les arboriculteurs. Ces fléaux climatiques provoquent des brûlures au niveau des fleurs, des déformations et des pertes de fruits. Pour y faire face, des brassages d'air avec des tours à vent et des bougies antigel sont privilégiés pour se protéger contre le gel. Concernant la grêle, le moyen de lutte entrepris est l'utilisation de filets paragrêles.

Enfin, une bonne conduite nécessite une protection du verger contre les maladies fongiques telles que la tavelure et l'oïdium, ou bien bactériennes comme le feu bactérien. Mais également contre les insectes ravageurs que sont les carpocapses, les acariens et les pucerons. L'un des plus redoutables est le puceron cendré, lequel est responsable d'énormes pertes sur pommier (Trillot *et al.*, 2002).



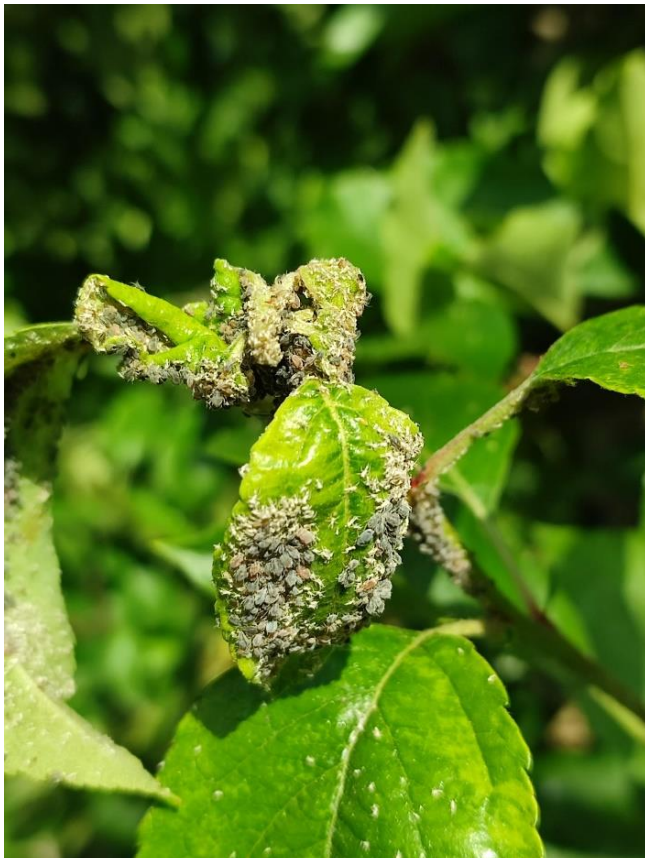
*Dysaphis plantaginea* © INRA, Bernard Chaubet

**Figure 6 :** *Dysaphis plantaginea* sous la forme aptère (source : INRAE, Bernard Chaubet)



*Dysaphis plantaginea* © INRA, Bernard Chaubet

**Figure 7 :** *Dysaphis plantaginea* sous la forme ailée (source : INRAE, Bernard Chaubet)



**Figure 8 :** Déformation de feuilles causée par le puceron cendré (source personnelle)

## 1.5. Le puceron cendré :

### 1.5.1. Généralité sur les pucerons cendrés :

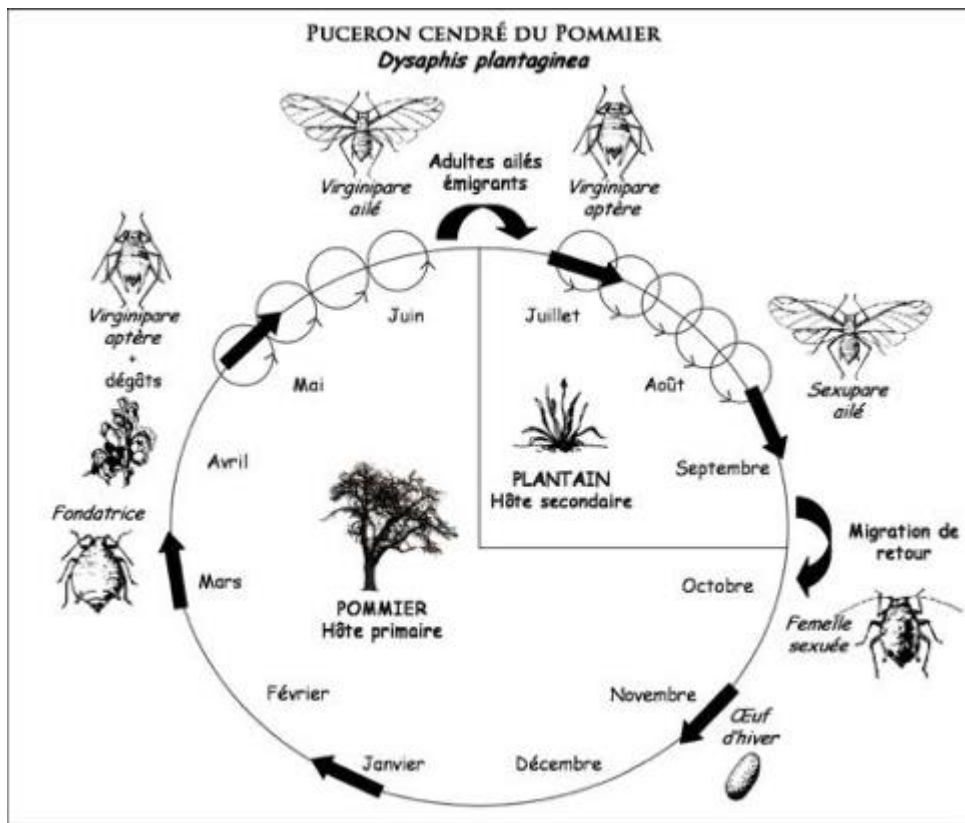
Les pucerons sont des insectes hémiptères qui appartiennent à la famille des aphididés. Ils se présentent sous une forme aptère globuleuse (1,8 à 2,4 mm) de couleur vert olive ou rose vineux, recouvert d'une pulvérulence blanche à grisâtre (**Figure 6**). La forme ailée de *D. plantaginea* est reconnue par la présence d'une plaque sombre perforée à l'extrémité de l'abdomen et deux paires d'ailes (**Figure 7**). Il en existe à peu près 4500 espèces identifiées dans le monde, dont un peu plus de 600 espèces sont répertoriées en France (Ricard *et al.*, 2012). Il est largement répandu en Europe, au Nord d'Afrique et au Nord d'Amérique mais également en Asie (Olvera-Vazquez *et al.*, 2021). L'origine du puceron cendré (*Dysaphis plantaginea*, Passerini) reste encore inconnue, à l'exception de quelques documents historiques qui attestent que son introduction en Amérique du Nord est récente (1890) (Footitt *et al.*, 2006).

L'une des hypothèses, est qu'il serait associé à *Malus sieversii*, l'ancêtre primaire de la pomme cultivée (*M. domestica*) (Olvera-Vazquez *et al.*, 2021) et qu'il aurait ensuite colonisé l'Europe au cours du voyage de la pomme cultivée le long des Routes de la Soie, de l'Asie vers l'Europe. Il est également possible que le puceron rose du pommier ait colonisé son hôte cultivé en Europe rapidement, il y a environ 1 500 ans, lorsque les Grecs ont apporté la pomme cultivée en Europe depuis l'Asie centrale (Cornille *et al.*, 2019).

### 1.5.2. Dégâts du puceron cendré :

*Dysaphis plantaginea* est le puceron le plus dommageable sur pommier (Trillot *et al.*, 2002). Il est doté d'un système buccal de type piqueur-suceur qui va transpercer la paroi végétale grâce au stylet. Ce système va lui permettre de se nourrir exclusivement de la sève élaborée de l'hôte, provoquant ainsi l'affaiblissement de la plante (Alhmedi *et al.*, 2022). Le puceron cendré s'attaque à plusieurs organes du pommier entre Avril-Juillet (Agrifind.fr), engendrant ainsi des dégâts à plus ou moins longs termes. En effet, l'attaque du ravageur sur la face inférieure des feuilles va provoquer l'enroulement et la déformation de celle-ci (**Figure 8**), impactant la photosynthèse et par conséquent la production du verger (Alhmedi *et al.*, 2022). Les piqûres de ce puceron ont également des répercussions sur les pousses (arrêt de croissance), provoquant des pseudogalles et ainsi la déformation des rameaux (Trillot *et al.*, 2002; Ismail *et al.*, 2022). De plus *D. plantaginea* vise les jeunes fruits par la sécrétion de miellat, qui en soit n'est pas toxique, mais lorsqu'il est en quantité abondante constitue un terrain de croissance favorable à la fumagine, responsable du blocage de la respiration et l'assimilation chlorophyllienne (Angeli and Simoni, 2006) engendrant par la suite une déformation de la pomme.

Les ravages causés sur différents organes du pommier par l'infestation du puceron cendré, impactera non seulement la production de l'année en cours, mais aussi celles des années suivantes (Alhmedi *et al.*, 2022).



**Figure 9 :** Cycle biologique du puceron cendré (source : Delphine Bourdais)

### 1.5.3. Cycle biologique du puceron cendré :

Le puceron cendré est une espèce holocyclique qui se reproduit par deux mécanismes, la reproduction asexuée (parthénogenèse) et la reproduction sexuée. C'est aussi une espèce dioécique, qui achève son cycle de vie sur deux plantes hôtes successives (**Figure 9**), avec le pommier (*Malus domestica*) comme plante hôte primaire ou d'hiver et le plantain (*Plantago spp*) comme plante hôte secondaire, principalement le Plantain lancéolé (*Plantago lanceolata* L) (Dib *et al.*, 2010). Le *P. lanceolata* est une plante à feuilles étroites, herbacée de la famille des plantaginacées et l'une des 250 espèces du genre *Plantago* L (Pol *et al.*, 2021).

Comme d'autres pucerons dioéciques, l'espèce hiverne sous forme d'œufs sur sa plante hôte principale. Ces œufs éclosent au début du printemps au moment du débourrement du pommier et donnent naissance à plusieurs générations de larves femelles aptères (Brown and Mathews, 2007). Ces larves se nourrissent de la face inférieure des jeunes feuilles de pommier pour devenir les futures fondatrices (Blommers *et al.*, 2004). Ces dernières vont alors se multiplier par parthénogénèse engendrant les fondatrigenes (femelles parthénogénétiques) sous forme d'aptères pour la plupart (Turpeau *et al.*, 2023). Deux à sept générations se succèdent exponentiellement sur le pommier, cette surpopulation marque l'apparition croissante des fondatrigenes ailées qui vont migrer fin juin vers le plantain (Cockfield *et al.*, 2011).

Comme sur le pommier, la propagation asexuée par des femelles aptères produisant des filles similaires, se poursuit pendant quelques générations jusqu'à mi-septembre. L'accourcissement du jour pendant l'automne, induit le début de la période annuelle de reproduction sexuée (Bonnemaison, 1965) avec l'apparition de sexupares ailés. Les femelles ailées (les gynopares), font leur apparition en premier en automne (Blommers *et al.*, 2004). Elles doivent trouver un pommier, où elles donneront naissance à des femelles sexuées (les ovipares).

Quelques semaines plus tard, des mâles ailés commencent à apparaître sur le plantain, et ces derniers migrent également vers l'hôte primaire, où ils s'accouplent avec les ovipares maintenant adultes, leur permettant de produire des œufs fertiles (Turpeau *et al.*, 2023). Ces formes sexuelles sont adaptées pour vivre sur les vieilles feuilles et ne produisent aucun symptôme car la croissance des pousses des pommiers s'arrête normalement avant septembre et la chute des feuilles commence à la fin octobre (Blommers *et al.*, 2004). Les œufs étant pondus peu avant l'hiver, un écart d'environ 6 mois sépare l'infestation du pommier par le *D. plantaginea* et l'apparition des premiers dégâts (Blommers *et al.*, 2004).

### 1.5.4. Méthodes de lutte contre le puceron cendré :

Plusieurs méthodes existent pour lutter contre le puceron cendré en verger Bio et PFI. Elles peuvent être directes, en entraînant la mort du ravageur quel que soit son stade de développement sur le pommier, ou bien indirect, en perturbant le cycle de développement du puceron cendré. Elles réduisent sa population et ainsi limitent les apports de produits phytosanitaires. Contrairement aux méthodes de lutte directe, les méthodes de lutte indirecte ne sont pas létales contre le puceron cendré.



#### 1.5.4.1. Méthodes de lutte directe :

##### 1.5.4.1.1. Les aphicides :

Les aphicides sont des insecticides destinés à détruire les pucerons. Ils peuvent être des produits de biocontrôle généralement utilisés en AB, comme l'Ovipron® (huiles de paraffine). Ces huiles sont privilégiées pour leur capacité d'asphyxier les œufs à l'automne, bien qu'elles engendrent un risque sur les auxiliaires par leur mode d'action non sélectif (Desfemmes, 2012). Cependant d'après des essais du CEFEL, ces huiles ont une efficacité assez limitée sur des fortes populations de pucerons (Ballion, 2022), confirmant ainsi les résultats obtenus par BERUD *et al.*, 2016).

Le Flipper® (savon potassique) et le Limocide® (huile extraite d'orange douce) sont des insecticides de contact appliqués en préfloraison. En pénétrant au travers de la cuticule du puceron cendré, le Flipper® désorganise la matrice de lipoprotéines et induit une perturbation des fonctionnalités cellulaires, entraînant ainsi la mort de l'insecte. Le Limocide® provoque un choc curatif qui assèche le corps du puceron cendré et l'éradique directement.

Des interventions répétées du Flipper® et du Limocide® en préfloraison testées au CEFEL, n'ont pas montré d'efficacité satisfaisante (Ballion, 2022). Seul le traitement au Neemazal® et à l'Oïkos® ont présenté de bons résultats. Ces deux derniers sont des produits phytosanitaires naturels, à base d'huile de neem (Azadirachtine)

En PFI, c'est les aphicides synthétiques qui sont principalement utilisés notamment le Karaté Zeon® (lambda-cyhalothrine) qui reproduit l'action des pyréthrinés. Une pulvérisation de ce composé chimique à l'automne dès l'arrivée des ovipares sur le pommier, provoque une paralysie puis la mort du *D. plantaginea* (Alins *et al.*, 2017). D'autres produits comme le Karaté K® (lambda-cyhalothrine + pyrimicarbe) ou le Klartan Jet® (tau-fluvalinate + pyrimicarbe) allient une complémentarité de deux modes d'action leur permettant d'élargir le spectre d'efficacité contre le puceron. Le Neudosan® également utilisé lors du vol retour des pucerons à l'automne est un insecticide de contact à base d'acides gras et de sels de potassium dont la substance active déshydrate le corps du puceron conduisant à sa mort (Certiseurope.fr). Le Movento® (spirotetramat) découvert par les recherches de Bayer CropScience AG, est un insecticide dérivé de l'acide tétramique qui agit comme un inhibiteur de la biosynthèse des lipides (Brück *et al.*, 2009). Le Teppeki® (flonicamide) est un autre produit systémique utilisé pour son mécanisme d'inanition basée sur l'inhibition de la pénétration du stylet dans le tissu de la feuille du pommier (Liu *et al.*, 2014). Un nouveau produit développé par la société Sumiagro n'entrant pas dans la réglementation phytopharmaceutique, est le Nori pro® (polymère de silicone et siloxane). Il agit comme une barrière physique en créant un filet à la surface de la feuille qui va immobiliser et asphyxier le puceron (Sumiagro.fr).

#### 1.5.4.2. Méthodes de lutte indirecte :

##### 1.5.4.2.1. La perturbation visuelle :

Cette lutte consiste à perturber le vol retour du puceron cendré vers le pommier en brouillant



ses repères et faire en sorte qu'il ne retrouve pas le pommier pour poursuivre son cycle de développement en automne. Pour cela l'un des moyens utilisé est la pulvérisation d'argile minérale. A l'origine l'argile minérale était utilisé dans la production fruitière intégrée pour protéger les fruits du soleil en formant un film de particules réfléchissantes à leur surface (Bürgel *et al.*, 2005). Celui-ci s'est révélé avoir un effet barrière contre les insectes notamment le *D.plantaginea* en enrobant le pommier et en modifiant l'appétence de ses feuilles, le rendant méconnaissable en tant qu'hôte au sens visuel ou tactile (Markó *et al.*, 2008). Ainsi l'application de l'argile minérale en automne pourrait empêcher les gynopares et les mâles ailés de se poser sur les pommiers.

Bien que les recherches de (Andreev *et al.*, 2012) présentaient l'efficacité de deux applications de Kaolin dans la lutte contre le puceron cendré, d'autres recherches plus récentes d'Alins *et al.*, 2017; Ballion, 2022 ont démontré l'inefficacité de celui-ci contre le puceron cendré, notamment du fait de la difficulté à garder le feuillage blanc durant un automne pluvieux.

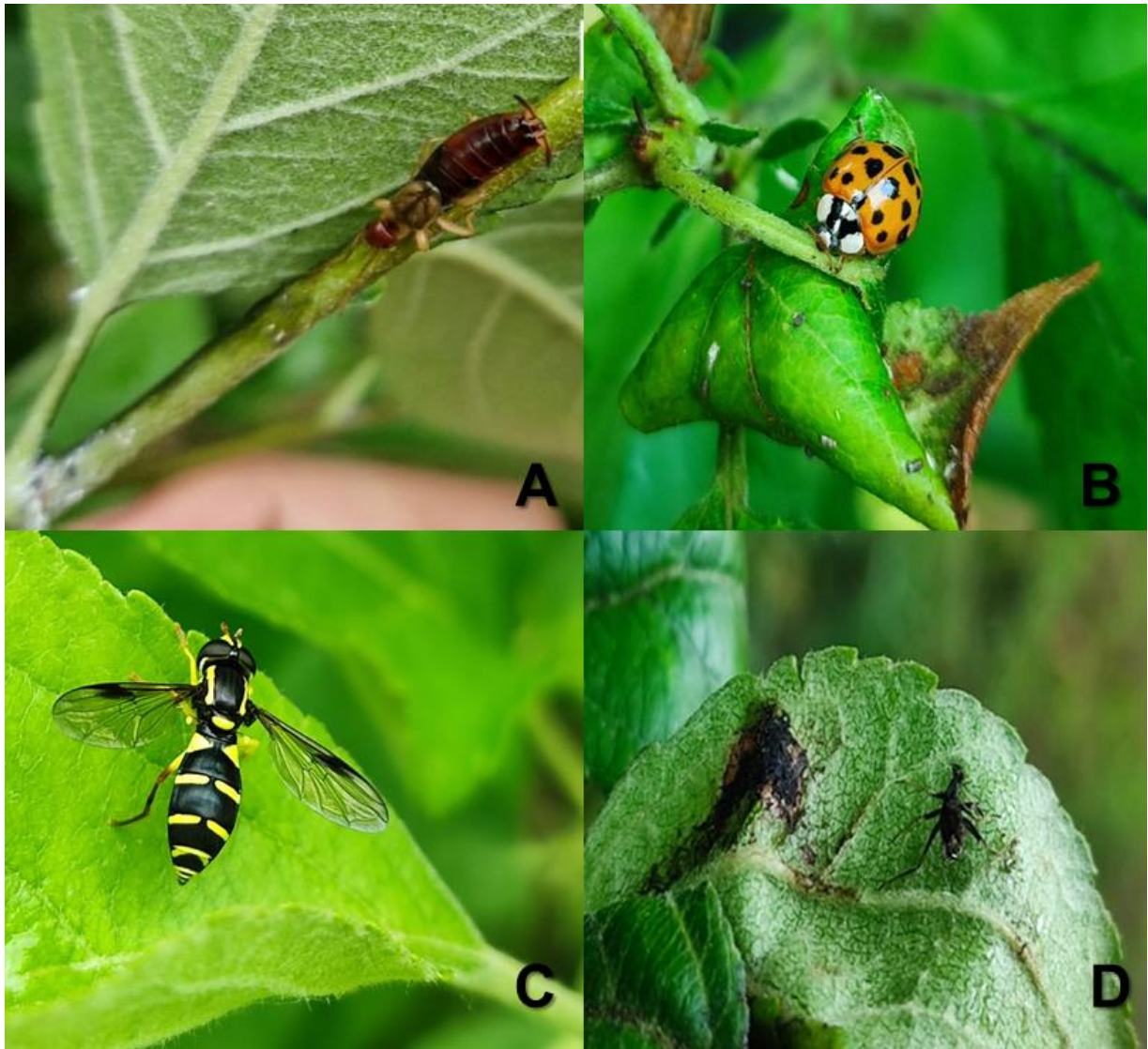
La défoliation automnale, est un autre moyen de perturbation du vol retour du puceron cendré vers le pommier. Elle engendre une chute précoce des feuilles, manuellement (Andreev *et al.*, 2012) ou bien à l'aide de produits défoliant tel que le chélate de cuivre ou le sulfate de zinc (Ballion, 2022). Ces deux méthodes de défoliation vont réduire l'appétence des ovipares et des gynopares pour le pommier et donc décroître la colonie de pucerons (Alins *et al.*, 2017). Les expérimentations du CEFEL (Ballion, 2022) ont donné des résultats encourageants pour la défoliation avec des chélates de cuivre, contrairement au sulfate de zinc qui lui aboutissait seulement à une décoloration du feuillage sans défoliation. Cette décoloration ne semble pas perturber la reconnaissance du pommier par le puceron cendré. De plus le sulfate de zinc peut constituer un risque de toxicité racinaire à des doses élevées (Duval-Chabousseau *et al.*, 2023).

Bien qu'il n'y ait pas de doute sur l'efficacité de la défoliation automnale (Andreev *et al.*, 2012; Alins *et al.*, 2017), il existe des variétés qui ne sont pas concernées par la réussite de cette technique (Ballion, 2022). En effet il s'avère que toute intervention sur les variétés tardives dont la récolte se fait après la mi-octobre, serait vouée à l'échec (Ballion, 2022) du fait des délais avant récoltes qui doivent être respectés. .

#### **1.5.4.2.2. Plantes de service :**

L'introduction de plantes de services (PdS) qu'elles soient répulsives et/ou perturbatrices de l'établissement des ravageurs, plantées en association avec ou à proximité de la culture à protéger, peut réduire l'abondance des ravageurs et les dégâts dans les agrosystèmes (Dardouri *et al.*, 2021). Les composés organiques volatils (COV) émis par les plantes compagnes sont principalement responsables de ces effets (Ben-Issa *et al.*, 2017).

Les COV sont des signaux olfactifs qui jouent un rôle important dans l'écologie chimique des pucerons, notamment dans la localisation de la plante hôte et l'estimation de la qualité de son habitat (Dardouri *et al.*, 2021). Dans la nature, le puceron perçoit des COV attractifs ou neutres (Dardouri *et al.*, 2021), mais aussi répulsifs ou perturbateurs, généralement émis par des plantes non hôtes (Dardouri *et al.*, 2019). En plus de repousser le puceron ailé lors de la phase de



**Figure 10** : Illustration d'auxiliaires de pucerons cendrés sur feuilles de pommiers (source personnelle)

**A** : Perce- oreille, **B** : Coccinelle, **C** : Syrphe, **D** : Araignée

localisation de sa plante hôte, ces volatils peuvent aussi faire fuir le puceron aptère, même après qu'il se soit fixé sur sa plante hôte (Dardouri et al., 2021).

En effet Dieudonné *et al.*, 2022 a mis en évidence l'effet répulsif de certaines PdS (menthe poivrée, *Mentha piperita.*, lavandin, *Lavandula intermedia.*, et romarin, *Salvia rosmarinus*) vis-à-vis du puceron cendré. D'après une équipe de recherche de l'INRAE d'Avignon (Dieudonné *et al.*, 2022), la production olfactive du basilic (*Ocimum basilicum*) et du souci (*Calendula officinalis*) diminuait également la fécondité du puceron en laboratoire. De plus toujours selon les chercheurs de l'INRAE d'Avignon (Dieudonné *et al.*, 2022), la culture intercalaire d'un verger de pommiers avec ces plantes semble favoriser la présence d'ennemis naturels du puceron. Ainsi, l'introduction de PdS pourrait constituer une stratégie pertinente pour réduire la pression de ce ravageur.

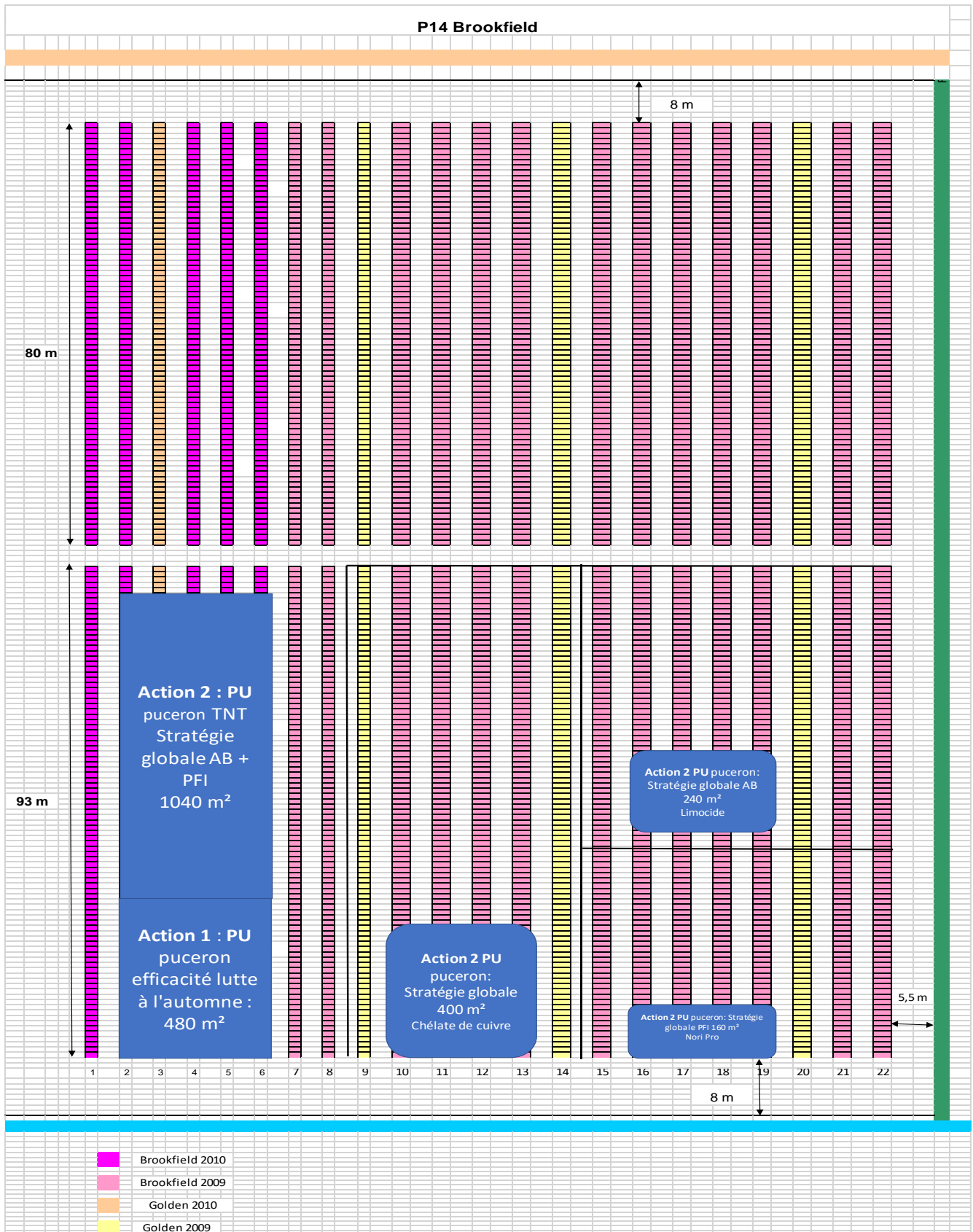
#### 1.5.4.2.3. Lutte biologique par conservation :

La lutte biologique par conservation, vise à modifier l'environnement afin d'augmenter et protéger la population d'auxiliaires naturellement présentes dans le milieu. Les recherches d'Albert *et al.*, 2017 ont rapporté que cette communauté d'ennemis naturels pourrait jouer un rôle dans le contrôle biologique du puceron. Cette communauté est majoritairement composée de syrphes, de coccinellides, de parasitoïdes, de perces-oreilles, d'araignées et d'Aphidoletes (**Figure 10**).

L'abondance de ces ennemis naturels dans les vergers dépend de l'abondance du puceron cendré et sur la pression de prédation intragilde (Albert *et al.*, 2017). La dynamique des populations du puceron cendré dépend également de la présence de fourmis dans la colonie, car *D. plantaginea* est couramment fréquenté par les fourmis (Albert *et al.*, 2017). Les interactions entre les fourmis et les pucerons myrmécophiles sont bénéfiques aussi bien pour l'un que pour l'autre. En effet les fourmis sont alimentées en sucre par le miellat des pucerons tandis que les pucerons sont protégés par les fourmis contre leurs ennemis naturels (Albert *et al.*, 2017). Ainsi, la relation entre les deux arthropodes améliore le taux de reproduction des pucerons cendrés en réduisant la prédation de leurs ennemis naturels (Miñarro *et al.*, 2010).

Pour faire face à cette relation mutualiste entre les pucerons et les fourmis, l'introduction de bandes fleuris en verger de pommiers favoriserait la communauté d'ennemis naturels (Albert *et al.*, 2017), notamment les syrphes ceinturés (*Episyrphus balteatus*) connus pour être les prédateurs les plus efficaces du *D. plantaginea* (Dib *et al.*, 2010) grâce à une précocité de prédation sur le puceron cendré contrairement aux autres ennemis naturels dont l'arrivée est souvent tardive et donc moins efficace (Dib *et al.*, 2010).

De plus de l'influence positive des bandes fleuries sur la réduction des pucerons cendrés, ces infrastructures écologiques pourraient également réduire la présence des fourmis, en fournissant des ressources alternatives au miellat (Albert *et al.*, 2017). Car effectivement des études de Katayama *et al.*, 2013 ont montré que le nectar extrafloral était plus attractif pour les fourmis que le miellat de pucerons.



**Figure 11 : Plan des essais réalisés à la parcelle 14 du CEFEL (source : CEFEL)**

## 2. Matériel et méthodes

### 2.1. Présentation du site :

Les essais sont réalisés au CEFEL, 49 chemin des Rives, 82000 MONTAUBAN (France) à la parcelle 14 pour une surface de 1,5 ha en plaine où le sol est limono-argileux.

### 2.2. Matériel végétal :

Les pommiers étudiés sont des variétés de Gala Brookfield® Baigent provenant de pépinières. Elles sont greffées sur M9 (porte-greffe Pajam®1 Lancep). Des variétés de Golden sont également implantées en tant que pollinisateurs au sein de la parcelle. Le verger est en 14e feuille (Année de plantation 2009). Il est conduit en PFI et il est protégé par un filet Alt'Carpo contre le carpocapse. La distance de plantation des pommiers est de 4m x 1m, soit 2500 arbres par hectare. Le système de conduite des pommiers est en axe, l'irrigation se fait par micro-aspersion sous frondaison et l'inter-rang est enherbé

### 2.3. Suivi biologique :

Le suivi du vol retour des pucerons ailés en automne et l'émergence des fondatrices au printemps, est réalisé avec des cuvettes jaunes et un outil d'aide à la décision (OAD) Rimpro. Ces deux méthodes sont essentielles pour le positionnement des traitements afin de cibler le maximum de pucerons.

Rimpro est un OAD créé en 1990 par Marc Trapman. Il est utilisé dans la prédiction des risques d'infections par les bioagresseurs et ravageurs, principalement en arboriculture et en viticulture.

Le modèle Rimpro (version BETA) est le logiciel utilisé pour le suivi de pucerons cendrés. Il prend en compte les données météorologiques (humectation, hygrométrie, pluviométrie et température) ainsi que la durée du jour. Ces éléments lui permettent de prédire et simuler l'éclosion des œufs, le développement des fondatrices et le vol retour des ailés. Ainsi les traitements sont ajustés pour réduire l'utilisation des produits phytosanitaires tout en contrôlant l'infestation des pucerons.

### 2.4. Dispositif expérimental :

Les 3 essais sont conduits en bloc de Fisher pour un seul facteur étudié. Les modalités sont disposées aléatoirement au sein des 4 blocs, qui constituent chacun un rang. Ainsi chaque modalité est répétée 4 fois, chaque répétition représente une parcelle élémentaire de 5 arbres distants d'un mètre (seuls les 3 arbres du milieu sont dédiés aux observations). La parcelle est divisée en 5 zones (**Figure 11**) :

**Action 1 PU** : 480m<sup>2</sup>

**Action 2 PU (AB + PFI)** : 1040 m<sup>2</sup>

**Action 2 PU (AB +PFI Chélate de cuivre)** : 400 m<sup>2</sup>.

**Action 2 PU (AB Limocide®)** : 240 m<sup>2</sup>.

**Action 2 PU (PFI Nori Pro®)** : 160 m<sup>2</sup>.

**Tableau I : Synthèse des dates et des traitements prophylactiques réalisés à l'automne**

	Automne	Automne	Stratégie printemps			
Date de traitement	Repos d'hiver 8/11/2022	Repos d'hiver 24/11/2022				
M1						
M2	Karate K					
M3	Flipper	Flipper				
M4	Limocide	Limocide				
M5	Nori Pro	Nori Pro				
M6	Neudosan	Neudosan				

**Tableau II : Synthèse des dates et des traitements réalisés à l'automne et au printemps en AB**

	Automne	Stratégie de printemps					
Date de traitement	Repos d'hiver 16/11/2022 Limocide 24/11/2022 Limocide 14/11/2022 Ch-Cu	Sortie d'hiver 21/03/2023	Préflo1 28/03/2023	Préflo 2 06/04/2023	Flo 1 11/04/2023 Flipper 17/04/2023 Œufs de Chrysopes	Flo 2 17/04/2023 Flipper 27/04/2023 Œufs de Chrysopes	Post-flo 03/05/2023
B0							
B1		Ovipron	Ovipron	Neemazal			Neemazal
B2		Ovipron	Ovipron	Neemazal	Flipper	Flipper	
B3		Ovipron	Ovipron	Neemazal	Œufs de chrysopes	Œufs de chrysopes	
B4		Ovipron	Ovipron	Neemazal			Taille en vert
B5		Ovipron	Ovipron	Neemazal			
B6	Limocide x 2	Ovipron	Ovipron	Neemazal	Flipper	Flipper	
B7	Limocide x 2	Ovipron	Ovipron	Neemazal	Œufs de chrysopes	Œufs de chrysopes	
B8	Limocide x 2	Ovipron	Ovipron	Neemazal			
B9	Chélate Cu	Ovipron	Ovipron	Neemazal	Flipper	Flipper	
B10	Chélate Cu	Ovipron	Ovipron	Neemazal	Œufs de chrysopes	Œufs de chrysopes	
B11	Chélate Cu	Ovipron	Ovipron	Neemazal			

**Tableau III : Synthèse des dates et des traitements réalisés à l'automne et au printemps en PFI**

	Automne	Stratégie de printemps					
Date et stade de traitement	Repos d'hiver 16/11/2022 Nori Pro 24/11/2022 Nori Pro 14/11/2022 Ch-Cu	Sortie d'hiver 21/03/2023	Préflo1 28/03/2023	Préflo 2 06/04/2023	Flo 1 11/04/2023 Flipper 17/04/2023 Œufs de Chrysopes	Flo 2 18/04/2023 Flipper 27/04/2023 Œufs de Chrysopes	Post-flo 03/05/2023
P0							
P1		Ovipron +K Zéon	Teppeki	Klartan jet			Movento
P2		Ovipron +K Zéon	Teppeki	Limocide			Neemazal
P3		Ovipron +K Zéon	Karaté Zéon	Limocide			Neemazal
P4		Ovipron +K Zéon	Karaté Zéon	Limocide	Flipper	Flipper	
P5		Ovipron +K Zéon	Karaté Zéon	Limocide	Œufs de chrysopes	Œufs de chrysopes	
P6		Ovipron +K Zéon	Teppeki	Klartan jet			Taille en vert
P7		Ovipron +K Zéon	Teppeki	Klartan jet			
P8	Nori Pro	Ovipron +K Zéon	Karaté Zéon	Limocide	Flipper	Flipper	
P9	Nori Pro	Ovipron +K Zéon	Karaté Zéon	Limocide	Œufs de chrysopes	Œufs de chrysopes	
P10	Chélate Cu	Ovipron +K Zéon	Karaté Zéon	Limocide	Flipper	Flipper	
P11	Chélate Cu	Ovipron +K Zéon	Karaté Zéon	Limocide	Œufs de chrysopes	Œufs de chrysopes	

#### 2.4.1. Essai stratégie automnale (Action 1 PU) :

Dans cet essai, le positionnement des traitements est régi par le suivi des captures lors du vol retour. En 2022 le pic de vol du puceron cendré a été observé tardivement sur l'exploitation du CEFEL. La capture la plus importante a été relevée du 12 au 18 novembre avec 7 individus piégés. Les modalités représentent des traitements prophylactiques appliqués uniquement en automne et un témoin non traité M1 (**Tableau I**).

La modalité M2 est appliquée une fois et les modalités M3, M4, M5 et M6 sont appliquées deux fois à l'automne en encadrement du pic du vol retour. Les produits utilisés sont déjà détaillés (voir **méthodes de lutte directe 1.5.4.1 et indirecte 1.5.4.2**).

#### 2.4.2. Essai stratégie automne/printemps AB (Action 2 PU) :

Lors de cet essai, le traitement automnal est positionné de la même manière que l'essai stratégie automnale (**Action 1 PU**). Les premiers traitements printaniers sont réalisés dès l'apparition des fondatrices en sortie d'hiver afin d'asphyxier les œufs. Il est suivi de deux applications en préfloraison pour prévenir l'installation des foyers de pucerons. Les applications en floraison sont testées dans le but d'alléger la stratégie post-floraison. Des applications en post-floraison sont réalisées en relais d'un traitement pré-floral avant l'enroulement des feuilles afin de réduire la population des nouvelles générations de pucerons.

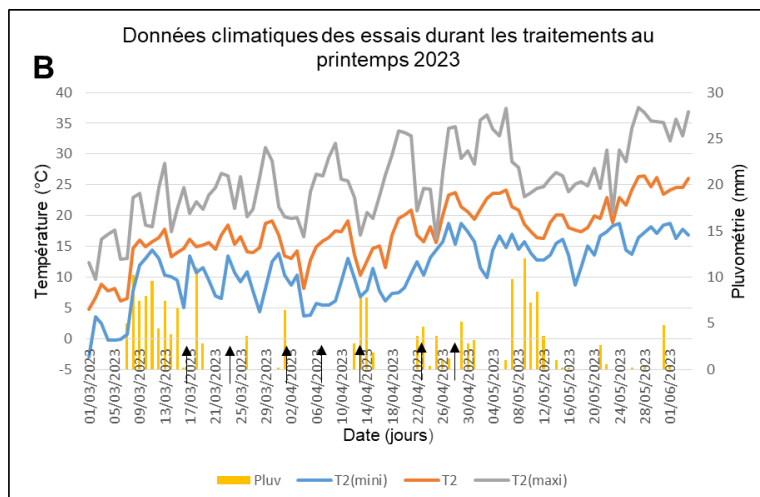
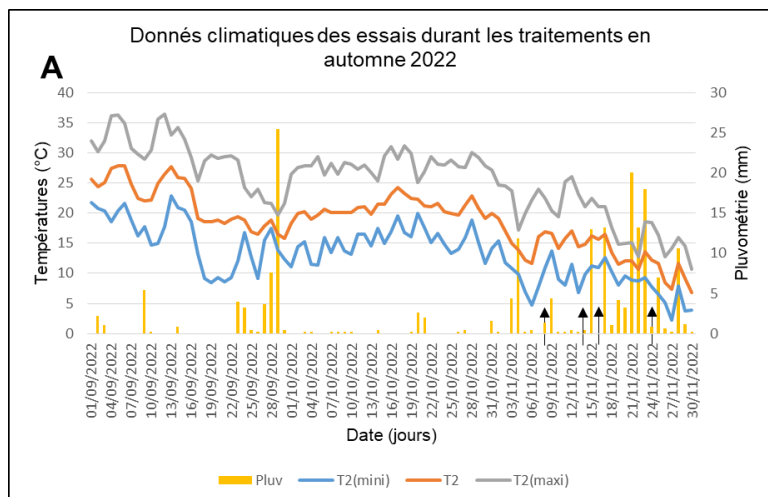
Cet essai prend en compte 11 modalités qui correspondent à des produits Bio sans produits de synthèse avec un TNT B0. Toutes les modalités traitées subissent la même application de produits en sortie d'hiver, préfloraison 1 et préfloraison 2 (**Tableau II**). Ces interventions à ces 3 stades précis représentent le traitement référence utilisé en AB. Ces modalités sont disposées sur 3 zones. Les modalités B1 à B5 sont uniquement traitées au printemps. Elles sont disposées sur la zone **Action 2 PU (AB + PFI)**. La modalité B1 est la référence. Les modalités B6, B7 et B8 sont disposées sur la zone **Action 2 PU (AB Limocide®)**. Elles présentent un traitement de lutte direct (aphicide naturel) à l'automne et des traitements printaniers. Les modalités B9, B10 et B11 sont des traitements de lutte indirecte par défoliation en hiver suivis de différentes applications au printemps. Elles sont placées dans la zone **Action 2 PU (AB + PFI Chélate de cuivre)**.

#### 2.4.3. Essai stratégie automne/printemps PFI (Action 2 PU) :

Lors de l'essai en PFI, le positionnement des traitements automnaux et printaniers suit le même schéma qu'en AB avec le même but d'alléger la stratégie post-floraison. Il comporte 11 modalités de produits synthétiques et une modalité TNT P0 (**Tableau III**) réparties en 3 zones. Les modalités P1 (référence) à P7 sont des traitements uniquement réalisés au printemps et appliqués sur la zone **Action 2 PU (AB+PFI)**. Les modalités P8 et P9 ont reçu l'application d'un produit « barrière physique » et de différents traitements au printemps sur la zone **Action 2 PU (PFI Nori Pro®)**. Les modalités P10 et P11 ont reçu l'application d'un produit défoliant en automne et de différents produits au printemps sur la zone **Action 2 PU (AB + PFI Chélate-Cu)**.

**Tableau IV** : Synthèse des produits commerciaux et d'emploi des traitements appliqués à l'automne et au printemps

Produit	Dose / ha	Produit	Dose / parcelle élémentaire (20 m <sup>2</sup> )
			Eau
Karaté K	1 L/Ha	2 mL	1 L
Karaté Zéon	0,075 L/Ha	0,15 mL	1 L
Klartan jet	2 L/Ha	4 mL	1
Flipper	5 L/Ha	10 mL	1 L
Neemazal	2 L/Ha	4 mL	1 L
Teppeki	0.14 Kg/Ha	0.280 g	1 L
Œufs de chrysope	200 000 œufs/Ha (0,02 kg/Ha)	0,04 g	1 L
Ovipron	20 L/Ha	40 mL	1 L
Nori Pro	0,75 L/Ha	1,5mL	1 L
Chélate Cu	12 L/Ha		24 ml
Neudosan	10 L/HA	20 mL	1 L
Limocide	2L/Ha	4 mL	1 L
Movento	1,9 L/HA	3,80 mL	1 L



**Figure 12** : Données climatiques de la zone des essais du CEFEL durant les traitements en automne 2022 (A) et au printemps 2023 (B) (Source : CEFEL)

**Pluv** : Pluviométrie (mm), **T2 (min)** : Température minimale (°C), **T2** : Température sec (°C), **T2 (max)** : Température maximum (°C)

Les flèches noires indiquent les dates d'application des traitements réalisés par le CEFEL

## 2.5. Produits et doses d'application :

Les traitements automnaux de l'action 2 PU sont réalisés à l'aide du pulvérisateur de l'exploitation et les traitements automnaux de l'action 1 PU ainsi que de printemps sont effectués avec un pulvérisateur à dos de marque Stihl® sur différents stades phénologiques du pommier. Ces deux actions sont préparées à un volume de bouillie de 500 litres / hectare (**Tableau IV**).

## 2.6. Conditions climatiques de la zone étudiée :

Le climat de la zone étudiée est océanique. De septembre à novembre 2022, le total de pluviométrie enregistré est de 193.6 mm et une température moyenne de 18.75°C (**Figure 12 A**). De mars à Juin 2023, la température moyenne est de 21°C et le cumul total des précipitations est de 324 millimètres (**Figure 12 B**).



## 2.7. Mesure et observation :

Lors de chaque application sur les 3 essais, un relevé du stade végétatif a été effectué. Un relevé journalier des conditions climatiques a ensuite été réalisé durant toute la période des essais.

L'observation de la pression du puceron cendré, a débuté dès l'apparition des premières fondatrices (début Mai) tous les 7 à 10 jours, et jusqu'à la chute des populations (fin Mai-début Juin). Elle est réalisée selon 2 paramètres :

### 2.7.1. Fréquence de pucerons :

Ce premier paramètre consiste à dénombrer 50 pousses à hauteur d'homme (25 pousses sur chaque face de l'arbre) sur la base des 3 arbres centraux de chaque parcelle élémentaire. Sur ces pousses, la fréquence de pucerons est notée par présence ou absence des pucerons.

### 2.7.2. Intensité des pucerons :

D'autres comptages sont également réalisés pour évaluer l'intensité de l'attaque des pucerons. C'est-à-dire le nombre de pucerons observés par foyer actif sur la base de 100 pousses (50 pousses de chaque face) sélectionnées aléatoirement par parcelle élémentaire réparti selon les classes suivantes :

**Classe A:** 0 puceron, **Classe B :** entre 1 et 5 pucerons, **Classe C :** entre 6 et 25 pucerons, **Classe D:** entre 26 et 50 pucerons, **Classe E :** entre 51 et 125 pucerons, **Classe E :** supérieur à 125.

## 2.8. Traitement de données :

### 2.8.1. Données fréquence de pucerons :

En premier lieu, l'ensemble des données collectées concernant les observations de fréquence de pucerons, sont converties en pourcentage afin d'être exploitées pour des analyses descriptives et statistiques. Elles sont ensuite traitées par le logiciel StatBox Agri. Ce dernier permet d'identifier d'éventuelles différences entre les modalités testées. Ainsi, un test d'analyse de variance (ANOVA) à un facteur est réalisé pour analyser les moyennes des différentes modalités. Deux hypothèses sont émises concernant ce test :

- o H0 : il n'y a pas de différence significative entre les moyennes des modalités.
- o H1 : il existe au moins une moyenne des modalités significativement différentes des autres moyennes des modalités.

L'hypothèse H0 est acceptée si P-value est supérieure au seuil alpha 0,05, alors que



l'hypothèse H1 est acceptée si P-value est inférieur au seuil alpha 0,05. Cependant avant de procéder à une ANOVA, il faut respecter 3 conditions :

La normalité des résidus en étudiant les coefficients d'aplatissement et de symétrie vérifiés par la méthode Pearson.

L'homoscédasticité des variances, est déterminée par le test de Bartlett réalisé sur les écarts types des résidus du facteur (Modalité) et des blocs.

Enfin la dernière condition à respecter est l'indépendance des résidus, vérifiée via la méthode de Grubbs grâce à la cartographie des résidus. Ensuite un test post-ANOVA de comparaison des moyennes (test de Newman et Keuls) est réalisé, dans le cas où l'ANOVA est significative (H0 rejetée).

Si l'une des 3 conditions citées précédemment n'est pas respectée, un test non paramétrique de Kruskal-Wallis (K échantillons indépendants) est effectué. Enfin si ce dernier est significatif, le test de Mann-Whitney (2 échantillons indépendants) est appliqué afin de comparer les moyennes deux à deux.

### 2.8.2. Données intensité de pucerons :

Afin de faire des analyses statistiques, l'intensité est traduite en fréquence de foyers actifs, en rassemblant les classes de B à F en un seul groupe. Cette analyse de données foyers actifs est traitée dans la partie fréquence.

En effet, les données collectées réparties en classes ne peuvent pas être analysées par des tests ANOVA. Ainsi une analyse descriptive est effectuée sur des histogrammes empilés présentant les différentes classes d'intensités.

### 2.8.3. Données efficacité des traitements :

L'efficacité des produits testés est calculée selon la formule d'Abbot :

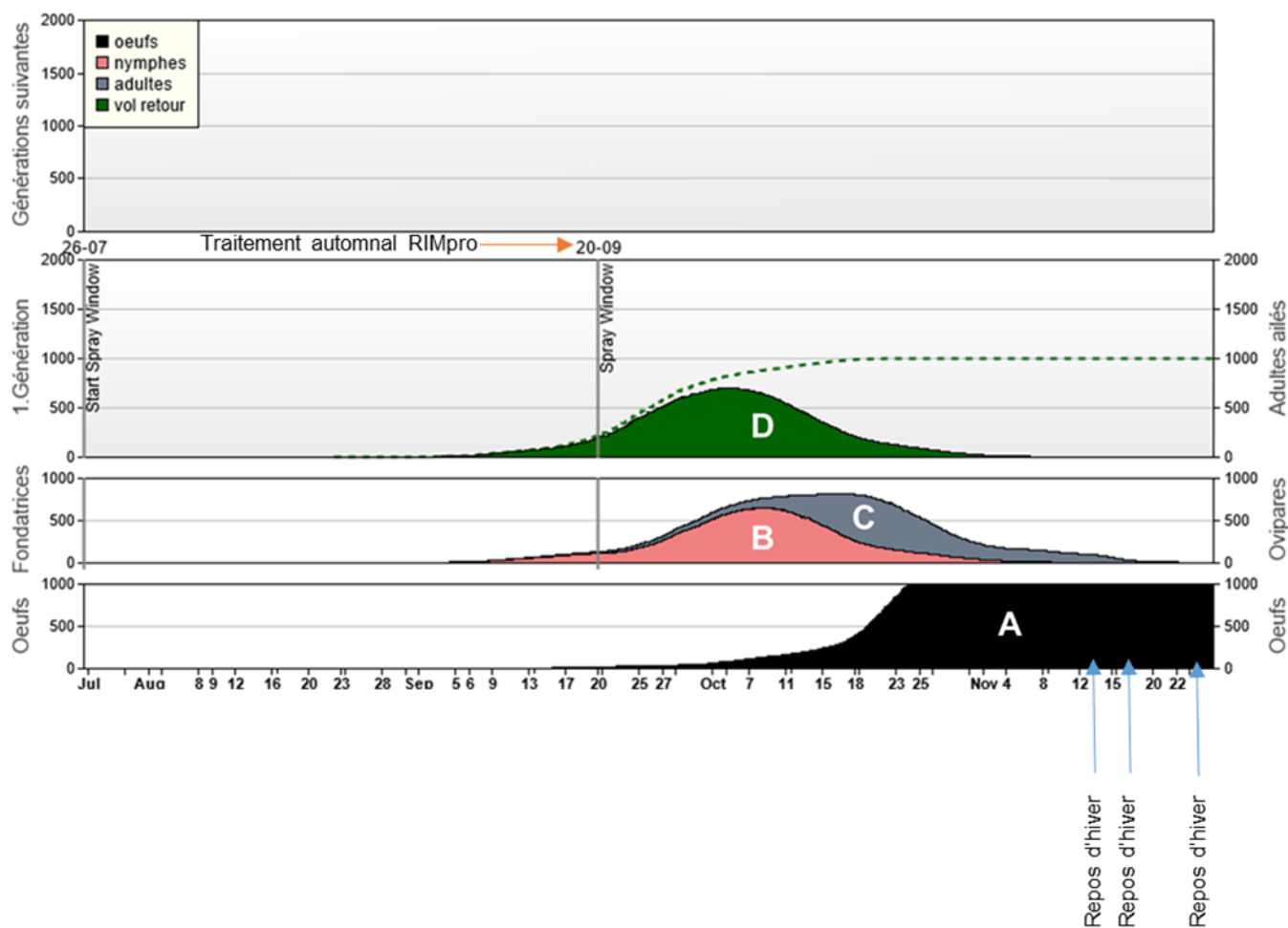
$$\text{Taux d'efficacité} = [(TNT - \text{Modalité fréquence}) / TNT] \times 100.$$

Elle prend en compte la moyenne de chaque modalité fréquence des pucerons par rapport au témoin non traité afin de comparer les modalités entre elles.

## 3. Résultats

### 3.1. Suivi des risques d'infestation par RimPro :

Le modèle RIMpro permet de prévoir les périodes d'apparition et les risques d'infestation des pucerons cendrés sous 4 stades de développement (œufs, fondatrices, 1<sup>ère</sup> génération d'adultes ailés et générations suivantes d'adultes ailés) sur les pommiers.



Positionnement du traitement automnal au CEFEL

**Figure 13** : Représentation graphique par RimPro de l'infestation des pucerons cendrés en automne 2022 (source : CEFEL)

**A** : Œufs de pucerons, **B** : Nymphes (jeunes larves), **C** : Fondatrices adultes, **D** : Pucerons ailés

### 3.1.1. Suivi des risques en automne :

Les graphiques de la **Figure 13** simulent la période du vol retour des pucerons ailés et leur cycle de développement au sein des vergers de pommiers du CEFEL en automne 2022.

On peut voir sur le 4<sup>ème</sup> graphique du haut (**Figure 13**), l'absence de femelles ailées du 1<sup>er</sup> Juillet au 1<sup>er</sup> septembre. Cette absence est due au fait qu'elles sont installées sur le plantain pendant l'été.

Cependant sur le 3<sup>ème</sup> graphique (**Figure 13**), on remarque l'apparition des premières femelles ailées modélisées en vert (D), au 5 septembre.

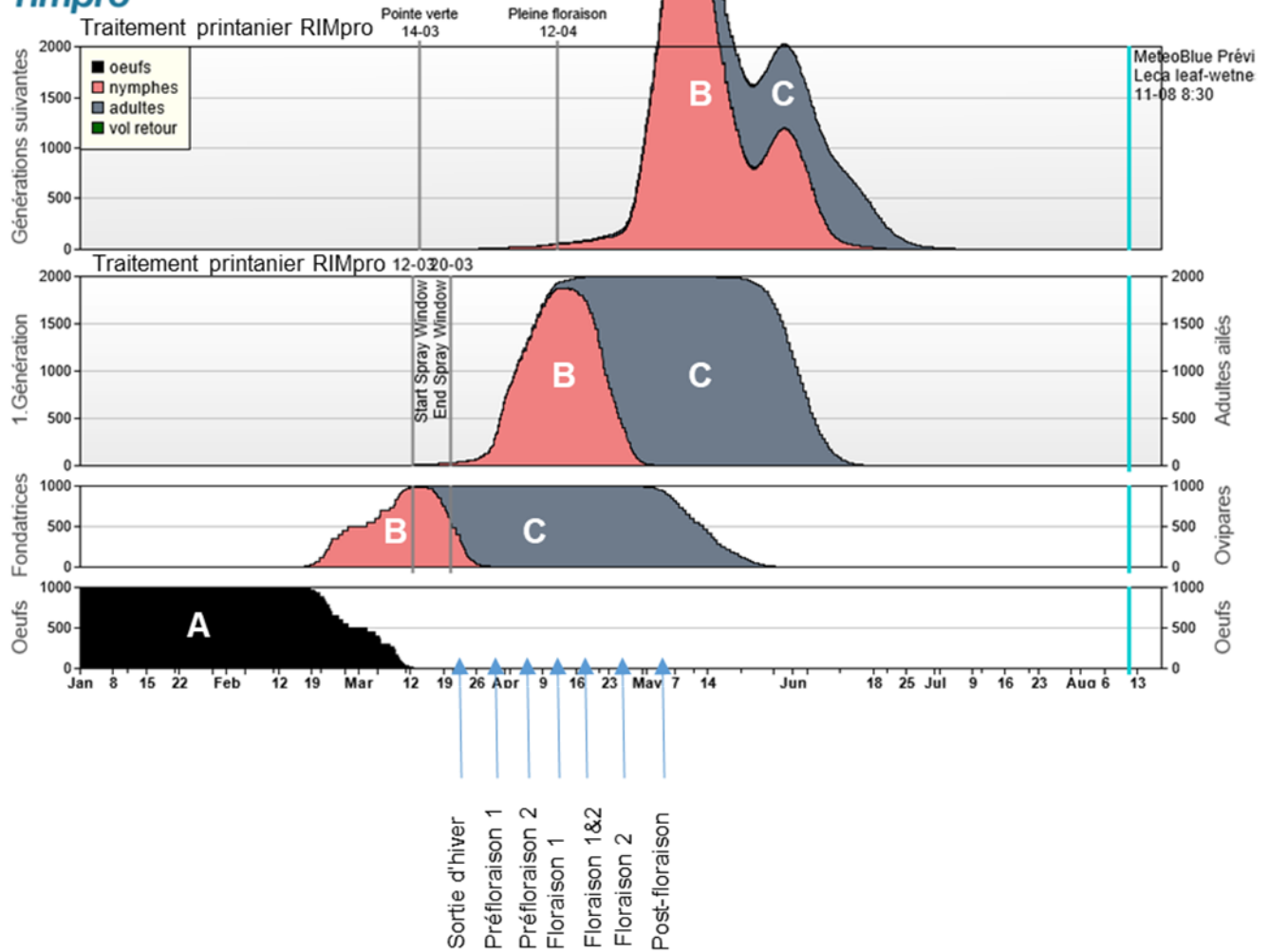
Une fois de retour sur le pommier, elles commencent à produire des larves modélisées en rose (B) sur le 2<sup>ème</sup> graphique (**Figure 13**). Ces larves se transforment en ovipares adultes représentées en gris (C).

Après accouplement avec les males ailés, les ovipares commencent à pondre lentement des œufs le 22 septembre, modélisés en noir (A) sur le 1<sup>er</sup> graphique du bas (**Figure 13**). Cette ponte va s'intensifier à partir du 7 octobre, jusqu'à atteindre 1000 œufs le 24 octobre durant toute la période automnale.

On remarque également, que les femelles ailées (D) et les jeunes larves (B) atteignent un pic de 700 individus le 7 octobre, avant de chuter complètement le 3 novembre. Le pic arrive également au 7 octobre pour les ovipares adultes (C), mais il est plus constant et plus grand avec 800 individus, avant de baisser à 0 individu le 17 novembre.

En ce qui concerne les traitements, on constate que la simulation de la pulvérisation par RIMpro, est réalisée le 20 septembre, juste avant le début de la ponte. Cette simulation, ne correspond pas au positionnement des traitements réalisés par le CEFEL le 14, 16 et 24 Novembre.

### Puceron Cendré (BETA) - CEFEL Comsag 82 - 2023



Positionnement du traitement printanier au CEFEL

**Figure 14** : Représentation graphique par RimPro de l'infestation des pucerons cendrés au printemps 2023 (source : CEFEL)

**A** : Œufs de pucerons, **B** : Nymphes (jeunes larves), **C** : Fondatrices adultes, **D** : Pucerons ailés

### 3.1.2. Suivi des risques au printemps :

La **Figure 14**, représente le suivi via Rimpro des cycles de développement des pucerons au printemps 2023, sur les pommiers du CEFEL. Le modèle commence avec un stock d'œufs (A) dans le graphique du bas (**Figure 14**) au 1<sup>er</sup> janvier. Les œufs commencent à éclore au 19 février et la population d'œufs diminue avant d'arriver à 0 œuf le 12 mars.

Le 2<sup>ème</sup> graphique (**Figure 14**) modélise la population des fondatrices vers le 19 février. Elles ont 4 stades nymphaux en rose (B), avant devenir des fondatrices adultes en gris (C). Les premières fondatrices adultes sont observées le 19 mars. Ces dernières vont donner naissance à une nouvelle génération de pucerons.

Le 3<sup>ème</sup> graphique (**Figure 14**) simule la 1<sup>ère</sup> génération de pucerons. La production des larves en rose (B) débute le 12 mars. Ces jeunes larves atteignent un pic de 1800 individus puis elles se transforment en adultes modélisés en gris (C).

La production de cette génération d'adultes (C) se poursuit jusqu'au 15 juin, alors que celle des nymphes s'arrête au 5 mai.

Les générations suivantes de pucerons sont toute résumées dans ce 4<sup>ème</sup> graphique (**Figure 14**). Du 1<sup>er</sup> avril au 14 mai, on voit une évolution similaire jusqu'au pic entre les larves (C) et les adultes (D) dépassant les 2000 individus.

On remarque par la suite une baisse des pucerons jusqu'au 28 mai, avec respectivement 800 nymphes et 1200 adultes.

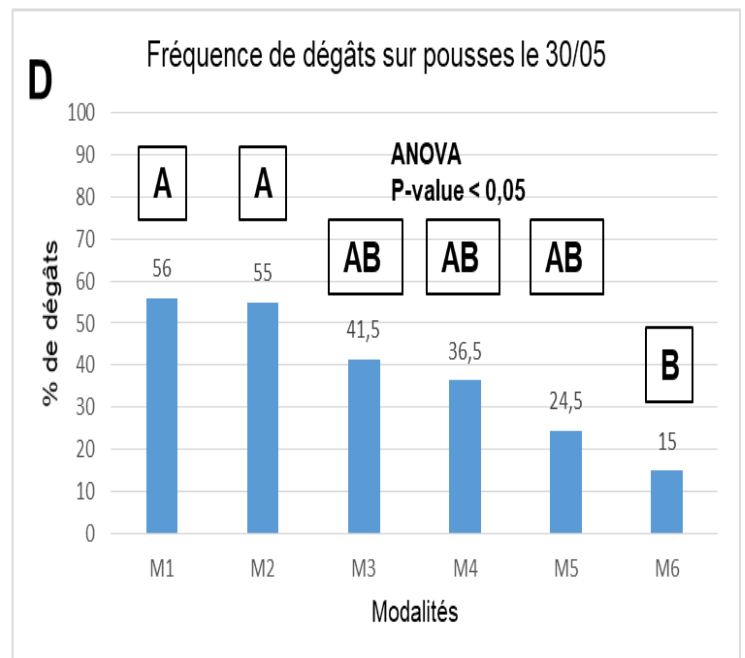
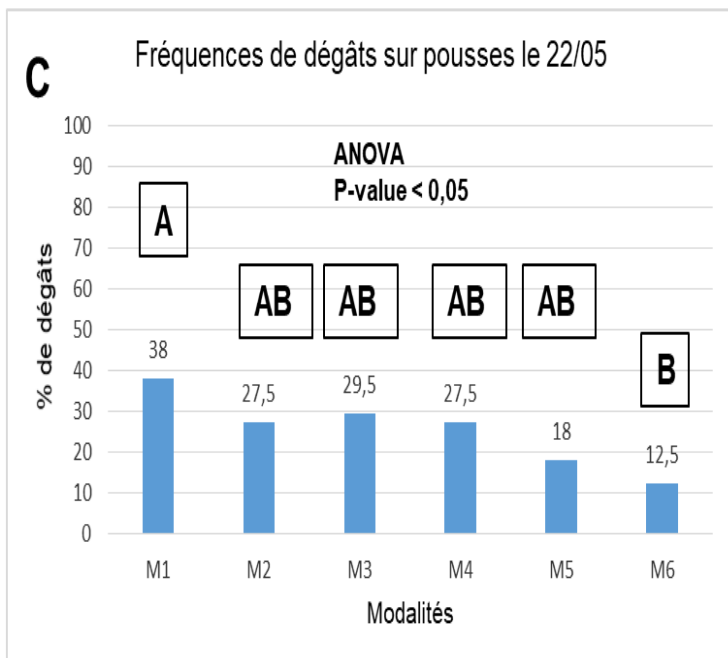
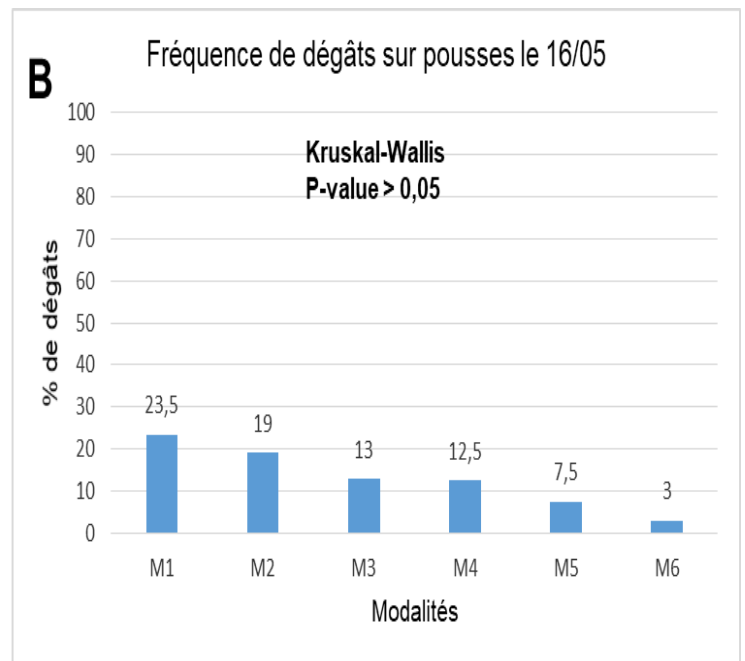
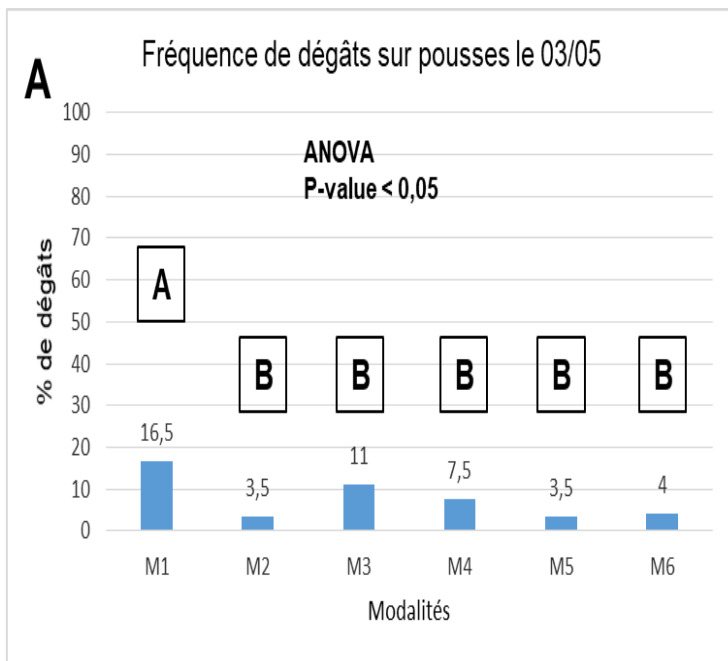
Le 1<sup>er</sup> juin on observe une augmentation légère atteignant 1100 larves et 2000 adultes, avec une chute définitive au 25 juin pour les larves et au 1<sup>er</sup> juillet pour les adultes. Cette disparition, est expliquée par le vol des pucerons ailé vers le plantain.

Enfin on constate que les dates du traitement printanier simulées par RIMpro, correspondent à peu près aux mêmes dates réalisées par le CEFEL.

## 3.2. Fréquence de pucerons :

### 3.2.1. Fréquence de pucerons essai stratégie Automnal :

Les résultats sont observés à partir des traitements prophylactiques réalisés en automne. La validité de l'essai est conditionnée par la fréquence de pucerons observée sur TNT M1 au-dessus du seuil de 10%.



**Figure 15** : Fréquence de dégâts sur pousses de l'essai Action 1 PU aux 4 dates de notation : **A** : 03/05, **B** : 16/05, **C** : 22/05, **D** : 30/05

### **03 Mai : Annexe I**

A cette première date d'observation, le TNT M1 présente la fréquence de dégâts de pucerons la plus élevée avec 16.5%. On constate que le TNT se démarque techniquement des modalités traitées M2, M3, M4, M5 et M6, avec respectivement 3.5%, 11%, 7.5%, 3.5% et 4% de pousses infestées (**Figure 15 A**).

L'analyse statistique par ANOVA, montre l'existence d'une différence significative entre les modalités. Le test de Newman-Keuls met en évidence que le TNT M1 classé dans le **groupe A**, est significativement plus touché par les pucerons que les autres modalités traitées regroupées dans le groupe homogène (**B**).

### **16 Mai : Annexe II**

Le TNT M1 montre le pourcentage de dégâts de pucerons le plus élevé, avec 23.5%. Les modalités traitées M2, M3, M4, M5 et M6, sont également touchées, avec respectivement 19%, 13%, 12.5, 7.5% et 3% (**Figure 15 B**).

Les conditions préalables à l'ANOVA ne sont pas respectées. Le test Kruskal-Wallis appliqué, indique l'absence de différences significatives entre les moyennes de fréquence de pucerons.

### **22 Mai : Annexe III**

A l'observation de la **Figure 15 C**, on remarque que le TNT M1 présente la fréquence de pousses la plus importante avec 38% de dégâts, dépassant les modalités traitées M2, M3, M4, M5 et M6.

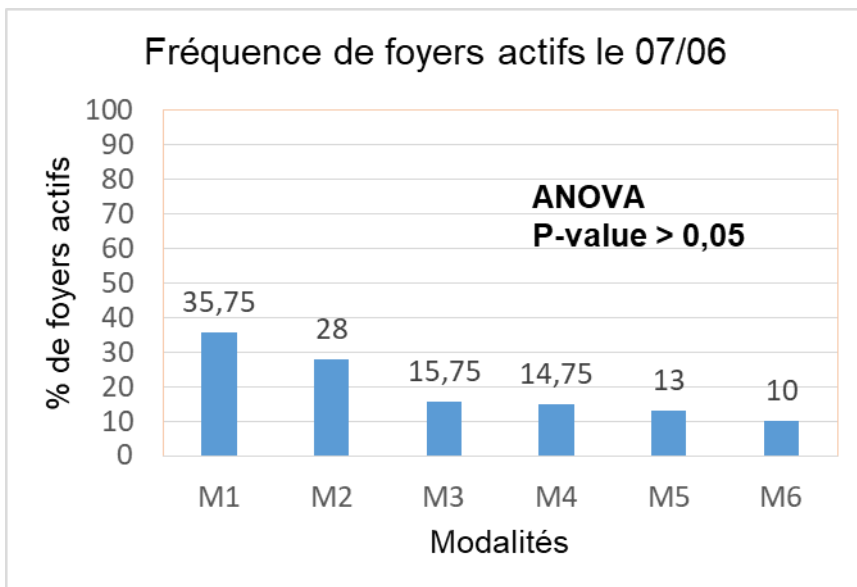
Les conditions préalables à l'ANOVA étant respectées, on observe la présence d'au moins une différence significative entre les modalités testées. Le test de Newman-Keuls classe la modalité TNT M1 dans le **groupe A**, les modalités M2, M3, M4 et M5 dans le **groupe AB** et la modalité M6 dans le **groupe B**.

On constate que M6 est la seule modalité qui présente une fréquence de pucerons significativement différente du TNT M1. Les modalités du **groupe AB** ne montrent pas de différences significatives entre les modalités M1 et M6.

### **26 Mai : Annexe IV**

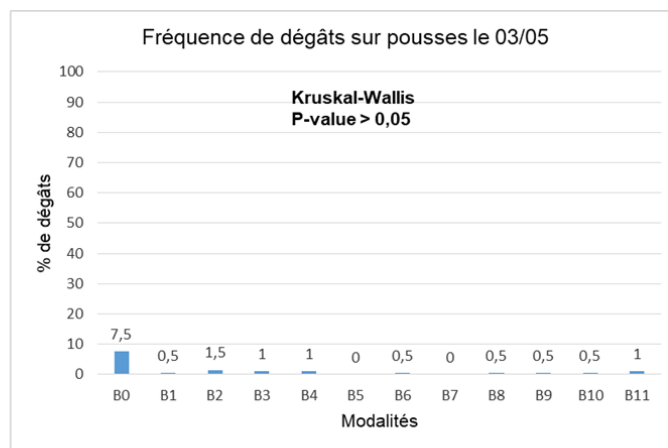
Au regard des résultats de la **Figure 15 D**, on voit que la fréquence de pucerons chez le TNT M1 est similaire à la modalité M2, avec respectivement 56% et 55%. Les modalités M3, M4, M5 et M6, se distinguent par des fréquences de pousses infestées moins touchées que les deux premières modalités, avec respectivement 41.5%, 36.5%, 24.5% et 15% de dégâts.

L'ANOVA permet de voir la présence d'au moins une différence significative entre les modalités. Le test de Newman-Keuls, indique la présence de différences significatives des moyennes de fréquence de pucerons entre les modalités du **groupe A** (M1 et M2) et la modalité M6 du **groupe B**. Enfin, Ce test montre l'absence de différences significatives entre les modalités du **groupe AB** (M3, M4 et M5) avec le **groupe A** (M1 et M2) et le **groupe B** (M6).

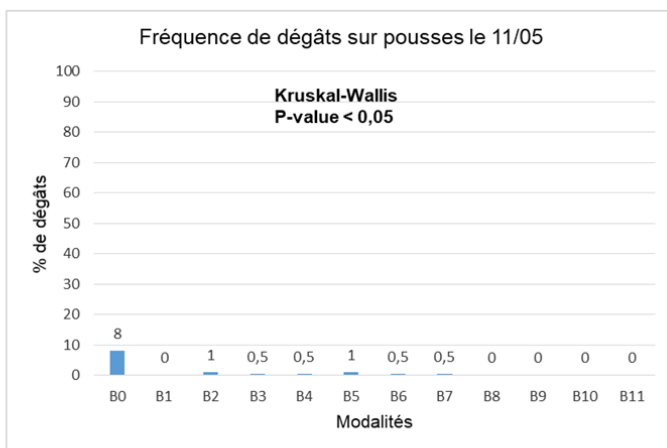


**Figure 16** : Fréquence de foyers actifs de l'essai Action 1 PU le 07/06

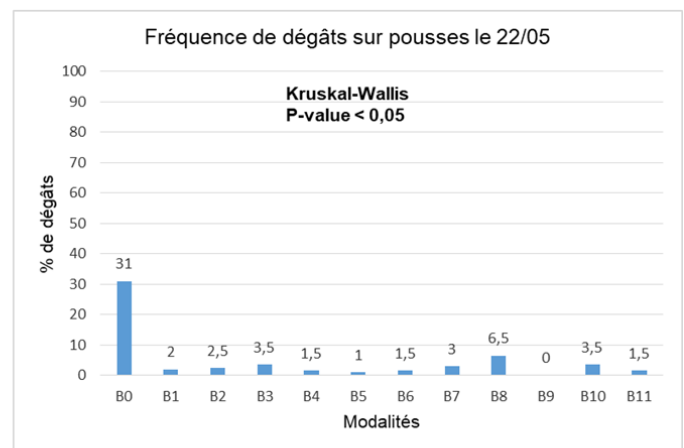
**A**



**B**



**C**



	B0	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	
B0		S											
B1			S										
B2				S									
B3					S								
B4						S							
B5							S						
B6								S					
B7									S				
B8										S			
B9											S		
B10												S	
B11													S

	B0	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	
B0		S											
B1			S										
B2				S									
B3					S								
B4						S							
B5							S						
B6								S					
B7									S				
B8										S			
B9											S		
B10												S	
B11													S

**Figure 17** : Fréquence de dégâts sur pousses de l'essai Action 2 PU AB aux 3 premières dates de notation : **A** : 03/05, **B** : 11/05, **C** : 22/05

### **07 Juin :**

L'observation de fréquence de foyers actifs, obtenus à partir des classes d'intensité B à F rassemblées en un seul groupe (**Figure 16**), montrent une fréquence de foyers actifs plus forte chez le TNT M1 avec 35.75%. La modalité M2 se rapproche du TNT M1 avec une fréquence de foyers actifs de 28%. Les modalités M3, M4, M5 et M6 présentent des fréquences de foyers actifs similaires, avec respectivement 15.75%, 14.75%, 13% et 10%. Enfin on constate que le test d'ANOVA, montre l'absence de différences significatives entre les moyennes de fréquence de foyers actifs.

### **3.2.2. Fréquence de pucerons essai stratégie AB automne/printemps :**

Les résultats sont observés à partir de modalités ayant reçu un traitement printanier uniquement (B1 à B5) et de modalités ayant reçu un traitement prophylactique et printanier (B6 à B11). La validité des résultats de l'essai est conditionnée par un dépassement du seuil de 10% de la fréquence de pucerons observée sur le TNT B0.

#### **3 Mai : Annexe V**

Au 3 mai, on remarque que le TNT B0 présente une fréquence de pucerons en dessous du seuil de validité de l'essai avec 7.5%. Les modalités traitées (B1 à B11) montrent des fréquences de pucerons très faibles (moins de 2%) et similaires entre elles (**Figure 17 A**).

On voit que les conditions du test d'ANOVA ne sont pas respectées. Ainsi le test Kruskal-Wallis effectué, met en évidence l'absence de différences significatives entre les moyennes de fréquence de pucerons (**Figure 17 A**).

#### **11 Mai : Annexe VI**

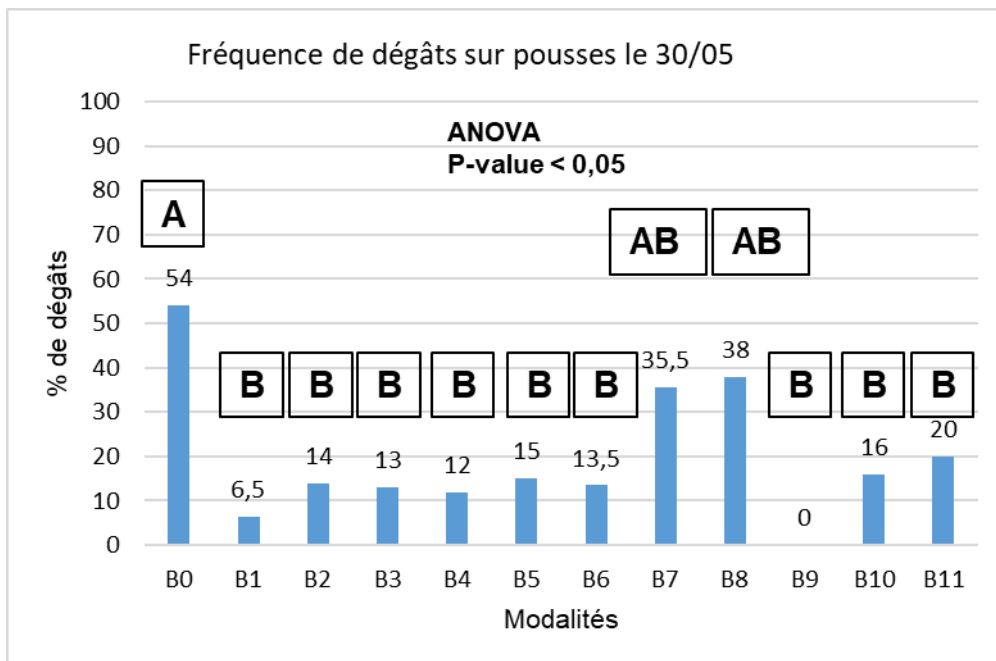
A cette date également, le TNT B0 montre une fréquence de pucerons en dessous du seuil de validité de l'essai avec 8%. On constate que les fréquences de pucerons chez les modalités traitées (B1 à B11) sont très proches de 0% (**Figure 17 B**).

On remarque qu'en absence des conditions à respecter d'ANOVA, le test de Kruskal-Wallis appliqué (**Figure 17 B**) indique qu'il existe au moins une différence significative entre les 12 Modalité.

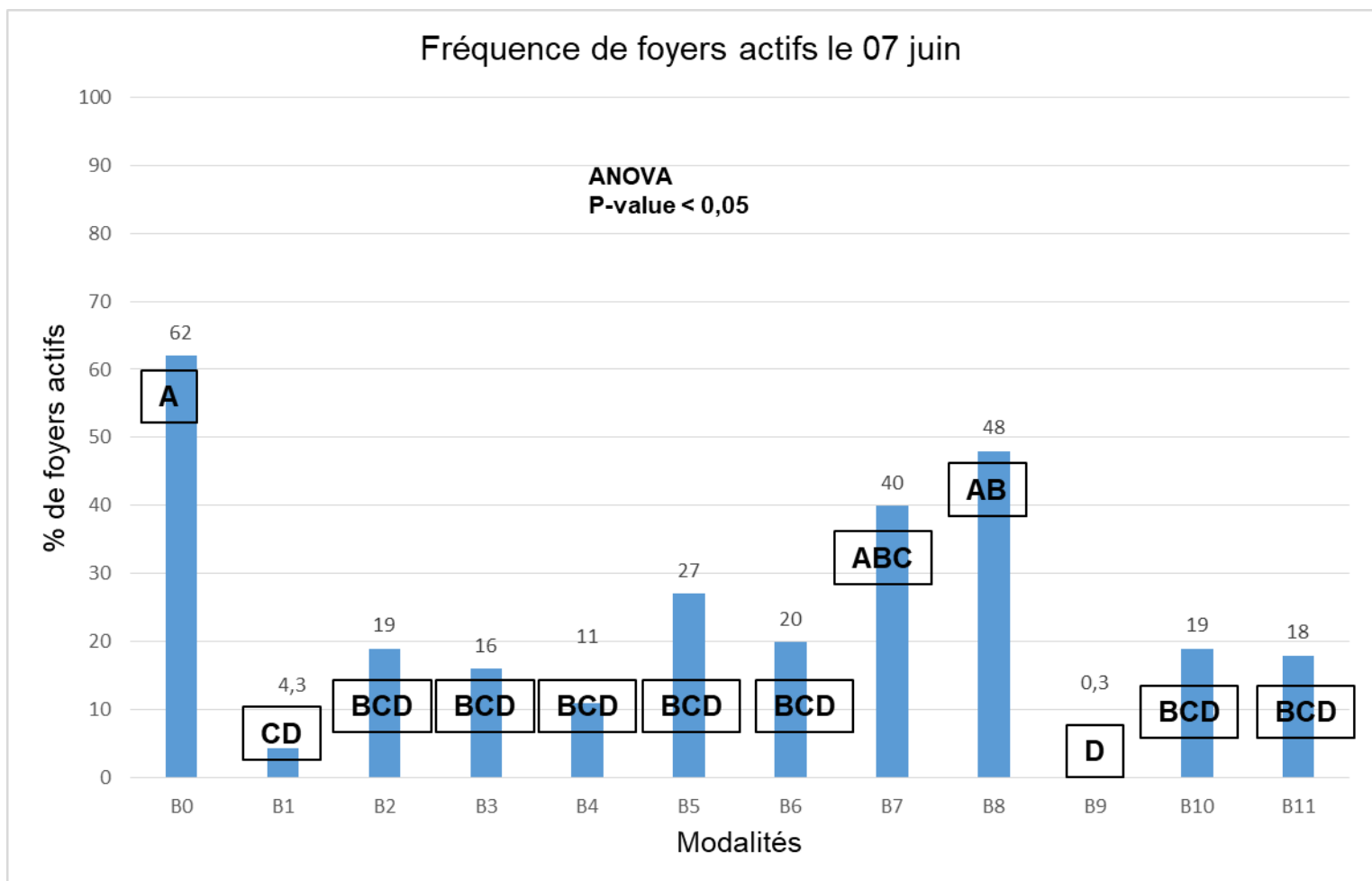
Les tests Mann Whitney effectués en comparant les modalités deux à deux montrent une différence significative entre la moyenne de fréquence de pucerons de la Modalité TNT B0 avec toutes les autres modalités traitées. On peut voir également, l'absence de différences significatives entre les fréquences de pucerons des modalités traitées (B1 à B11).

#### **22 Mai : Annexe VII**

Au regard des résultats observés (**Figure 17 C**), on remarque que le TNT B0 se distingue avec la fréquence de pucerons la plus élevée (36%). Les modalités traitées (B1 à B11) présentent des fréquences de pucerons similaires et faibles avec respectivement 2%, 3.5%, 2.5%, 1.5%, 1%, 1.5%, 3%, 6.5%, 0%, 3.5% et 1.5%.



**Figure 18** : Fréquence de dégâts sur pousses de l'essai Action 2 PU AB à la 4<sup>ème</sup> date de notation le 30/05



**Figure 19** : Fréquence de foyers actifs de l'essai Action 2 PU AB le 07/06

On constate que les conditions d'applications d'ANOVA ne sont pas respectées. Le test de Kruskal-Wallis est réalisé et celui-ci met en évidence l'existence d'une différence significative entre les 12 modalités. Les tests de Mann Whitney permettent d'établir des différences significatives entre la Modalité TNT B0 et les modalités traitées B1 à B11). Ces tests de Mann Whitney montrent également l'absence de différences significatives entre les différentes moyennes des modalités traitées (B1 à B11).

### **30 Mai : Annexe VIII**

A cette dernière date d'observation, on constate que le TNT B0 avec 54% de pousses touchées, se démarque des modalités B1 à B6 et B9 à B11 avec respectivement 6.5%, 14%, 13%, 12%, 15%, 13.5%, 0%, 16% et 20% de fréquence de pucerons (**Figure 18**). La modalité B9 est celle qui présente les résultats les plus intéressants avec 0% de pousses touchées. Enfin, les modalités traitées B7 et B8 sont celles qui présentent le taux d'infestation le plus important avec respectivement 35.5% et 38% de pousses touchées après le TNT (**Figure 18**). Les conditions préalables à l'ANOVA étant remplies et l'hypothèse H1 est acceptée. On constate que le test Newman-Keuls rassemble les modalités en groupes (**Figure 18**). Le test montre l'existence d'une différence significative entre la moyenne de fréquence de pucerons du **groupe A** (TNT B0) et celles des modalités du **groupe B** (B1 à B6 et B9 à B11). On observe aussi, l'absence de différences significatives entre les modalités du **groupe AB** (B7 et B8) et les modalités du **groupe A** et du **groupe B**.

### **07 Juin :**

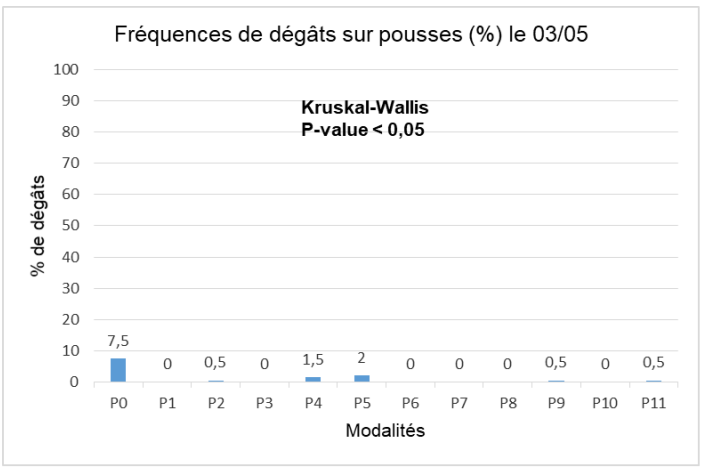
Au regard des résultats de fréquence de foyers actifs (**Figure 19**), le TNT B0 se distingue des autres modalités traitées avec une fréquence de foyers actifs de 62%. Les conditions d'ANOVA étant respectées. Le test de Newman-Keuls appliqué, montre que les modalités du **groupe ABC** (B7) et du **groupe AB** (B8) ne sont pas significativement différentes du TNT **groupe A** (B0) (**Figure 19**).

On voit également qu'il existe une différence significative des moyennes de fréquences de foyers actifs entre les modalités du **groupe CD** (B1) et celle du **groupe D** (B9) avec les modalités B7, B8 et B0. Enfin les modalités du **groupe BCD** (B2 à B6, B10 et B11) sont significativement différentes du TNT B0 mais ne sont pas significativement différentes des modalités B1, B7, B8 et B9 (**Figure 19**).

### **3.2.3. Fréquence de pucerons essai stratégie PFI automne/printemps :**

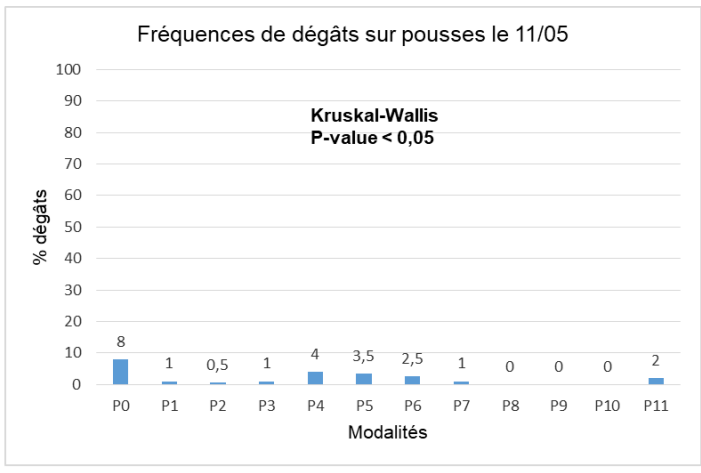
Les résultats sont observés à partir de modalités ayant reçu un traitement printanier uniquement (P1 à P7) et de modalités ayant reçu un traitement prophylactique et printanier (P8 à P11). La validité des résultats de l'essai est conditionnée par un dépassement du seuil de 10% de la fréquence de pucerons observée sur le TNT P0.

**A**



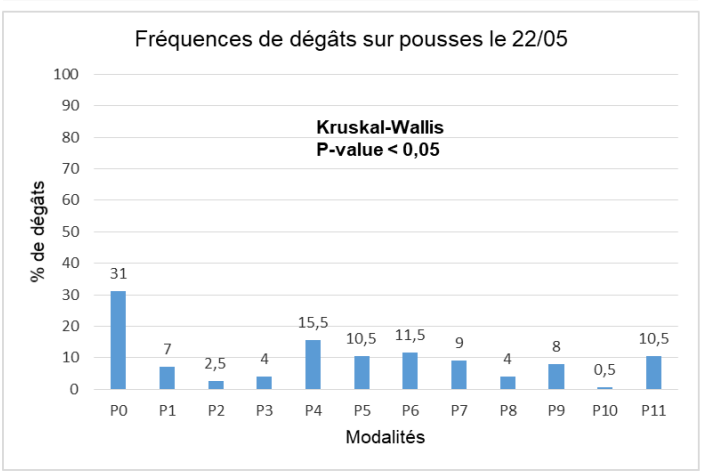
	P0	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	
P0		S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
P1			S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
P2				S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
P3					S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
P4						S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
P5							S	NS	NS	NS	NS	NS	
P6								S	NS	NS	NS	NS	
P7									S	NS	NS	NS	
P8										S	NS	NS	
P9											S	NS	
P10												S	
P11													S

**B**



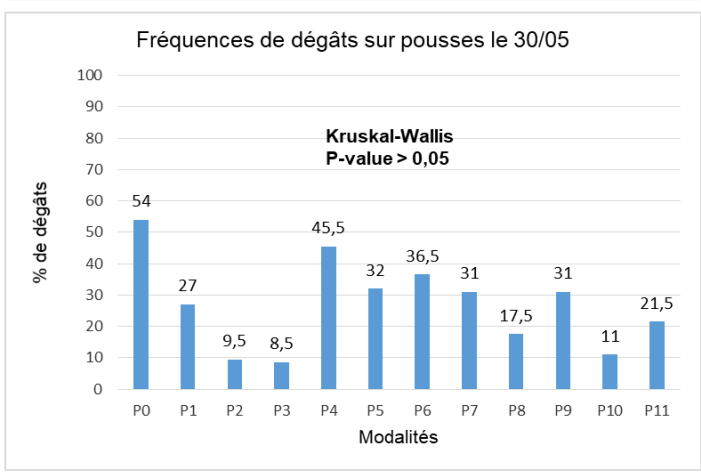
	P0	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	
P0		S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
P1			S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
P2				S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
P3					S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
P4						S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
P5							S	NS	NS	NS	NS	NS	
P6								S	NS	NS	NS	NS	
P7									S	NS	NS	NS	
P8										S	NS	NS	
P9											S	NS	
P10												S	
P11													S

**C**



	P0	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	
P0		S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
P1			S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
P2				S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
P3					S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
P4						S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
P5							S	NS	NS	NS	NS	NS	
P6								S	NS	NS	NS	NS	
P7									S	NS	NS	NS	
P8										S	NS	NS	
P9											S	NS	
P10												S	
P11													S

**D**



**Figure 20** : Fréquence de dégâts sur pousses de l'essai Action 2 PU PFI aux 4 dates de notation : **A** : 03/05, **B** : 16/05, **C** : 22/05, **D** : 30/05

### **3 Mai : Annexe IX**

A la première date d'observation, la pression sur le TNT (P0) est en dessous du seuil de validité de l'essai avec 7.5% de dégâts. On remarque une absence de pousses infestées chez les modalités traitées P1, P3, P6, P7, P8 et P10. Les modalités P2, P4, P5, P9 et P11 présentes des fréquences de pucerons très faibles avec respectivement 0.5%, 1.5%, 2%, 0.5% et 0.5%.

Les conditions d'ANOVA n'étant pas vérifiées. Le test Kruskal-Wallis appliqué, renseigne sur l'existence d'au moins une différence significative entre les moyennes des modalités.

Les tests de Mann-Whitney effectués, révèlent l'absence de différences significatives entre les modalités TNT P0, P4 et P5. En revanche, ils indiquent l'existence de différences significatives de ces dernières avec les modalités P1, P3, P6, P7, P8 et P10.

Enfin les modalités P1 à P3 et P6 à P11 ne sont pas significativement différentes entre elles (**Figure 20 A**).

### **11 Mai : Annexe X**

A la deuxième date d'observation, la pression sur le TNT (P0) est en dessous du seuil de validité de l'essai avec 8% de dégâts (**Figure 20 B**). L'analyse statistique par le test de Kruskal-Wallis, met en évidence la présence d'au moins une différence significative entre les modalités. Les tests de Mann-Whitney montrent que les modalités P1 à P3 et P7 à P10 sont significativement moins infestées que le TNT P0 (**Figure 20 B**). Enfin, ces tests indiquent une absence de différences significatives entre les modalités traitées (P1 à P11).

### **22 Mai : Annexe XI**

A cette 3<sup>ème</sup> date d'observation, la pression sur TNT (P0) est à 31% de dégâts. On remarque que les modalités P2, P3, P8 et P10 présentent des fréquences de pucerons faibles avec respectivement 2.5%, 4%, 4% et 0.5% (**Figure 20 C**).

Les modalités P1, P4, P5, P6, P7, P9 et P11 sont un peu plus touchées par le pucerons avec respectivement 7%, 15.5%, 10.5%, 11.5%, 9%, 8% et 10.5% (**Figure 20 C**).

Le test Kruskal-Wallis révèle l'existence d'une différence significative entre au moins une moyenne des différentes modalités.

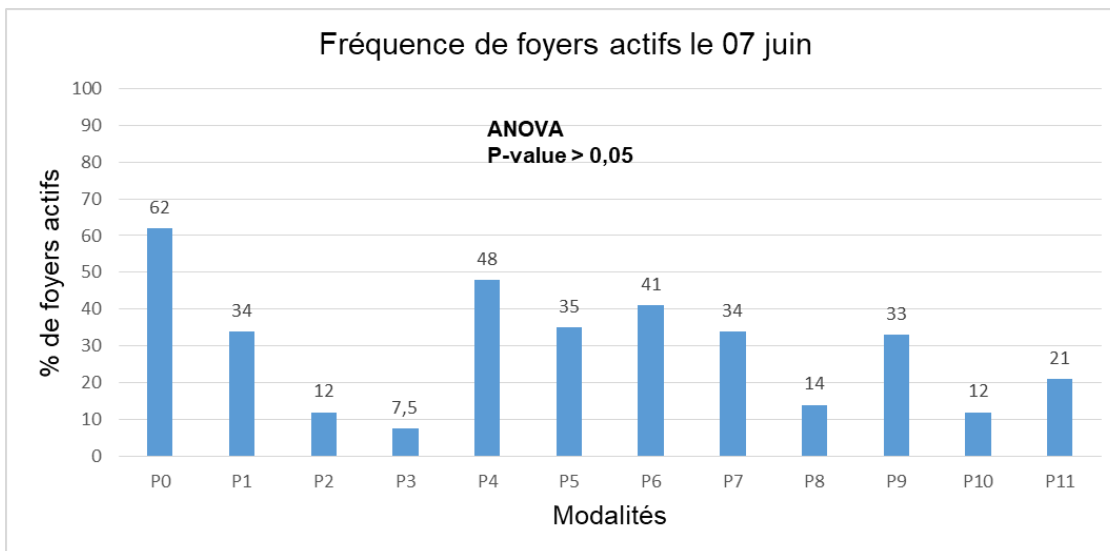
Les tests de Mann-Whitney, démontrent que P0 est significativement plus infesté que toutes les autres modalités, excepté la modalité P4. De plus, on constate, l'absence de différences significatives entre toutes les modalités traitées (P1 à P11) (**Figure 20 C**).

### **30 Mai : Annexe XII**

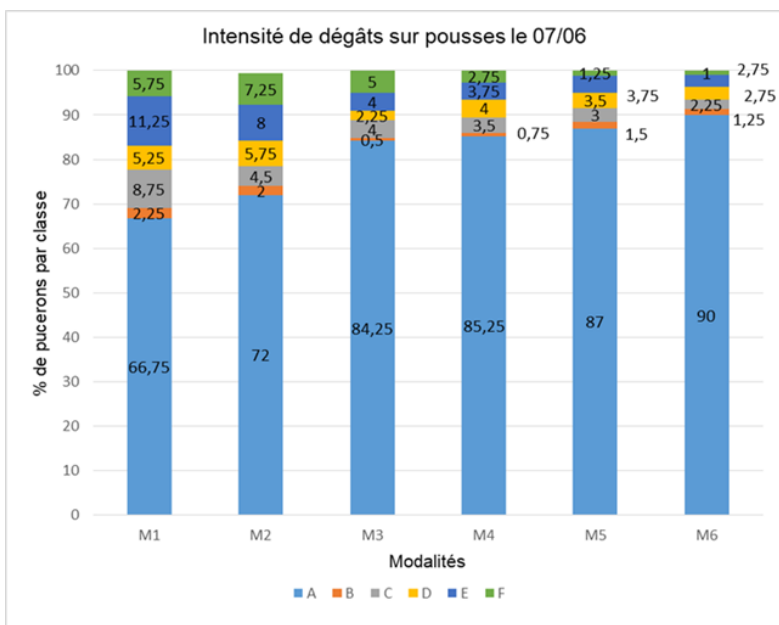
Au 30 mai, la pression sur le TNT (P0) est à 54% de dégâts. On constate une fréquence de pucerons forte sur les modalités P1, P4 à P9 et P11 avec respectivement 27.5%, 45.5%, 32%, 36.5%, 31%, 17.5%, 31% et 21.5% (**Figure 20 D**).

Les modalités P2, P3 et P10 sont les modalités les moins touchées avec respectivement 9.5%, 8.5% et 11% (**Figure 20 D**).

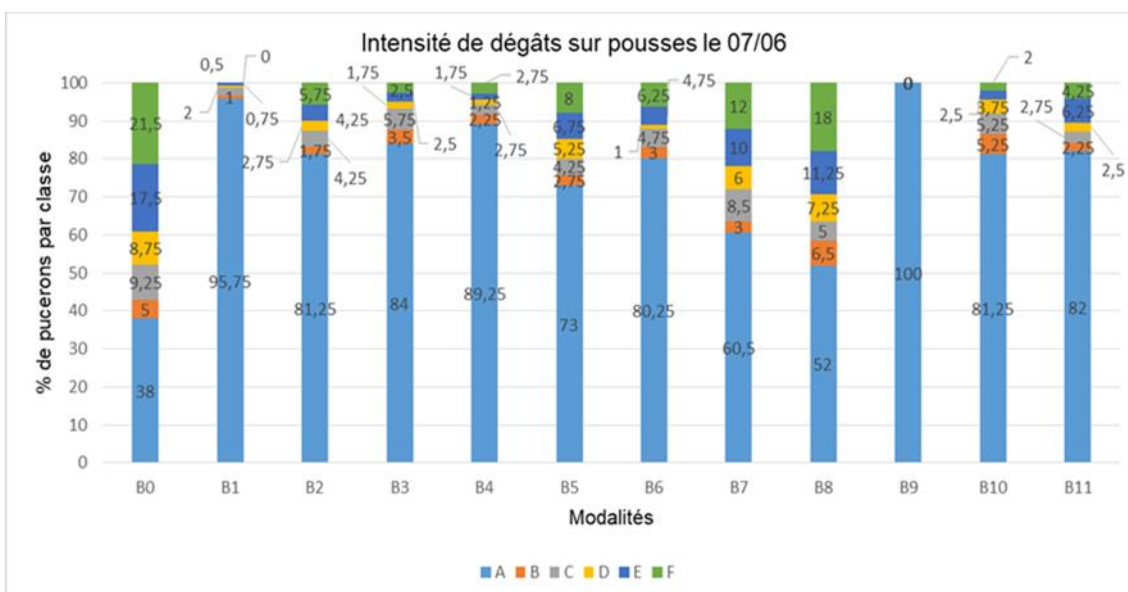
Enfin le test Kruskal-Wallis indique que les moyennes de fréquence de pucerons ne sont pas significativement différentes entre les modalités étudiées (**Figure 20 D**).



**Figure 21** : Fréquence de foyers actifs de l'essai Action 2 PU PFI le 07/06



**Figure 22** : Pourcentage par classe d'intensité de pucerons cendrés de l'essai Action 1 PU le 07/06



**Figure 23** : Pourcentage par classe d'intensité en pucerons cendrés de l'essai Action 2 PU AB le 06/06

## 07 juin :

L'observation de la fréquence de foyers actifs de l'essai Action 2 PU PFI, permet de voir que le TNT P0 présente une pression plus importante que les autres modalités traitées avec 62% de foyers actifs (**Figure 21**).

On constate que les conditions d'ANOVA sont respectées et que celle-ci met en évidence l'absence de différences significatives entre les moyennes de fréquences de foyers chez le TNT P0 et les modalités traitées (P1 à P11) (**Figure 21**).

### 3.3. Intensité de pucerons :

Les comptages de pucerons sur 100 pousses sélectionnées aléatoirement par modalité selon des classes (voir **2.7.2. Intensité des pucerons**), sont réalisées juste avant la chute des populations afin d'évaluer l'intensité des foyers actifs au moment où les populations sont les plus importantes. Du fait de la migration précoce des pucerons vers l'hôte secondaire, ces comptages (**Figure 22, 23 et 24**) ont été réalisés sur des foyers ne présentant presque plus de pucerons. Les données collectées ne reflètent donc pas l'intensité des foyers avant la migration.

#### 3.3.1. Intensité de pucerons essai stratégie automnale :

Au regard des résultats de la **Figure 22**, on voit que le TNT (M1) présente en moyenne une intensité en pucerons plus importante que les modalités traitées (M2 à M6) 33.25% dispersée en 5 classes (B à F). La classe la plus abondante est la classe E (51 à 125 pucerons). Elle est représentée à 11.25% de dégâts.

La modalité M2 montre une intensité en pucerons proche du TNT avec 28% de dégâts. La classe la plus abondante est la classe E. Elle est représentée à 8% de dégâts.

On constate, que la modalité M6 présente la plus faible intensité de pousses touchées, avec 10% de dégâts. Enfin les modalités M3, M4 et M5 montrent des intensités de pousses touchées similaires, avec respectivement 15.75%, 14.75% et 13% de dégâts.

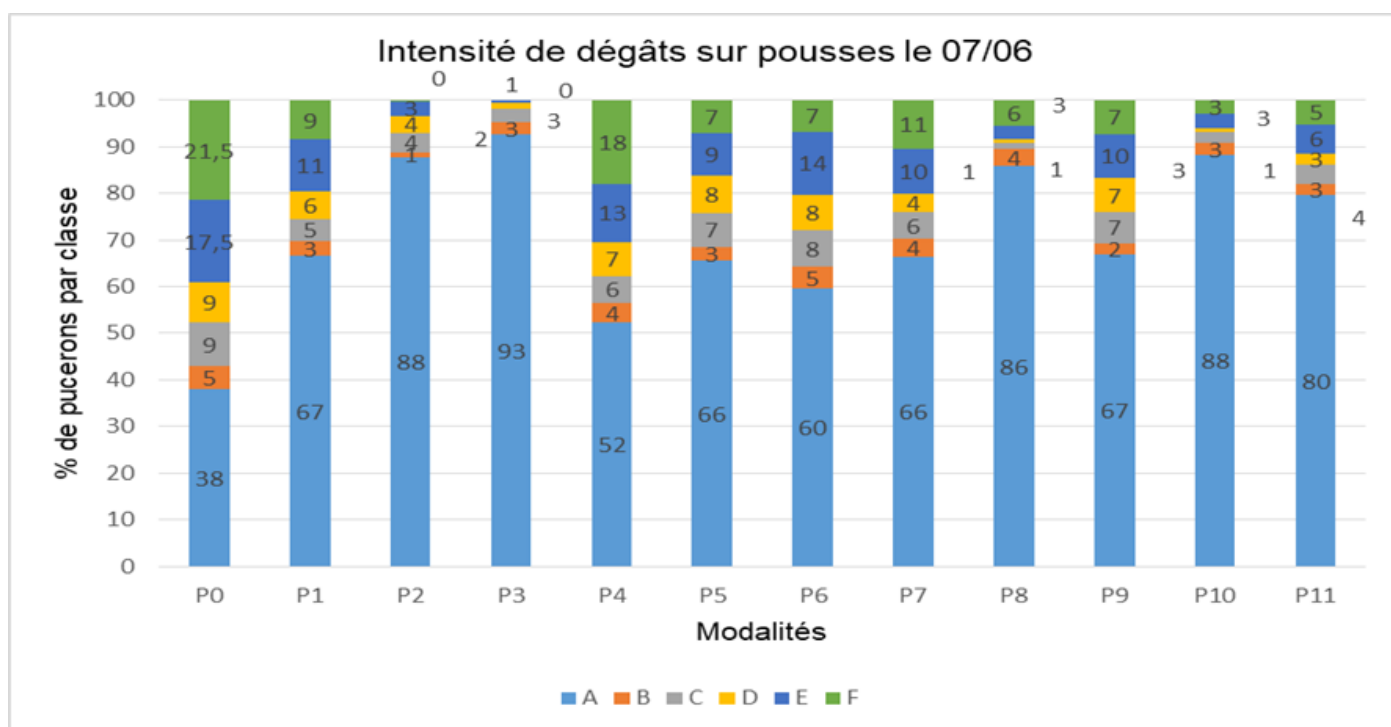
#### 3.3.2. Intensité de pucerons essai AB stratégie automne/printemps :

Le TNT B0 présente une intensité de pousses touchées plus importante que les modalités traitées (B1 à B11) 72%. La classe la plus abondante est la classe E. Elle est représentée à 21.5% de dégâts (**Figure 23**).

On remarque que les modalités B5, B7 et B8 présentent les plus importantes intensités de dégâts sur pousses avec respectivement 27%, 39.5% et 48%. La classe la plus abondante pour les 3 modalités est la classe F avec respectivement 8%, 12% et 18% de dégâts (**Figure 23**).

On constate que la modalité B9 est la plus intéressante avec 0% d'intensité en pucerons, suivi de la modalité B1 et B4 avec respectivement 4.25% et 10.75% d'intensité en pucerons.

Enfin les modalités B2, B3, B6, B10 et B11 montrent des intensités en pucerons similaires avec respectivement 81.25%, 84%, 80.25%, 81.25% et 82% de dégâts.



**Figure 24 :** Pourcentage par classe d'intensité en pucerons cendrés de l'essai Action 2 PU PFI le 07/06

**Tableau V :** Taux d'efficacité des traitements appliqués uniquement à l'automne de l'essai Action 1 PU

	M2	M3	M4	M5	M6
03-mai	78,79	33,33	54,55	78,79	75,76
16-mai	19,15	44,68	46,81	68,09	87,23
22-mai	27,63	22,37	27,63	52,63	67,11
30-mai	1,79	25,89	34,82	56,25	73,21

### 3.3.3. Intensité de pucerons essai PFI stratégie automne/printemps :

L'observation de la **Figure 24** permet de voir que TNT P0 enregistre le plus de foyers actifs avec 62% de dégâts. La classe la plus abondante est la classe F représentée à 21.5% de dégâts.

La modalité P3 présente l'intensité en pucerons la plus faible avec 7% de dégâts. Elle est suivie par les modalités P2, P8, P10 et P11 avec respectivement 12%, 14%, 12% et 20 de foyers actifs.

On remarque que les modalités P1, P4, P5, P6, P7 et P9 montrent des intensités en pucerons importantes avec respectivement 33%, 48%, 34%, 40%, 34% et 33% de dégâts. Les classes les plus abondantes pour ces dernières modalités citées sont les classes E et F.

## 3.4. Efficacité des traitements :

### 3.4.1. Efficacité des traitements essai stratégie automnale :

A l'observation des résultats de la 1<sup>ère</sup> date des traitements prophylactiques, les modalités M2, M5 et M6 se présentent comme étant les modalités les plus efficaces, avec respectivement 78.79%, 78.79% et 75.76%. Elles sont suivies par les modalités M2 et M3, avec respectivement 33.33% et 54.55% d'efficacité (**Tableau V**).

Au 16 mai, on remarque une légère baisse d'efficacité sur les modalités M4 et M5 avec respectivement 46.81% et 68.09% (**Tableau V**).

La modalité M2 présente la diminution la plus importante, atteignant 19.15% d'efficacité. Les modalités M3 et M6 montrent une légère augmentation d'efficacité avec respectivement 44.68 et 87.23%.

Le 22 mai, les modalités M3, M4, M5 et M6 diminuent en efficacité. On constate que la modalité M2 augmente légèrement en efficacité avec 27.63%. Elle dépasse la modalité M3 qui est à 22.37% et elle égale la modalité M4 qui est à 27.63% (**Tableau V**).

Au 30 mai, La modalité M6 présente le pourcentage d'efficacité le plus important avec 73.21% suivie de la modalité M5 avec 56.25%.

On remarque que la modalité M2, est la modalité la moins efficace avec seulement 1.79% d'efficacité. Les modalités M3 et M4 montrent des efficacités acceptables avec respectivement 25.89% et 34.82% (**Tableau V**).

**Tableau VI** : Taux d'efficacité des traitements appliqués uniquement à l'automne de l'essai Action 2 PU AB

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11
03-mai	93,33	80,00	86,67	86,67	100,00	93,33	100,00	93,33	93,33	93,33	86,67
11-mai	100,00	87,50	93,75	93,75	87,50	93,75	93,75	100,00	100,00	100,00	100,00
22-mai	93,55	91,94	88,71	95,16	96,77	95,16	90,32	79,03	100,00	88,71	95,16
30-mai	87,96	74,07	75,93	77,78	72,22	75,00	34,26	29,63	100,00	70,37	62,96

**Tableau VII** : Taux d'efficacité des traitements appliqués uniquement à l'automne de l'essai Action 2 PU PFI

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11
03-mai	100	93,33	100,00	80,00	73,33	100,00	100,00	100,00	93,33	100,00	93,33
11-mai	87,5	93,75	87,50	50,00	56,25	68,75	87,50	100,00	100,00	100,00	75,00
22-mai	77,42	91,94	87,10	50,00	66,13	62,90	70,97	87,10	74,19	98,39	66,13
30-mai	50	82,41	84,26	15,74	40,74	32,41	42,59	67,59	42,59	79,63	60,19

### 3.4.2. Efficacité des traitements essai AB stratégie automne/printemps :

Au cours des deux premières dates d'observation, on constate que l'efficacité des traitements est importante et reste stable sur toutes les modalités (B1 à B11). On remarque qu'au 11 mai, 5 modalités (B1, B8, B9, B10 et B11) sont à 100% d'efficacité (**Tableau VI**).

Au 22 Mai, on voit que l'efficacité reste importante chez toutes les modalités (B1 à B11). De légères baisses d'efficacité sont enregistrées chez certaines modalités (B1, B3, B7, B10 et B11), avec respectivement 93.55%, 88.71%, 90.32%, 88.71% et 95.16%. La modalité B8 avec 79.03% d'efficacité, représente la baisse la plus importante.

La modalité B9 reste stable avec 100% d'efficacité et les modalités B2, B4, B5 et B6 présentent de légères augmentations d'efficacité avec respectivement 91.94%, 95.16%, 96.77% et 95.16% (**Tableau VI**).

Au 30 Mai, toutes les modalités baissent en efficacité, seule la modalité B9 qui reste stable à 100%. Enfin, on remarque que les traitements les moins efficaces sont les modalités B7 et B8 avec respectivement 34.26% et 29.63% d'efficacité (**Tableau VI**).

### 3.4.3. Efficacité des traitements essai PFI stratégie automne/printemps :

A la 1<sup>ère</sup> date d'observation, les traitements (P1 à P11) hormis la P5, montrent une efficacité importante. La modalité P5 présente l'efficacité la moins forte avec 73.33% (**Tableau VII**).

Au 11 mai, les modalités P1, P2, P3, P7, P8, P9 et P10 sont les traitements les plus efficaces avec respectivement 87.5%, 93.75%, 87.5%, 87.5%, 100%, 100% et 100%. On remarque une baisse en efficacité importante des modalités P4, P5, P6 et P11 avec respectivement 50%, 56.25%, 68.75% et 75% (**Tableau VII**).

Au 22 mai, on remarque une baisse en efficacité sur l'ensemble des modalités hormis la modalité P4 qui reste stable à 50% et la modalité P5 qui augmente légèrement à 66.13%.

Les modalités P2, P3, P8 et P10, présentent les efficacités les plus fortes avec respectivement 91.94%, 87.1%, 87.1% et 98.39% (**Tableau VII**).

A la dernière date d'observation, on constate que les traitements les plus intéressants sont les modalités P2, P3 et P10 avec respectivement 82.41%, 84.26% et 79.63% d'efficacité. Enfin, on voit que la modalité la plus faible est la P4 avec seulement 15.74% d'efficacité (**Tableau VII**).

## 4. Discussion

### 4.1. Suivi des essais par RIMpro :

Le suivi à l'automne des pucerons par Rimpro, a prédit une arrivée des femelles ailées au 5 septembre. Ainsi le logiciel a pu déterminer le positionnement du traitement au 20 septembre juste avant que les pucerons ovipares ne commencent à pondre leurs œufs. En effet, c'est à cette période que les pucerons sont les plus exposés, lorsqu'ils reviennent avant la chute des feuilles.



L'arboriculteur peut donc cibler cette population et espérer toucher le plus d'adultes avant qu'ils ne commencent à pondre. De plus, la ponte commence toujours lentement, ce qui rend les traitements encore plus efficaces. Cette stratégie a montré son efficacité lors d'essais réalisés par Cross *et al.*, 2007.

Les traitements du CEFEL sont également réalisés dans l'optique de cibler le maximum d'adultes, afin d'encadrer le pic de vol. La différence du positionnement des traitements automnaux (14,16 et 24 novembre) réalisé par le CEFEL par rapport aux préconisations du modèle est expliquée par l'apparition tardive des pucerons ailés sur les pommiers (12 novembre). En effet le modèle Rimpro a été précoce dans sa prédiction sur la date d'arrivée des pucerons ailés et par conséquent sur le positionnement du traitement.

Il se pourrait que cela soit dû à une erreur d'estimation des données climatiques. Les pucerons ailés commencent à revenir sur le pommier, lorsque les journées se raccourcissent et que les températures atteignent 4,5°C.

La simulation des pulvérisations au printemps de RIMpro correspond à peu près aux mêmes dates de traitements réalisés au CEFEL. Le modèle prévoit une fenêtre de pulvérisation entre le 12 et le 20 mars, c'est-à-dire entre l'éclosion du dernier œuf et l'apparition des larves de la 1<sup>ère</sup> génération. L'objectif est de viser les fondatrices qui sont au stade de développement le plus sensible. Il est nécessaire de contrôler la 1<sup>ère</sup> génération car, si la population est importante et que les feuilles commencent à s'enrouler, l'effet des insecticides sera moins efficace.

#### **4.2. Essai stratégie automnale (Action 1 PU) :**

L'analyse des données au cours des 4 observations a mis en évidence une fréquence d'attaque supérieure chez le TNT M1. En l'absence de protection, il présente toutes les conditions favorables au développement et la multiplication du puceron cendré en tant qu'hôte primaire.

Le traitement M2 Karaté K® ne présentait pas de différence avec le TNT à la fin de l'essai. Ceci pourrait être expliqué par le fait qu'il ne soit appliqué qu'une seule fois à l'automne contrairement aux autres modalités qui ont été répétées deux fois. De plus, lors de notre 1<sup>ère</sup> observation, il présentait des pourcentages de dégâts assez bas. Il serait intéressant de remplacer la deuxième application de ce produit au printemps, par une double application à l'automne, afin de préserver une plus grande quantité d'auxiliaires bien que sur l'année complète le nombre d'application de pyrèthre ne soit pas diminué.

Les modalités M3 Flipper® et M4 Limocide® présentent des efficacités intéressantes pour de la prophylaxie avec respectivement 25.89% et 34.82% d'efficacité. Réduire la pression de plus d'un tiers, dans le cas de la modalité M4, sans aucun traitement au printemps semble prometteur. Ces aphicides sont connues comme étant des produits non rémanents (Ballion, 2022). Ainsi, on suggère que l'ajout d'une application à l'automne pourrait donner de meilleurs résultats, notamment dans le cas du Limocide®. En effet un essai effectué au CTIFL de la Morinière a démontré l'efficacité du Limocide® après 4 applications réalisées uniquement à l'automne (Duval-Chabousseau *et al.*, 2023).



La modalité M4 Nori Pro® présente une efficacité assez intéressante de 56% à la fin de l'essai. Ces résultats diffèrent de ceux obtenus l'an passé au CEFEL qui était de 2%. La bonne efficacité de cette année est expliquée par le positionnement du traitement autour du pic de vol retour des pucerons cendré. En effet lors de l'automne 2021, les pulvérisations étaient appliquées avant le pic des pucerons ailés.

Enfin la modalité M6 Neudosan® apparaît comme étant le produit le plus efficace des modalités (73% d'efficacité) à la fin des observations. Ce produit présente peu de documentations concernant son utilisation contre le puceron cendré dans la bibliographie. L'essai devra être reconduit, afin de confirmer ou d'infirmer ces premiers résultats.

#### **4.3. Essai stratégie AB automne/printemps (Action 2 PU) :**

Dans cet essai en agriculture biologique toutes les modalités traitées présentent les mêmes interventions en sortie d'hiver, préfloraison 1 (Ovipron®) et préfloraison 2 (Neemazal®) et se différencient par les applications de produits aux stades repos d'hiver (prophylaxie), floraison et post-floraison. Le TNT B0 montre la fréquence de dégâts sur pousses la plus élevée à la fin des observations. La modalité B1 (référence Bio) présente une fréquence de pousses attaquées faible (6,5%) et significativement différente du TNT. L'action translaminaire de Neemazal® lui permet, dans une certaine mesure, d'être efficace même lorsque les pucerons sont cachés sous ou à l'intérieur des feuilles enroulées (Brest, 1997).

Au regard de l'évolution de la fréquence de dégât, on constate que jusqu'à la date du 22 mai, les modalités traitées présentaient de faibles niveaux d'attaque. C'est à partir de l'observation du 30 mai que certaines modalités ont vu leur efficacité chuter.

Les modalités B2 (Flipper® x 2 en floraison 1 et 2), B3 (2 lâchers de d'œufs de chrysope en floraison 1 et 2) et B4 (taille en vert en post-floraison) présentent des dégâts sur pousses assez faibles (environ 15%) avec aucune différence significative avec le traitement de vraisemblance B5. L'efficacité de ces modalités est donc due uniquement aux traitements réalisés avant la floraison. Il n'est donc pas possible de discriminer ces stratégies.

En effet, des essais à la société Raison'Alpes n'ont pas obtenu de résultats concluants concernant l'efficacité des chrysope contre les pucerons cendrés (Colomb, 2017).

De plus, il se pourrait que l'inefficacité des œufs de chrysope soit causée par des températures assez basses qui ont engendré un retard sur leur cycle développement. Selon insectosphere.fr, la température optimale pour que l'œuf devienne adulte en 25 jours est à 28°C et lorsqu'elle est à 16°C, il prend 69 jour pour le devenir.

Cependant les œufs utilisés, sont livrés à un stade de développement qui permet leur émergence après seulement quelques jours (3 à 4 jours). Dans nos conditions d'essai ces applications n'ont pas apporté de résultat concluant.

Aussi, l'intensification du nombre de foyers de pucerons n'est pas corrélée avec la période d'application des œufs de chrysope. Lors de l'émergence des chrysope (début mai) la pression sur les modalités B3, B7 et B10 n'excède pas 1.5% de pousses attaquées. Dans ce contexte de



faible pression, les chrysope n'ont donc pas pu s'alimenter et ont dépéris avant l'intensification des populations de pucerons cendrés.

La taille en vert n'a pas été réalisée du fait de la migration précoce du puceron cendré. Ainsi faudra remettre en place cette modalité (B4) l'an prochain pour tester son efficacité dans la gestion du puceron cendré.

Les modalités B7 (Limocide® x 2 en automne et œufs de chrysope x 2 en floraison 1 et 2) et B8 (Limocide® x2 en automne et traitements préfloraison uniquement) montrent des dégâts sur pousses importants, légèrement en dessous du TNT B0. Ces résultats sont similaires au traitement automnal Limocide® de l'essai Action 1 PU malgré l'ajout d'applications au printemps. On pourrait penser que cette légère efficacité des modalités B7 et B8 provient de l'application du Limocide® à l'automne. Cependant, quand on compare la modalité B5 avec les modalités B7 et B8, on voit que les résultats ne sont pas cohérents avec le traitement automnal Limocide® de l'action 1. Dans l'action 2 AB, la modalité B5 est moins touchée que les modalités B7 et B8 alors qu'elle n'a pas reçu de traitement à l'automne. On en conclut que cela est dû à l'hétérogénéité des dégâts sur la parcelle de l'essai.

Dans le cas de la modalité B6, on ne peut pas dire que l'application de Flipper pendant floraison engendre une meilleure efficacité que les modalités B7 et B8. En effet, au regard de B5, on constate le même niveau d'efficacité que la modalité B6. C'est la forte hétérogénéité des dégâts qui est responsable de l'incohérence de ces résultats.

La modalité B9 apparaît comme le traitement le plus efficace, présentant une absence de dégâts sur pousses. Les modalités B10 (Chélate de Cuivre en automne et 2 lâchers d'œufs de chrysope en floraison 1 et 2) et B11 (Chélate de Cuivre en automne et traitements préfloraison uniquement) présentent une fréquence de dégâts sur pousses à plus de 10%. L'application du Flipper® pendant la floraison semble avoir un effet en présence d'une application de chélate de cuivre à l'automne. En effet, le Chélate de Cuivre permet de réduire l'appétence des ovipares et des gynopares en provoquant la chute des feuilles. La colonie de pucerons est ainsi diminuée. Cette intervention est nécessaire car elle va permettre aux produits appliqués au printemps (floraison 1 et 2), de pouvoir contrôler le développement des pucerons.

#### **4.4. Essai stratégie PFI automne/printemps (Action 2 PU) :**

Comme dans l'essai conduit en agriculture biologique (Action 2 PU AB), on constate que jusqu'à la date du 22 mai, les modalités traitées présentaient de faibles niveaux d'attaque. C'est à partir de l'observation du 30 mai que certaines modalités ont vu leur efficacité chuter.

On remarque que la modalité référence P1 présente des dégâts sur pousses importants (30 mai). L'application du Movento® en post-floraison ne donne pas de résultat efficace. En effet, sur le secteur Tarn et Garonne il y a eu beaucoup d'échecs de protection qui pourraient être dû au Movento® (CEFEL).

Toutes les modalités traitées affichent la même application en sortie d'hiver (Ovipron® + Karaté Zéon®). Ces deux derniers sont un traitement référence à ce stade de développement du



pommier.

Les modalités P2 et P3 montrent une efficacité supérieure à la référence P1. Cette efficacité, est principalement due à l'application de Neemazal® en post floraison en remplacement du Movento®. Des essais antérieurs menés au CEFEL ayant montré une efficacité moindre du Limocide® par rapport aux pyrèthres, ce gain d'efficacité ne peut pas lui être attribué.

Les modalités P1, P6 et P7 présentent une faible efficacité. C'est résultats corroborent le manque d'efficacité du Movento® en 2023 évoqué précédemment. De plus, des résistances à la flonicamide (substance active du Teppeki®) ont été observées depuis 2 ans sur le département du Tarn et Garonne.

La modalité P4 apparait similaire au TNT. Ce manque d'efficacité serait lié à l'absence d'application de Neemazal® en post-floraison (Ballion, 2022) et d'une pyrèthre en préfloraison 2 (Klartan Jet), mais également à l'absence de traitement en automne.

La modalité P5, rassemblant le Karaté Zéon® et le Limocide® en préfloraison en plus des œufs de chrysopes en floraison, ne favorise pas la réduction des dégâts sur pousses. Ceci serait dû à l'inefficacité des œufs chrysopes comme nous l'avons expliqué auparavant.

Les modalités P8 et P9 présentent des applications de Nori Pro® en automne en plus d'une association de produits au printemps. La modalité P8 est plus efficace que la modalité P9. Cette différence, est due à l'application du Flipper® en floraison. Celui-ci a démontré son efficacité en présence de traitement automnal dans notre essai AB. De plus le lâcher d'œufs de chrysopes en floraison semble n'avoir eu aucun effet sur les pucerons.

Les modalités P10 et P11 partagent la même stratégie automnale (Chélate de Cuivre) et se différencient sur le traitement en floraison. On constate que la modalité P10 a un pourcentage de pousses dégradées moindre que la modalité P11. L'application du Flipper® après un traitement automnal en période de floraison a vraisemblablement permis de réduire la colonie de pucerons chez la modalité P10. Ceci corrobore nos précédentes suggestions sur l'efficacité du Flipper®. Pour la modalité P11, l'application des œufs de chrysopes en floraison ne semble pas avoir d'effet même en présence d'un traitement automnal, appuyant un peu plus nos hypothèses concernant son inefficacité.

## 5. Conclusion et perspectives

Le puceron cendré reste l'un des ravageurs les plus problématiques du pommier. Il est redouté par les pomiculteurs à cause de la rapidité de son développement et les dégâts qu'il cause sur pousses et sur fruits.

L'étude d'efficacité des différents traitements appliqués sur les 3 essais, a mis en évidence, l'intérêt d'être vigilant lors du suivi de pucerons cendrés avec des OAD. Bien que les résultats du suivi RIMpro et du suivi effectué par le CEFEL concordent sur la stratégie printanière, les prédictions automnales n'ont pas été fiables.

L'ensemble des résultats des traitements automnaux semble encourageant dans l'optique d'alléger les stratégies de lutte contre le puceron cendré au printemps. En effet, le Flipper® s'est



avéré être efficace en complément d'un traitement automnal au Nori Pro®. Aussi, une seule application de Neemazal® en préfloraison en présence d'un traitement automnal au Chélate de cuivre permet de se passer de l'application en post-floraison. De plus, les résultats de l'essai prophylactique Action 1 PU, sont encourageant dans l'objectif de trouver des solutions viables économiquement et respectueuses de l'environnement en se passant de certains insecticides après la floraison.

De ces essais, on a également pu mettre en évidence l'importance du positionnement des produits sur l'efficacité des traitements. Notamment le Nori Pro® dont l'efficacité est importante, lorsqu'il est pulvérisé en encadrement du pic du vol retour à l'automne. Le positionnement du Limocide® montre également une potentielle efficacité lorsqu'il est appliqué en préfloraison en 2023 et dans nos conditions d'essai.

Les produits phytosanitaires sont essentiels dans la gestion du puceron cendré en vergers de pommiers. La plupart des études se sont focalisées sur l'application de ces aphicides uniquement sur le pommier mais trop peu sur le 2<sup>ème</sup> hôte. En effet installer des plantations de plantains sauvages proches des vergers pourrait être une solution intéressante pour cibler les pucerons ailés en été et empêcher leur accouplement lors du vol retour à l'automne. L'inconvénient de cette approche est l'obligation de pulvériser près du sol. Ceci limite le choix des produits phytosanitaires qui ne sont pas tous homologués pour ce genre de pulvérisation. De plus ceci nécessiterait la création d'un nouvel outil permettant la couverture de l'inter-rang.

Face aux risques de développements de résistances des pucerons s'ajoutent les retraits de produits phytosanitaires. Les recherches se sont tournées vers la régulation naturelle de *Dysaphis plantaginea* en présence de plantes de services attirant les auxiliaires mais cela n'a pas donné de résultats satisfaisants. Il semblerait que la relation mutualiste entre le puceron et les fourmis le protège contre les auxiliaires. Ainsi, des études plus poussées sur les fourmis pourraient constituer un levier important dans le contrôle du puceron cendré.

D'autre part, la génétique pourrait constituer un levier important dans la diminution des traitements. En effet, quatre gènes potentiellement impliqués dans la résistance du pommier aux pucerons cendrés, ont été identifiés chez le cultivar Florina (Dall'Agata *et al.*, 2018). Des analyses fonctionnelles supplémentaires par transformation génétique sont nécessaires pour bien comprendre le rôle de ces gènes dans la résistance au *Dysaphis plantaginea*.



## 6. Références bibliographiques

### 6.1. Ouvrages :

- Albert L, Franck P, Gilles Y, Plantegenest M.** 2017. Impact of Agroecological Infrastructures on the Dynamics of *Dysaphis plantaginea* (Hemiptera: Aphididae) and Its Natural Enemies in Apple Orchards in Northwestern France. *Environmental Entomology* **46**, 528–537.
- Alhmedi A, Bylemans D, Bangels E, Beliën T.** 2022. Cultivar-mediated effects on apple–*Dysaphis plantaginea* interaction. *Journal of Pest Science* **95**, 1303–1315.
- Alins G, Alegre S, Avilla J.** 2017. Alternative to azadirachtin to control *Dysaphis plantaginea* Passerini (Hemiptera: Aphidae) in organic apple production. *Biological Agriculture & Horticulture* **33**, 235–246.
- Andreev R, Kutinkova H, Rasheva D.** 2012. Non-chemical control of *Aphis spiraeicola* patch. and *Dysaphis plantaginea* pass. on apple. *Journal of Biopesticides* **5**, 239–242.
- Androuin M.** 2021. 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. other, Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes (CTIFL), La Mornière, 37800 Saint-Épain.
- Angeli G, Simoni S.** 2006. Apple cultivars acceptance by *Dysaphis plantaginea* Passerini (Homoptera: Aphididae). *Journal of Pest Science* **79**, 175–179.
- Baggiolini M.** 1952. Les stades repères dans le développement annuel de la vigne et leur utilisation pratique. **8**, 4–6.
- Ballion S.** 2022. Puceron cendré - Comment lutter ? Synthèse des résultats CEFEL.
- Ben-Issa R, Gomez L, Gautier H.** 2017. Companion Plants for Aphid Pest Management. *Insects* **8**, 112.
- BERUD M, REYNIER C, ORNY F, LAURENT C, GHIRONZI J, PLANCHE J.** 2016. *Puceron cendré du pommier Dysaphis plantaginea Lutte à l'automne: barrière physique, huiles minérales, défoliation*. LA PUGERE: LA PUGERE.
- Bloesch B, Viret O.** 2013. Stades phénologiques repères des fruits à pépins (pommier et poirier). **Vol. 45**, 128–131.
- Blommers LHM, Helsen HHM, Vaal FWNM.** 2004. Life history data of the rosy apple aphid *Dysaphis plantaginea* (Pass.) (Homopt., Aphididae) on plantain and as migrant to apple. *Journal of Pest Science* **77**, 155–163.
- Brest O.** 1997. Puceron cendré •• les solutions bio. **25**, 69.
- Brown MW, Mathews CR.** 2007. Conservation Biological Control of Rosy Apple Aphid, *Dysaphis plantaginea* (Passerini), in Eastern North America. *Environmental Entomology* **36**, 1131–1139.
- Bürgel K, Daniel C, 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* **129**, 311–314.
- Bylemans D.** 2000. RECENT EXPERIENCES AND OPINIONS ON ROSY APPLE APHID CONTROL IN IPM MANAGED ORCHARDS. *Acta Horticulturae*, 291–298.
- Colomb M.** 2017. Les méthodes de lutte alternatives contre le puceron cendré (*Dysaphis plantaginea*) chez le pommier.
- Cornille A, Antolín F, Garcia E, Vernesi C, Fietta A, Brinkkemper O, Kirleis W, Schlumbaum A, Roldán-Ruiz I.** 2019. A Multifaceted Overview of Apple Tree Domestication. *Trends in Plant Science* **24**, 770–782.
- Cross JV, Cubison S, Harris A, Harrington R.** 2007. Autumn control of rosy apple aphid, *Dysaphis plantaginea* (Passerini), with aphicides. *Crop Protection* **26**, 1140–1149.
- Dall'Agata M, Pagliarani G, Padmarasu S, et al.** 2018. Identification of candidate genes at the Dp-fl locus conferring resistance against the rosy apple aphid *Dysaphis plantaginea*. *Tree Genetics & Genomes* **14**, 12.
- Dardouri T, Gautier H, Ben Issa R, Costagliola G, Gomez L.** 2019. Repellence of *Myzus persicae* (Sulzer): evidence of two modes of action of volatiles from selected living aromatic plants. *Pest Management Science* **75**, 1571–1584.
- Dardouri T, Gomez L, Ameline A, Costagliola G, Schoeny A, Gautier H.** 2021. Non-host volatiles disturb the feeding behavior and reduce the fecundity of the green peach aphid, *Myzus persicae*. *Pest Management Science* **77**, 1705–1713.
- Dib H, Simon S, Sauphanor B, Capowiez Y.** 2010. The role of natural enemies on the population dynamics of the rosy apple aphid, *Dysaphis plantaginea* Passerini (Hemiptera: Aphididae) in organic apple orchards in south-eastern France. *Biological Control* **55**, 97–109.
- Dieudonné E, Gautier H, Dardouri T, Staudt M, Costagliola G, Gomez L.** 2022. Establishing repellent effects of aromatic companion plants on *Dysaphis plantaginea*, using a new dynamic tubular olfactometer. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **170**, 727–743.
- Duval-Chabousseau A, Alison B, Leblois A, Berud M, Baillon S, Vallejo V.** 2023. Évaluation de techniques automnales pour maîtriser le puceron cendré. <https://plateforme-documentaire.ctifl.fr/Record.htm?idlist=7&record=19561713124913899959>. Accessed April 2023.



- Földesi R, Kovács-Hostyánszki A, Kőrösi Á, et al.** 2016. Relationships between wild bees, hoverflies and pollination success in apple orchards with different landscape contexts. *Agricultural and Forest Entomology* **18**, 68–75.
- Footitt RG, Halbert SE, Miller GL, Maw E, Russell LM.** 2006. Adventive aphids (Hemiptera: Aphididae) of America north of Mexico. *Proceedings of the Entomological Society of Washington* **108**, 583–610.
- Ismail M, Tougeron K, Vriamont A, Hance T, Albittar L.** 2022. Thermal tolerance of the rosy apple aphid *Dysaphis plantaginea* and its parasitoids: Effect of low temperatures on some fitness activities of *Aphidius matricariae*. *Journal of Thermal Biology* **110**, 103377.
- Jenser G, Balázs K, Erdélyi C, Haltrich A, Kádár F, Kozár F, Markó V, Rácz V, Samu F.** 1999. Changes in arthropod population composition in IPM apple orchards under continental climatic conditions in Hungary. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **73**, 141–154.
- Katayama N, Hembry DH, Hojo MK, Suzuki N.** 2013. Why do ants shift their foraging from extrafloral nectar to aphid honeydew? *Ecological Research* **28**, 919–926.
- Markó V, Blommers LHM, Bogya S, Helsen H.** 2008. Kaolin particle films suppress many apple pests, disrupt natural enemies and promote woolly apple aphid. *Journal of Applied Entomology* **132**, 26–35.
- Miñarro M, Fernández-Mata G, Medina P.** 2010. Role of ants in structuring the aphid community on apple. *Ecological Entomology* **35**, 206–215.
- Olvera-Vazquez SG, Remoué C, Venon A, et al.** 2021. Large-scale geography survey provides insights into the colonization history of a major aphid pest on its cultivated apple host in Europe, North America and North Africa. *Peer Community Journal* **1**, e34.
- Pagliarani G, Dapena E, Miñarro M, Denancé C, Lespinasse Y, Rat-Morris E, Troglio M, Durel CE, Tartarini S.** 2016. Fine mapping of the rosy apple aphid resistance locus Dp-fl on linkage group 8 of the apple cultivar 'Florina'. *Tree Genetics & Genomes* **12**, 56.
- Pol M, Schmidtke K, Lewandowska S.** 2021. *Plantago lanceolata* – An overview of its agronomically and healing valuable features. *Open Agriculture* **6**, 479–488.
- Ricard J-M, Garcin A, Jay M, Mandrin J-F.** 2012. *Biodiversité et régulation des ravageurs en arboriculture fruitière*. Duong-Minh Nguyen, Ctifl.
- Riva-Cambrin M.** 2019. *MASTER II Biologie Végétale « Plant Integrative Biology and Breeding »*.
- Trillot M, Masseron M, Bergougnoux F, Hutin C, Lespinasse Y.** 2002. *Le pommier*.
- Turpeau E, Hullé M, Chaubet B.** 2023. Encyclop'Aphid : l'encyclopédie des pucerons - Cycles biologiques. <https://www6.inrae.fr/encyclopedie-pucerons/Qu-est-ce-qu-un-puceron/Cycles-biologiques>. Accessed March 2023.

## 6.2. Sitographie :

- Adama France :** [consulté le 07/08/2023]  
<https://www.adama.com/france/fr/protection-des-cultures/insecticides/klartan-jet>
- Agence Bio :** [consulté le 10/03/2023]  
<https://www.produire-bio.fr/articles-pratiques/les-chiffres-nationaux-de-la-filiere-fruits-bio-2019/>
- Cycle biologique puceron :** [consulté le 11/03/2023]  
[https://www.proverbio-interreg.eu/images/medias/puceron\\_reduit.pdf](https://www.proverbio-interreg.eu/images/medias/puceron_reduit.pdf)
- Éclaircissage chimique, manuel et mécanique :** [consultés le 15/03/2023]  
<https://www.reussir.fr/fruits-legumes/pomme-une-strategie-en-trois-temps-pour-eclaircir-ses-pommiers-en-bio>  
<https://www.cropscience.bayer.be/fr-FR/AllProducts/Seeds/Ethephon-Classic>  
[https://www.parl-image.org/wp-content/uploads/2021/06/IMG\\_0402-scaled.jpg](https://www.parl-image.org/wp-content/uploads/2021/06/IMG_0402-scaled.jpg)
- FranceAgriMer chiffre du bio et production Gala, Golden et granny Smith :** [consultés le 13/03/2023]  
<https://agriculture.gouv.fr/quels-sont-les-chiffres-du-bio-en-2021#:~:text=En%202021%2C%20on%20compte%2058,est%20donc%20franchi%20en%202021.>  
[https://rnm.franceagrimer.fr/bilan\\_campagne?pomme](https://rnm.franceagrimer.fr/bilan_campagne?pomme)
- Indicateur de fréquence de traitements (IFT) :** [consulté le 08/03/2023]  
<https://agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-web/download/publication/publie/ChdAgr245/cd245bsva.pdf>
- Insectosphere.fr :** [consulté le 02/08/2023]  
<https://www.insectosphere.fr/chrysopes>
- Planetoscope :** [consulté le 10/03/2023]  
<https://www.planetoscope.com/fruits-legumes/391-production-de-pommes-en-france.html>
- Puceron cendré aptère et ailé :** [consulté le 15/03/2023]  
<https://www6.inrae.fr/encyclopedie-pucerons/Especes/Pucerons/Dysaphis/D.-plantaginea>
- Stades phénologiques pommiers :** [consulté le 14/03/2023]  
<https://twitter.com/VergersEcoResp/status/1376451564328480770/photo/1>
- Statista.com :** [consulté le 13/03/2023]  
<https://fr.statista.com/statistiques/571584/principaux-pays-producteurs-de-pommes-dans-le-monde>.



# Annexe I : Analyses statistiques sur StatBox essai Action 1 PU 3 mai

## Indices de normalité (coefficients de K.PEARSON) :

Symétrie (valeur idéale théorique = 0) : Beta 1 = 0,067 Prob. : 0,584  
 Aplatissement (valeur idéale théorique = 3) : Beta 2 = 2,083 Prob. : 0,318

## Résidus suspects (méthode de GRUBBS) :

Aucun résidu suspect

## Cartographie des résidus :

	1	2	3	4
1				
2				
3				
4				
5				
6				

## Légende :

	Donnée manquante
	< - 1,999
	< 0,000
	< 1,999
	< 999999,000

## Ecart type des résidus :

### Ecart-types facteur 1 = Modalité

	E.T.
1 (M1)	3,156
2 (M2)	1,232
3 (M3)	2,762
4 (M4)	3,491
5 (M5)	4,078
6 (M6)	4,277

$kh^2 = 3,826$  Prob. = 0,57686

### Ecart-types blocs = Bloc

	E.T.
1 (B1)	2,503
2 (B2)	3,011
3 (B3)	3,578
4 (B4)	3,406

$kh^2 = 0,661$  Prob. = 0,88286

## Test de Tukey :

SCE test de TUKEY = 9,224 Prob. = 0,428

Test non significatif

## Analyse de variance :

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var.TOTALE	813,333	23	35,362		
Var.FACTEUR 1	549,333	5	109,867	8,295	0,001
Var.BLOCS	65,333	3	21,778	1,644	0,221
VAR.RESIDUELLE 1	198,667	15	13,244		

## Comparaisons de moyennes

### Test de Newman-Keuls au seuil 5% :

FACTEUR 1 : Modalité

Valeur des PPAS

Nombre de moyennes	PPAS
2	5,488
3	6,679
4	7,413
5	7,945
6	8,361

### Groupes homogènes

Id	Modalité	Moyenne	Groupes homogènes
1	M1	16,500	A
3	M3	11,000	B
4	M4	7,500	B
6	M6	4,000	B
2	M2	3,500	B
5	M5	3,500	B



## Annexe II : Analyses statistiques sur StatBox essai Action 1 PU 16 mai

### Indices de normalité (coefficients de K.PEARSON) :

Symétrie (valeur idéale théorique = 0) : Beta 1 = 0,247 Prob. : 0,292

Aplatissement (valeur idéale théorique = 3) : Beta 2 = 3,693 Prob. : 0,450

### Résidus suspects (méthode de GRUBBS) :

résidu suspect n°1 : observation n°9; facteur 1 = Modalité, niveau 3 = M3

### Cartographie des résidus :

	1	2	3	4
1				
2				
3				
4				
5				
6				

### Légende :

	Donnée manquante
	< - 5,126
	< 0,000
	< 5,126
	< 999999,000

### Ecart type des résidus :

Ecart-types facteur 1 = Modalité	
	E. T.
1 (M1)	12,078
2 (M2)	3,573
3 (M3)	14,247
4 (M4)	3,696
5 (M5)	2,425
6 (M6)	7,386

$kh^2 = 11,908$  Prob. = 0,03578

### Ecart-types blocs = Bloc

	E. T.
1 (B1)	11,599
2 (B2)	4,893
3 (B3)	7,230
4 (B4)	7,119

$kh^2 = 3,508$  Prob. = 0,31957

### Comparaisons de moyennes

#### Test de Newman-Keuls au seuil 5% :

Test de Newman-keuls non significatif

#### Test de Kruskal Wallis :

Remarque : le H de Kruskal-Wallis a été calculé en tenant compte des ex æquo

Valeur observée du H de Kruskal-Wallis distribué comme un  $\chi^2$  (ddl = 5) : 11,051

P-value associée : 0,050

Le test étant unilatéral, la p-value est comparée au seuil de signification Alpha : 0,050

Valeur critique du H de Kruskal-Wallis distribué comme un  $\chi^2$  (ddl = 5) : 11,046

#### Conclusion :

Au seuil de signification Alpha : 0,050 on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle d'absence de différence entre les 6 groupes  
Autrement dit, la différence entre les groupes n'est pas significative



## Annexe III : Analyses statistiques sur StatBox essai Action 1 PU 22 mai

### Indices de normalité (coefficients de K.PEARSON) :

Symétrie (valeur idéale théorique = 0) : Beta 1 = 0,002 Prob. : 0,922  
 Aplatissement (valeur idéale théorique = 3) : Beta 2 = 1,769 Prob. : 0,180

### Résidus suspects (méthode de GRUBBS) :

Aucun résidu suspect

### Cartographie des résidus :

	1	2	3	4
1				
2				
3				
4				
5				
6				

### Légende :

	Donnée manquante
	< -5,776
	< 0,000
	< 5,776
	< 999999,000

### Ecart type des résidus :

#### Ecart-types facteur 1 = Modalité

	E.T.
1 (M1)	8,821
2 (M2)	10,971
3 (M3)	10,808
4 (M4)	8,688
5 (M5)	7,396
6 (M6)	10,389

$kh^2 = 0,611$  Prob. = 0,98533

#### Ecart-types blocs = Bloc

	E.T.
1 (B1)	8,305
2 (B2)	9,704
3 (B3)	10,265
4 (B4)	7,960

$kh^2 = 0,409$  Prob. = 0,93747

### Test de Tukey :

SCE test de TUKEY = 10,584 Prob. = 0,766  
 Test non significatif

### Analyse de variance :

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
VarTOTALE	3442,000	23	149,652		
Var.FACTEUR 1	1622,000	5	324,400	2,933	0,048
Var.BLOCS	160,667	3	53,556	0,484	0,701
VAR.RESIDUELLE 1	1659,333	15	110,622		



## Annexe IV : Analyses statistiques sur StatBox essai Action 1 PU 30 mai

### Indices de normalité (coefficients de K.PEARSON) :

Symétrie (valeur idéale théorique = 0) : Beta 1 = 0,035 Prob. : 0,693  
 Aplatissement (valeur idéale théorique = 3) : Beta 2 = 1,759 Prob. : 0,176

### Résidus suspects (méthode de GRUBBS) :

Aucun résidu suspect

### Cartographie des résidus :

	1	2	3	4
1				
2				
3				
4				
5				
6				

### Légende :

	Donnée manquante
	< - 9,085
	< 0,000
	< 9,085
	< 999999,000

### Ecart type des résidus :

Ecart-types facteur 1 = Modalité	
	E.T.
1 (M1)	19,538
2 (M2)	13,423
3 (M3)	19,054
4 (M4)	11,535
5 (M5)	9,199
6 (M6)	15,032

$kh^2 = 2,114$  Prob. = 0,83452

Ecart-types blocs = Bloc	
	E.T.
1 (B1)	16,048
2 (B2)	18,032
3 (B3)	9,785
4 (B4)	11,947

$kh^2 = 2,029$  Prob. = 0,57022

### Test de Tukey :

SCE test de TUKEY = 10,213 Prob. = 0,849

Test non significatif

### Analyse de variance :

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var.TOTALE	9931,833	23	431,819		
Var.FACTEUR 1	5354,833	5	1070,967	3,913	0,018
Var.BLOCS	471,167	3	157,056	0,574	0,644
VAR.RESIDUELLE 1	4105,833	15	273,722		



# Annexe V : Analyses statistiques sur StatBox essai Action 2 PU AB 3 mai

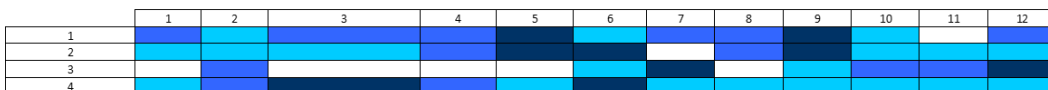
Indices de normalité (coefficients de K. PEARSON) :

Symétrie (valeur idéale théorique = 0) : Beta 1 = 0,170 Prob. : 0,229  
 Aplatissement (valeur idéale théorique = 3) : Beta 2 = 9,060 Prob. : 0,000

Résidus suspects (méthode de GRUBBS) :

résidu suspect n°1 : observation n°1; facteur 1 = F1, niveau 1 = B0  
 résidu suspect n°2 : observation n°3; facteur 1 = F1, niveau 1 = B0

Cartographie des résidus :



**Test de Tukey :**

Légende :

Donnée manquante
< - 1,294
< 0,000
< 1,294
< 999999,000

SCE test de TUKEY = 124,062 Prob. = 0,000

ATTENTION : les hypothèses de l'analyse de variance ne sont pas bien respectées

Il y a une interaction Traitements \* Blocs

Ecart type des résidus :

Ecarts-types facteur 1 = F1

	E.T.
1 (B0)	6,202
2 (B1)	0,599
3 (B2)	2,166
4 (B3)	1,443
5 (B4)	0,551
6 (B5)	0,798
7 (B6)	0,599
8 (B7)	0,798
9 (B8)	1,462
10 (B9)	1,462
11 (B10)	1,674
12 (B11)	1,443

$khi^2 = 36,334$  Prob. = 0,00017

ATTENTION : les hypothèses de l'analyse de variance ne sont pas bien respectées  
 Les variances intra-traitements (blocs) ne sont pas homogènes

Ecarts-types blocs = Bloc

	E.T.
1 (B1)	2,207
2 (B2)	1,384
3 (B3)	2,692
4 (B4)	1,196

$khi^2 = 8,876$  Prob. = 0,03056

**Analyse de variance :**

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var.TOTALE	373,917	47		7,956	
Var.FACTEUR 1	180,917	11		16,447	0,005
Var.BLOCS	22,917	3		7,639	1,482
VAR.RESIDUELLE 1	170,083	33		5,154	0,236

**Test de Kruskal Wallis :**

Remarque : le H de Kruskal-Wallis a été calculé en tenant compte des ex æquo

Valeur observée du H de Kruskal-Wallis distribué comme un  $khi^2$  (ddl = 11) : 12,189

P-value associée : 0,350

Le test étant unilatéral, la p-value est comparée au seuil de signification Alpha : 0,050

Valeur critique du H de Kruskal-Wallis distribué comme un  $khi^2$  (ddl = 11) : 19,663

Conclusion :

Au seuil de signification Alpha : 0,050 on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle d'absence de différence entre les 12 groupes  
 Autrement dit, la différence entre les groupes n'est pas significative



# Annexe VI : Analyses statistiques sur StatBox essai Action 2 PU AB 11 mai

## Indices de normalité (coefficients de K.PEARSON) :

Symétrie (valeur idéale théorique = 0) : Beta 1 = 0,005 Prob. : 0,843  
 Aplatissement (valeur idéale théorique = 3) : Beta 2 = 12,511 Prob. : 0,000

## Résidus suspects (méthode de GRUBBS) :

résidu suspect n°1 : observation n°1; facteur 1 = Modalité, niveau 1 = B0  
 résidu suspect n°2 : observation n°3; facteur 1 = Modalité, niveau 1 = B0

## Cartographie des résidus :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1												
2												
3												
4												

## Légende :

	Donnée manquante
	< - 0,927
	< 0,000
	< 0,927
	< 999999,000

## Ecart type des résidus :

Ecart-types facteur 1 = Modalité	
	E.T.
1 (B0)	4,560
2 (B1)	0,360
3 (B2)	1,381
4 (B3)	1,255
5 (B4)	0,680
6 (B5)	1,459
7 (B6)	0,680
8 (B7)	1,063
9 (B8)	0,360
10 (B9)	0,360
11 (B10)	0,360
12 (B11)	0,360

$khi^2 = 46,533$  Prob. = 0,0

## Ecart-types blocs = Bloc

	E.T.
1 (B1)	1,899
2 (B2)	0,492
3 (B3)	1,907
4 (B4)	0,674

$khi^2 = 25,162$  Prob. = 0,00002

SCE test de TUKEY = 55,112 Prob. = 0,000

ATTENTION : les hypothèses de l'analyse de variance ne sont pas bien respectées

Il y a une interaction Traitements \* Blocs

## Analyse de variance :

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var.TOTALE	312,000	47	6,638		
Var.FACTEUR 1	220,000	11	20,000	7,557	0,000
Var.BLOCS	4,667	3	1,556	0,588	0,631
VAR.RESIDUELLE 1	87,333	33	2,646		

## Test de Kruskal Wallis :

Remarque : le H de Kruskal-Wallis a été calculé en tenant compte des ex æquo

Valeur observée du H de Kruskal-Wallis distribué comme un  $khi^2$  (ddl = 11) : 24,156

P-value associée : 0,012

Le test étant unilatéral, la p-value est comparée au seuil de signification Alpha : 0,050

Valeur critique du H de Kruskal-Wallis distribué comme un  $khi^2$  (ddl = 11) : 19,663

## Conclusion :

Au seuil de signification Alpha : 0,050 on peut rejeter l'hypothèse nulle d'absence de différence entre les 12 groupes

Autrement dit, la différence entre les groupes est significative



## Annexe VII : Analyses statistiques sur StatBox essai Action 2 PU AB 22 mai

### Indices de normalité (coefficients de K.PEARSON) :

Symétrie (valeur idéale théorique = 0) : Beta 1 = 0,022 Prob. : 0,665

Aplatissement (valeur idéale théorique = 3) : Beta 2 = 5,903 Prob. : 0,000

### Résidus suspects (méthode de GRUBBS) :

résidu suspect n°1 : observation n°1; facteur 1 = Modalité, niveau 1 = B0

résidu suspect n°2 : observation n°3; facteur 1 = Modalité, niveau 1 = B0

### Cartographie des résidus :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1												
2												
3												
4												

### Légende :

	Donnée manquante
	< - 2,360
	< 0,000
	< 2,360
	< 999999,000

### Ecart type des résidus :

#### Ecart-types facteur 1 = Modalité

	E.T.
1 (B0)	8,880
2 (B1)	2,598
3 (B2)	2,608
4 (B3)	3,201
5 (B4)	2,753
6 (B5)	1,404
7 (B6)	0,498
8 (B7)	2,901
9 (B8)	4,657
10 (B9)	1,189
11 (B10)	6,379
12 (B11)	2,006

$khi^2 = 28,333$  Prob. = 0,00297

### Ecart-types blocs = Bloc

	E.T.
1 (B1)	4,035
2 (B2)	1,823
3 (B3)	4,356
4 (B4)	3,589

$khi^2 = 7,717$  Prob. = 0,05132

### Test de Kruskal Wallis :

Remarque : le H de Kruskal-Wallis a été calculé en tenant compte des ex aequo

Valeur observée du H de Kruskal-Wallis distribué comme un  $khi^2$  (ddl = 11) : 22,264

P-value associée : 0,022

Le test étant unilatéral, la p-value est comparée au seuil de signification Alpha : 0,050

Valeur critique du H de Kruskal-Wallis distribué comme un  $khi^2$  (ddl = 11) : 19,663

### Conclusion :

Au seuil de signification Alpha : 0,050 on peut rejeter l'hypothèse nulle d'absence de différence entre les 12 groupes

Autrement dit, la différence entre les groupes est significative

### Test de Tukey :

SCE test de TUKEY = 154,902 Prob. = 0,002

ATTENTION : les hypothèses de l'analyse de variance ne sont pas bien respectées

Il y a une interaction Traitements \* Blocs

### Analyse de variance :

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var.TOTALE	3733,917	47	79,445		
Var.FACTEUR 1	3116,917	11	283,356	16,518	0,000
Var.BLOCS	50,917	3	16,972	0,989	0,411
VAR.RESIDUELLE 1	566,083	33	17,154		



## Annexe VIII : Analyses statistiques sur StatBox essai Action 2 PU AB 30 mai

Indices de normalité (coefficients de K.PEARSON) :

Symétrie (valeur idéale théorique = 0) : Beta 1 = 0,003 Prob. : 0,881

Aplatissement (valeur idéale théorique = 3) : Beta 2 = 2,421 Prob. : 0,390

Résidus suspects (méthode de GRUBBS) :

Aucun résidu suspect

Cartographie des résidus :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1												
2												
3												
4												

Légende :

	Donnée manquante
	< - 8,878
	< 0,000
	< 8,878
	< 999999,000

Ecart type des résidus :

Ecarts-types facteur 1 = F1

	E.T.
1 (B0)	7,343
2 (B1)	15,069
3 (B2)	7,312
4 (B3)	19,693
5 (B4)	19,262
6 (B5)	13,961
7 (B6)	11,199
8 (B7)	25,348
9 (B8)	17,305
10 (B9)	6,030
11 (B10)	9,447
12 (B11)	13,765

$khi^2 = 10,692$  Prob. = 0,46978

Ecarts-types blocs = Bloc

	E.T.
1 (B1)	8,375
2 (B2)	11,399
3 (B3)	17,092
4 (B4)	15,367

$khi^2 = 5,923$  Prob. = 0,11368

Comparaisons de moyennes

Test de Newman-Keuls au seuil 5% :

FACTEUR 1 : F1

Valeur des PPAS

Nombre de moyennes	PPAS
2	22,421
3	27,031
4	29,801
5	31,780
6	33,316
7	34,568
8	35,624
9	36,535
10	37,335
11	38,048
12	38,691

Groupes homogènes

Id	Modalité	Moyenne	Groupes homogènes
1	B0	54,000	A
9	B8	38,000	A B
8	B7	35,500	A B
12	B11	20,000	B
11	B10	16,000	B
6	B5	15,000	B
3	B2	14,000	B
7	B6	13,500	B
4	B3	13,000	B
5	B4	12,000	B
2	B1	6,500	B
10	B9	0,000	B

Test de Tukey :

SCE test de TUKEY = 723,748 Prob. = 0,081

Test non significatif

Analyse de variance :

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var.TOTALE	19457,917	47	413,998		
Var.FACTEUR 1	10136,917	11	921,538	3,796	0,001
Var.BLOCS	1308,917	3	436,306	1,797	0,166
VAR.RESIDUELLE 1	8012,083	33	242,790		



# Annexe IX : Analyses statistiques sur StatBox essai Action 2 PU PFI 3 mai

Indices de normalité (coefficients de K.PEARSON) :

Symétrie (valeur idéale théorique = 0) : Beta 1 = 0,147 Prob. : 0,264  
 Aplatissement (valeur idéale théorique = 3) : Beta 2 = 12,193 Prob. : 0,000

Résidus suspects (méthode de GRUBBS) :

résidu suspect n°1: observation n°1; facteur 1= Modalité, niveau 1 = P0  
 résidu suspect n°2: observation n°3; facteur 1= Modalité, niveau 1 = P0

Cartographie des résidus :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
3	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
4	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Légende :

■	Donnée manquante
■	< - 1,237
■	< 0,000
■	< 1,237
■	< 999999,000

Test de Tukey :

SCE test de TUKEY = 94,137 Prob. = 0,000  
 ATTENTION : les hypothèses de l'analyse de variance ne sont pas bien respectées  
 Il y a une interaction Traitements \* Blocs

Ecart type des résidus :

Ecart-types facteur 1 = Modalité	
	E.T.
1 (P0)	6,510
2 (P1)	0,567
3 (P2)	0,516
4 (P3)	0,567
5 (P4)	1,022
6 (P5)	1,663
7 (P6)	0,567
8 (P7)	0,567
9 (P8)	0,567
10 (P9)	1,174
11 (P10)	0,567
12 (P11)	1,430

khi² = 53,115 Prob. = 0,0

ATTENTION : les hypothèses de l'analyse de variance ne sont pas bien respectées  
 Les variances intra-traitements (blocs) ne sont pas homogènes

Ecarts-types blocs = Bloc

	E.T.
1 (B1)	2,251
2 (B2)	1,322
3 (B3)	2,481
4 (B4)	1,076

khi² = 9,570 Prob. = 0,0224

Analyse de variance :

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var.TOTALE	367,917	47		7,828	
Var.FACTEUR 1	200,917	11		18,265	0,001
Var.BLOCS	11,583	3		3,861	0,820
VAR.RESIDUELLE 1	155,417	33		4,710	0,495

Test de Kruskal Wallis :

Remarque : le H de Kruskal-Wallis a été calculé en tenant compte des ex æquo

Valeur observée du H de Kruskal-Wallis distribué comme un khi² (ddl = 11) : 24,819

P-value associée : 0,010

Le test étant unilatéral, la p-value est comparée au seuil de signification Alpha : 0,050

Valeur critique du H de Kruskal-Wallis distribué comme un khi² (ddl = 11) : 19,663

Conclusion :

Au seuil de signification Alpha : 0,050 on peut rejeter l'hypothèse nulle d'absence de différence entre les 12 groupes  
 Autrement dit, la différence entre les groupes est significative



# Annexe X : Analyses statistiques sur StatBox essai Action 2 PU PFI 11 mai

## Indices de normalité (coefficients de K.PEARSON) :

Symétrie (valeur idéale théorique = 0) : Beta 1 = 0,759 Prob. : 0,011  
 Aplatissement (valeur idéale théorique = 3) : Beta 2 = 4,727 Prob. : 0,010

## Résidus suspects (méthode de GRUBBS) :

résidu suspect n°1 : observation n°18; facteur 1 = Modalité, niveau 5 = P4

## Cartographie des résidus :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1												
2												
3												
4												

## Légende :

	Donnée manquante
	< - 1,545
	< 0,000
	< 1,545
	< 999999,000

## Ecart type des résidus :

Ecart-types facteur 1 = Modalité	
	E.T.
1 (P0)	4,035
2 (P1)	1,474
3 (P2)	0,750
4 (P3)	2,485
5 (P4)	5,083
6 (P5)	3,198
7 (P6)	0,750
8 (P7)	1,474
9 (P8)	0,975
10 (P9)	0,975
11 (P10)	0,975
12 (P11)	3,750

$khi^2 = 26,291$  Prob. = 0,00598

## Ecart-types blocs = Bloc

	E.T.
1 (B1)	2,497
2 (B2)	2,598
3 (B3)	2,388
4 (B4)	1,840

$khi^2 = 1,400$  Prob. = 0,70953

## Test de Tukey :

SCE test de TUKEY = 75,635 Prob. = 0,001

ATTENTION : les hypothèses de l'analyse de variance ne sont pas bien respectées

Il y a une interaction Traitements \* Blocs

## Analyse de variance :

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var.TOTALE	515,917	47	10,977		
Var.FACTEUR 1	238,917	11	21,720	2,953	0,008
Var.BLOCS	34,250	3	11,417	1,552	0,218
VAR.RESIDUELLE 1	242,750	33	7,356		

## Test de Kruskal Wallis :

Remarque : le H de Kruskal-Wallis a été calculé en tenant compte des ex æquo

Valeur observée du H de Kruskal-Wallis distribué comme un  $khi^2$  (ddl = 11) : 21,466

P-value associée : 0,029

Le test étant unilatéral, la p-value est comparée au seuil de signification Alpha : 0,050

Valeur critique du H de Kruskal-Wallis distribué comme un  $khi^2$  (ddl = 11) : 19,663

## Conclusion :

Au seuil de signification Alpha : 0,050 on peut rejeter l'hypothèse nulle d'absence de différence entre les 12 groupes  
 Autrement dit, la différence entre les groupes est significative



# Annexe XI : Analyses statistiques sur StatBox essai Action 2 PU PFI 22 mai

## Indices de normalité (coefficients de K.PEARSON) :

Symétrie (valeur idéale théorique = 0) : Beta 1 = 1,184 Prob. : 0,002  
 Aplatissement (valeur idéale théorique = 3) : Beta 2 = 5,914 Prob. : 0,000

## Résidus suspects (méthode de GRUBBS) :

résidu suspect n°1 : observation n°45; facteur 1 = Modalité, niveau 12 = P11

## Cartographie des résidus :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1												
2												
3												
4												

## Légende :

	Donnée manquante
	< - 5,252
	< 0,000
	< 5,252
	< 999999,000

## Test de Tukey :

SCE test de TUKEY = 120,303 Prob. = 0,238  
 Test non significatif

## Ecart type des résidus :

Ecart-types facteur 1 = Modalité	
	E.T.
1 (P0)	9,372
2 (P1)	6,570
3 (P2)	3,391
4 (P3)	9,022
5 (P4)	6,972
6 (P5)	7,927
7 (P6)	7,390
8 (P7)	8,580
9 (P8)	4,790
10 (P9)	6,835
11 (P10)	1,225
12 (P11)	19,999

$khi^2 = 20,039$  Prob. = 0,04463

## Ecart-types blocs = Bloc

	E.T.
1 (B1)	11,238
2 (B2)	5,809
3 (B3)	7,200
4 (B4)	6,561

$khi^2 = 5,838$  Prob. = 0,11798

## Analyse de variance :

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var.TOTALE	5668,000	47	120,596		
Var.FACTEUR 1	2814,000	11	255,818	3,011	0,007
Var.BLOCS	50,000	3	16,667	0,196	0,898
VAR.RESIDUELLE 1	2804,000	33	84,970		

## Test de Kruskal Wallis :

Remarque : le H de Kruskal-Wallis a été calculé en tenant compte des ex æquo

Valeur observée du H de Kruskal-Wallis distribué comme un  $khi^2$  (ddl = 11) : 21,992

P-value associée : 0,024

Le test étant unilatéral, la p-value est comparée au seuil de signification Alpha : 0,050

Valeur critique du H de Kruskal-Wallis distribué comme un  $khi^2$  (ddl = 11) : 19,663

## Conclusion :

Au seuil de signification Alpha : 0,050 on peut rejeter l'hypothèse nulle d'absence de différence entre les 12 groupes  
 Autrement dit, la différence entre les groupes est significative



## Annexe XII : Analyses statistiques sur StatBox essai Action 2 PU PFI 30 mai

Indices de normalité (coefficients de K.PEARSON) :

Symétrie (valeur idéale théorique = 0) : Beta 1 = 0,813 Prob. : 0,009  
 Aplatissement (valeur idéale théorique = 3) : Beta 2 = 4,023 Prob. : 0,129

Résidus suspects (méthode de GRUBBS) :

résidu suspect n°1 : observation n°45; facteur 1 = Modalité, niveau 12 = P11

Cartographie des résidus :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1												
2												
3												
4												

Légende :

	Donnée manquante
	< - 12,851
	< 0,000
	< 12,851
	< 99999,000

Test de Tukey :

SCE test de TUKEY = 180,618 Prob. = 0,566  
 Test non significatif

Ecart type des résidus :

Ecart-types facteur 1 = Modalité	
	E.T.
1 (P0)	7,643
2 (P1)	14,506
3 (P2)	13,366
4 (P3)	15,796
5 (P4)	10,380
6 (P5)	15,712
7 (P6)	25,660
8 (P7)	21,228
9 (P8)	32,629
10 (P9)	19,720
11 (P10)	20,077
12 (P11)	39,729

$kh^2 = 12,131$  Prob. = 0,35367

Ecarts-types blocs = Bloc

	E.T.
1 (B1)	24,964
2 (B2)	13,455
3 (B3)	21,176
4 (B4)	16,535

$kh^2 = 4,519$  Prob. = 0,20903

Analyse de variance :

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var.TOTALE	25903,667	47	551,142		
Var.FACTEUR 1	8973,667	11	815,788	1,604	0,143
Var.BLOCS	143,000	3	47,667	0,094	0,962
VAR.RESIDUELLE 1	16787,000	33	508,697		

Test de Kruskal Wallis :

Remarque : le H de Kruskal-Wallis a été calculé en tenant compte des ex æquo

Valeur observée du H de Kruskal-Wallis distribué comme un  $kh^2$  (ddl = 11) : 19,175

P-value associée : 0,058

Le test étant unilatéral, la p-value est comparée au seuil de signification Alpha : 0,050




Valeur critique du H de Kruskal-Wallis distribué comme un  $kh^2$  (ddl = 11) : 19,663

Conclusion :

Au seuil de signification Alpha : 0,050 on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle d'absence de différence entre les 12 groupes

Autrement dit, la différence entre les groupes n'est pas significative



  	Diplôme: Master 2 Mention : Biologie Végétale (BV) Parcours : Gestion de la santé des plantes
Auteur(s) : <b>Hatem HADIBY</b> Date de naissance* : 29/11/1992	Organisme d'accueil : CEFEL Adresse :
Nb pages : 30                      Annexe(s) : 12	Maître de stage : Vincent VALEJO
Année de soutenance : 2022/2023	
<p><b>Titre français :</b> Gestion du puceron cendré du pommier en agriculture biologique et en production fruitière intégrée</p> <p><b>Titre anglais :</b> Rosy apple aphid management in organic farming and integrated pest management</p>	
<p><b>Résumé :</b></p> <p>En raison de dégâts nuisibles sur le développement des pommes causés par le puceron cendré, des aphicides sont souvent utilisés pour le contrôle de ce ravageur. L'impact environnemental de ces insecticides a conduit au retrait de plusieurs produits. Dans le cadre du plan alternatives phytosanitaires d'urgence, le CEFEL étudie différents positionnements de produits de biocontrôle appliqués en agriculture biologique et en production fruitière intégrée.</p> <p>Le bon positionnement de certains traitements dans la gestion du puceron cendré, s'est avéré efficace. Bien que l'application de Neemazal® en post-floraison reste efficace, les résultats obtenus des applications automnales (Chélate de Cuivre, Neudosan®, Nori pro®) sont encourageants dans l'optique d'alléger la stratégie printanière après floraison.</p>	
<p><b>Abstract :</b></p> <p>Because of harmful damage to apple development caused by rosy apple aphid, aphicides are often used to control this pest. The environmental impact of these insecticides has led to the withdrawal of several products. As part of the emergency phytosanitary alternatives plan, CEFEL is studying different positionings for biocontrol products applied in organic farming and integrated pest management.</p> <p>The correct positioning of certain treatments has proved effective to control rosy apple aphid. Although the post-bloom application of Neemazal® remains effective, the results obtained from autumn applications (Copper Chelate, Neudosan®, Nori pro®) are encouraging in order to alleviate the spring post-bloom strategy.</p>	
<p><b>Mots-clés :</b> puceron cendré, pommier, agriculture biologique, production fruitière intégrée</p> <p><b>Key Words:</b> rosy apple aphid, apple tree, organic farming, integrated pest management</p>	

