

2016-2017

Mention Biologie et Technologie du Végétal

Les méthodes de lutte alternatives contre le puceron cendré (*Dysaphis plantaginea*) chez le pommier

Colomb Manon



Sous la direction de
M. Rabourdin Axel

Membres du jury :
Montrichard Françoise | Président du jury
Gentilhomme José-Sabrina | Tuteur
Picard Damien | Auditeur
Rabourdin Axel | Maître de stage

L'auteur du présent document vous autorise à le partager, reproduire, distribuer et communiquer selon les conditions suivantes :



- Vous devez le citer en l'attribuant de la manière indiquée par l'auteur (mais pas d'une manière qui suggérerait qu'il approuve votre utilisation de l'œuvre).
- Vous n'avez pas le droit d'utiliser ce document à des fins commerciales.
- Vous n'avez pas le droit de le modifier, de le transformer ou de l'adapter.

**Consultez la licence creativecommons complète en français :
<http://creativecommons.org/licences/by-nc-nd/2.0/fr/>**

Ces conditions d'utilisation (attribution, pas d'utilisation commerciale, pas de modification) sont symbolisées par les icônes positionnées en pied de page.



REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier sincèrement toute l'équipe de Raison'Alpes présente durant mon stage pour son accueil chaleureux, mais aussi pour son écoute et les connaissances que chacun a su me transmettre durant ces trois mois à Sisteron.

Je remercie tout particulièrement Axel RABOURDIN, mon maître de stage, pour m'avoir permis de faire ce stage, pour sa disponibilité et sa confiance dans les différentes missions qu'il m'a confiées.

Merci à tous ceux qui m'ont permis de rendre mon séjour dans le sud aussi agréable.

Merci également à Madame CHARLES, la responsable d'activités de Raison'Alpes.

ENGAGEMENT DE NON PLAGIAT

Je, soussignée Colomb Manon
déclare être pleinement consciente que le plagiat de documents ou d'une
partie d'un document publiée 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.

signé par l'étudiante le **01 / 06 / 2017**

**Cet engagement de non plagiat doit être signé et joint
à tous les rapports, dossiers, mémoires.**

Présidence de l'université
40 rue de rennes – BP 73532
49035 Angers cedex
Tél. 02 41 96 23 23 | Fax 02 41 96 23 00



Table des matières

TABLE DES FIGURES

TABLE DES TABLEAUX

TABLE DES ANNEXES

LES METHODES DE LUTTE ALTERNATIVES CONTRE LE PUCERON CENDRE (DYSAPHIS PLANTAGINEA) CHEZ LE POMMIER.

1.	Introduction.....	1
1.1.	Présentation de l'entreprise.....	1
1.2.	La filière pomme.....	2
1.3.	Culture du pommier.....	2
1.4.	Le puceron cendré et les méthodes de lutte.....	3
1.4.1.	Présentation.....	3
1.4.2.	Méthodes de lutte.....	4
	a) Lutte classique.....	4
	b) Lutte alternative.....	4
1.5.	Objectif du stage.....	6
2.	Matériels et Méthodes.....	6
2.1.	Lâcher de chrysope en 2015.....	6
2.2.	Lâcher de coccinelle et de cécidomyies en 2016.....	7
2.3.	Pose de nichoir à forficule en 2017.....	8
2.4.	Test de barrière physique à l'automne en 2016/2017.....	8
3.	Résultats.....	10
3.1.	Lâcher de chrysope en 2015.....	10
3.2.	Lâcher de coccinelle et de cécidomyies en 2016.....	11
3.3.	Pose de nichoir à forficule en 2017.....	11
3.4.	Test de barrière physique à l'automne en 2016/2017.....	12
4.	Discussion.....	13
4.1.	Lâcher de chrysope en 2015.....	13
4.2.	Lâcher de coccinelle et de cécidomyies en 2016.....	13
4.3.	Pose de nichoir à forficule en 2017.....	14
4.4.	Test de barrière physique à l'automne en 2016/2017.....	15
5.	Conclusions et perspectives.....	16
5.1.	Utilisation des auxiliaires.....	16
5.2.	Utilisation des barrières physiques à l'automne.....	17
5.3.	Perspectives.....	17
6.	Bibliographie.....	18
6.1.	Ouvrages.....	18
6.2.	Ressources en ligne.....	19

ANNEXES

Table des figures

Figure 1 : Rayon d'action de la société Raison'Alpes dans la région PACA.

Figure 2 : Schémas des différentes filiales et partenaires de GPS.

Figure 3 : Répartition géographique des fermes DEPHY arboricoles en 2014.

Figure 4 : Formule de calcul des IFT (Indice de Fréquence de Traitement) pour les produits phytosanitaires.

Figure 5 : Répartition géographique de la production française de pomme dans les différentes régions.

Figure 6 : Verger de Golden de l'EARL Valsol à Sisteron.

Figure 7 : Dégâts causés par le puceron cendré.

Figure 8 : Puceron cendré.

Figure 9 : Cycle biologique de *Dysaphis plantaginea*.

Figure 10 : Le chrysope vert, *Chrysoperla carnea*

Figure 11 : La coccinelle à deux points, *Adalia punctata*

Figure 12 : La cécidomyie du puceron, *Aphidoletes aphidimyza*

Figure 13 : Le forficule ou perce-oreille, *Forficula auricularia*

Figure 14 : Feuille de pommier traité avec de l'argile blanche à l'automne.

Figure 15 : Parcelle de Golden de l'EARL Meissonnier Frères à Ribiers.

Figure 16 : Plan de lâcher sur la parcelle de Golden de l'EARL Valsol à Sisteron.

Figure 17 : Exemple de classe d'intensité de présence de puceron

Figure 18 : Nichoir à forficule installé sur un pommier.

Figure 19 : Plan de l'essai forficule sur la parcelle Golden de l'EARL Valsol à Sisteron.

Figure 20 : Plan de l'essai barrière physique sur la parcelle de Golden de l'EARL Les Iscles à Mison

Figure 21 : Evolution du nombre de foyers de pucerons par arbre en fonction des dates de notation.

Figure 22 : Test de comparaison multiple pour les modalités de lâcher avec R.

Figure 23 : Evolution du nombre de foyer observé par modalité en fonction du temps.

Figure 24 : Test de Tukey avec R pour le facteur date de notation.

Figure 25 : Test de Tukey avec R pour le facteur modalité testé.

Figure 26 : Evolution des différentes classes de présence de puceron au cours du temps et selon les différentes modalités.

Figure 27 : Evolution du nombre de forficule au cours du temps dans les différents pots.

Figure 28 : Test de comparaison multiple avec R sur l'effet date.

Figure 29 : Nombre de puceron ailé piégé au cours du temps.

Figure 30 : Dynamique d'éclosion des œufs de pucerons cendrés en 2017.

Figure 31 : Nombre de pousses occupées par des œufs de pucerons cendrés le 02 mars 2017.

Figure 32 : Fréquence des foyers de puceron observé par modalité en fonction de la date de notation.

Figure 33 : Effet des auxiliaires après lâcher de larve sur le nombre moyen de puceron cendré par jeune plant.

Figure 34 : Evolution temporelle des effectifs de puceron cendré en fonction du temps en présence d'un forficule ou sans prédateurs.

Table des tableaux

Tableau I : Nombre d'IFT correspondant à chaque produit phytosanitaire.

Tableau II : Récapitulatif du dispositif de lâcher.

Tableau III : Classe d'intensité de présence des pucerons pour les notations.

Tableau IV : Tableau de disposition des nichoirs sur les différents rangs de la modalité.

Tableau V : Tableau récapitulatif des différentes modalités et des conditions d'applications

Tableau VI : Récapitulatif des applications réalisées pour les différentes modalités.

Tableau V : Tableau de toxicité de différents insecticides sur les auxiliaires.

Table des annexes

Annexe I : Les stades prélogiques repères du pommier.....	I
Annexe II : Calendrier de traitement insecticide contre le puceron cendré.....	II

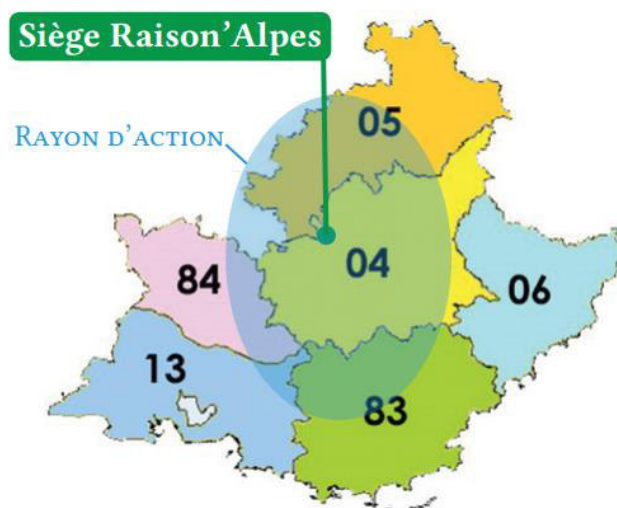


Figure 1 : Rayon d'action de la société Raison'Alpes dans la région PACA.

Le siège de Raison'Alpes est situé à Sisteron et son activité s'étend principalement sur les départements des Alpes-de-Haute-Provence (04) et des Hautes-Alpes (05).

Source : Raison'Alpes®, 2017

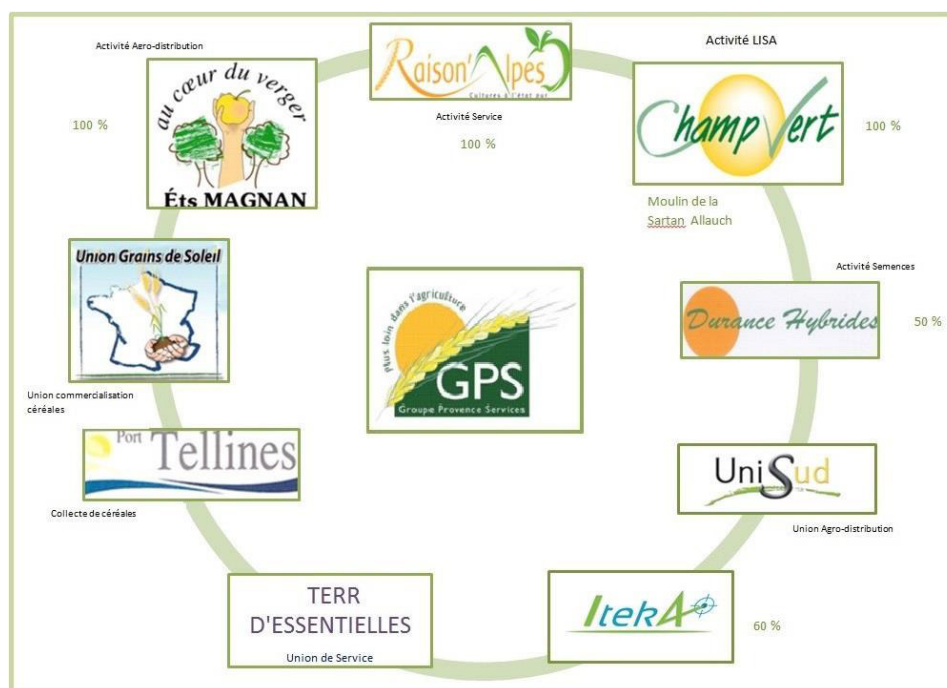


Figure 2 : Schémas des différentes filiales et partenaires de GPS.

GPS (Groupe Provence Service) est une coopérative agricole possédant 6 filiales et des sociétés partenaires.

Source : Groupe Provence Services ©, 2010

Les méthodes de lutte alternatives contre le puceron cendré (*Dysaphis plantaginea*) chez le pommier.

1. Introduction

1.1. Présentation de l'entreprise

Raison'Alpes est une société de prestation de service en arboriculture, en grandes cultures et en plantes à parfum. Implantée à Sisteron, son rayon d'activité s'étend principalement sur les départements des Alpes-de-Haute-Provence (04) et des Hautes-Alpes (05) (Figure 1) (Raison'Alpes®, 2017). Cette société à responsabilité limitée créée en 2003 est une filiale détenue par la coopérative Groupe Provence Service. La coopérative agricole créée dans les années 1930 a son siège social à Manosque. Elle possède six filiales dans les différents domaines de l'agriculture, telles que l'agrofourniture arboricole et les grandes cultures avec Ets Magnan, la production de semences avec Durance Hybrides ou encore dans le service avec Raison'Alpes (Figure 2) (Groupe Provence Services ©, 2010).

Raison'Alpes possède quatre grands axes d'activité. L'activité principale de la société repose sur l'expérimentation de produits phytosanitaires, d'engrais et de méthodes alternatives. Les travaux ont pour but l'amélioration de la performance économique et environnementale des systèmes de production. La deuxième activité de l'entreprise est l'accompagnement technique des exploitants agricoles tout au long de l'année notamment en arboriculture. Les différents types de prestation de service sont adaptés aux besoins des producteurs avec des suivis de vergers et des alertes globalisés sur l'évolution des maladies et ravageurs ou encore des services à la demande comme le conseil à l'éclaircissage, à la tavelure ou encore les contrôles de pulvérisateurs depuis mars 2016. Le troisième axe d'activité concerne les formations pour lesquels Raison'Alpes est habilitée en tant qu'organisme de formation. Les formations dispensées sont le Certiphyto dans le cadre du plan Ecophyto sur l'utilisation des produits phytosanitaires, mais aussi le Certibiocide mis en place par le Ministère de l'Environnement, de l'Écologie et du Développement Durable qui est un certificat individuel à l'utilisation et la distribution de certains types de produits biocides. Des formations techniques pour les producteurs sont également mise en place sur des thèmes comme « le gel : risque, impact et stratégie » ou encore « reconnaissance des auxiliaires et des ravageurs ». Enfin, le quatrième axe rentre dans le cadre du plan Ecophyto avec l'animation et le suivi d'un réseau « Ferme DEPHY ». L'objectif de ce dispositif est de concevoir, tester et évaluer des systèmes de culture économes en produits phytosanitaires et performants économiquement (Raison'Alpes®, 2017). A l'échelle nationale, les fermes DEPHY sont réparties sur tout le territoire et concernent l'ensemble des filières de production. Le réseau de fermes DEPHY arboricole comprend sept espèces fruitières. Les fruits à pépins avec les pommes et les poires sont les espèces les plus représentées au sein du réseau avec 8 groupes de fermes et 108 systèmes de culture en 2014. Les fermes DEPHY « Pomme » sont principalement localisées en Pays de la Loire, en Rhône-Alpes et en Provence-Alpes-Côte d'Azur (Figure 3) (Alim'agri, 2016). Raison'Alpes anime ainsi le Réseau Pommier en Bassin Versant de la Durance depuis 2012. Ce réseau de ferme comprend 11 exploitations dont une qui est en agriculture biologique.

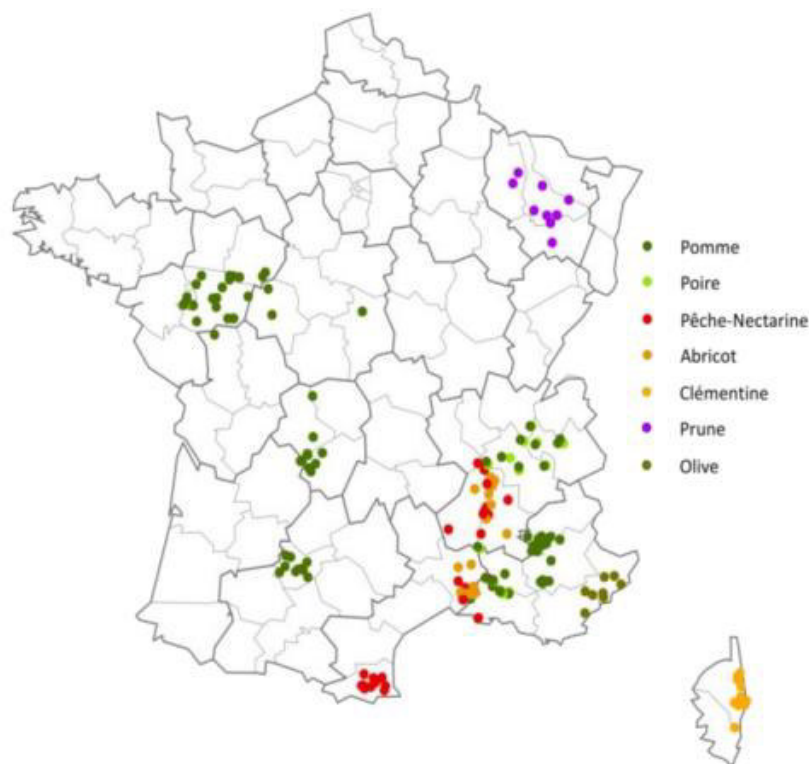


Figure 3 : Répartition géographique des fermes DEPHY arboricoles en 2014.

Les fermes DEPHY « pommes » sont principalement localisées en Pays de la Loire, en Rhône-Alpes et en Provence-Alpes-Côte d'Azur.

Source : Réseau DEPHY FERME, 2014

$$IFT = \frac{\sum(\text{dose appliquée du produit sur la surface traitée} * \text{surface traitée})}{\text{dose homologuée minimal du produit} * \text{surface de la parcelle}}$$

Figure 4 : Formule de calcul des IFT (Indice de Fréquence de Traitement) pour les produits phytosanitaires.

Source : Raison'Alpes, 2017

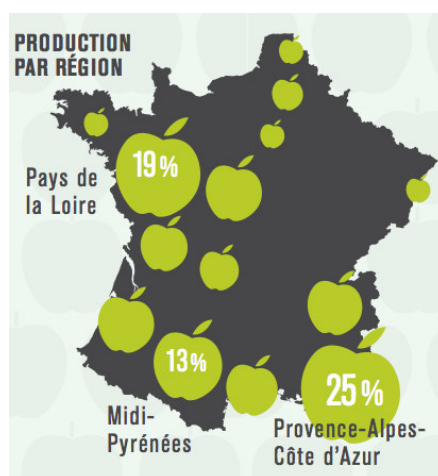


Figure 5 : Répartition géographique de la production française de pomme dans les différentes régions.

Source : Planetoscope, 2012

C'est dans le cadre du réseau de ferme que se déroule mon stage avec pour principale mission son animation et son suivi. Cette mission s'étend du suivi de parcelle à la participation aux notations et à l'observation en passant par l'organisation d'une journée de démonstration des pulvérisateurs homologués pour la réduction des zones non traitée (ZNT) aux abords des cours d'eaux. Dans la perspective de la réduction de l'utilisation des pesticides, des essais ont été mis en place pour trouver des méthodes alternatives contre le puceron cendré (*Dysaphis plantaginea*), un ravageur important dans les cultures de pommier. Mon sujet de stage s'axe donc autour de la lutte contre cet insecte avec la mise en place de méthodes de lutte alternatives en vergers pour réduire l'utilisation des produits phytosanitaires. Cette diminution sera mesurée par le calcul de l'Indice de Fréquence de Traitements (IFT). Cette unité correspond au nombre de doses homologuées appliquées à l'hectare. Elle est calculée par le rapport entre la dose épanchée par le producteur et la dose minimale homologuée (Figure 4). En PACA, il y a en moyenne 37 IFT utilisés sur pommiers en une année (Raison'Alpes®, 2017). Pour réduire le nombre d'IFT insecticide utilisés, les méthodes de lutte testées sont le lâcher d'auxiliaires avec le lâcher de larves de chrysope, de coccinelle et de cécidomyie, la pose de nichoir à forficule et l'utilisation de barrières physiques à l'automne.

1.2. La filière pomme

La pomme est le premier fruit produit et consommé en France. La consommation moyenne est de 20kg par an et par foyer, loin devant la banane et l'orange (Planetoscope, 2012). En termes de production, l'Union Européenne a produit 12 millions de pommes en 2016, avec en tête l'Italie et la Pologne. La France se classe en troisième position en assurant 15% de la production européenne avec en 2016 une production de 1.5 million de tonnes de pommes sur 36 300 hectares. A l'échelle nationale, la pomme la plus produite est la Golden avec 460 400 tonnes, suivie de la Gala avec 290 600 tonnes puis de la Granny Smith et la Pink Lady. La région Provence-Alpes-Côte d'Azur est la première région productrice en surface et en tonnage en réalisant 25% de la production nationale en 2015. Elle est suivie des Midi-Pyrénées et des Pays de la Loire (Figure 5). En PACA, la variété la plus produite est la Golden avec 176 500 tonnes (AGREST, 2016). Le climat de la région avec un fort ensoleillement et des nuits fraîches confère aux Golden une couleur rosée très recherchée. Ce climat particulier a mené en 2010 à la mise en place d'une Indication Géographique Protégée sous le nom « Pommes des Alpes de Hautes Durance » pour les variétés Golden et Gala. L'IGP s'étend sur 19 cantons des Alpes-de-Haute-Provence et des Hautes-Alpes situés entre 450 et 900 mètres d'altitude (INAO).

1.3. Culture du pommier.

Le pommier domestique, *Malus domestica* est une espèce pérenne de la famille des Rosaceae et à la sous-famille des Pomoïdeae. Le genre *Malus* comprend entre 25 et 30 espèces différentes (Trillot *et al.*, 2002).

Les stades phénologiques repères du pommier sont distingués par deux classifications. Le système le plus couramment utilisé est le code Baggiolini subdivisé en 16 stades, de A à P. A partir de 1990, le code décimal BBCH (Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie) est élaboré pour uniformiser la description du développement de l'ensemble des espèces cultivées. Pour les fruits à pépins, celui-ci est composé de cinq stades principaux, subdivisés en stades secondaires (Annexe I) (Bloesch and Viret, 2013).



Figure 6 : Verger de Golden de l'EARL Valsol à Sisteron.
Les arbres sont plantés en axe tous les 1.45m avec un entre-rang de 4m.
Source : M.C, 2017



Figure 7 : Dégâts causés par le puceron cendré.
Sur feuille, un fort enroulement est observé avec une déformation et un arrêt de croissance des pousses. Les fruits, les piqûres provoquent des déformations et un arrêt de croissance.
Source : Raison'Alpes, 2017



Figure 8 : Puceron cendré.
A gauche, colonie de puceron cendré sur une feuille. A droite, forme aptère de puceron cendré de forme globuleuse et de couleur brun-violacé.
Sources : Raison'Alpes, 2017

La pomme est un fruit charnu se formant à partir de la paroi l'ovaire et du réceptacle. Le développement du fruit commence après la pollinisation des fleurs vers la mi-mai. La récolte des pommes a lieu de septembre à novembre en fonction des variétés et de leur maturité. Tout au long de l'année, l'itinéraire cultural mis en place permet la bonne conduite des arbres pour optimiser la fructification. La plupart des vergers suivi par Raison'Alpes sont plantés en axe vertical ce qui favorise la mise à fruit précoce après la plantation grâce à un équilibre vite atteint entre vigueur et aptitude à produire (Figure 6) (Trillot *et al.*, 2002).

Le pommier étant une culture pérenne, une bonne conduite de l'arbre est donc importante. Elle passe notamment par la taille et l'éclaircissage. La taille réalisée durant l'hiver permet de maintenir le potentiel de production avec le renouvellement des branches fruitières. L'éclaircissage quant à lui permet de maîtriser la charge de l'arbre, d'obtenir des calibres homogènes et d'éviter l'alternance. Il peut être chimique ou manuel. L'éclaircissage chimique se fait par des traitements à base d'hormones autour de la floraison dans l'objectif de ne garder qu'un fruit par bouquet. L'éclaircissage manuel est plus coûteux en main d'œuvre et se fait au début du grossissement des fruits (Trillot *et al.*, 2002).

L'irrigation est pratiquée dans la plupart des vergers. Elle peut être localisée avec l'utilisation de goutte-à-goutte ou se pratiquer par aspersion sous ou sur frondaison c'est-à-dire en dessous ou au-dessus du feuillage. L'irrigation sur frondaison étant aussi un moyen de lutter contre le gel de printemps. Les autres méthodes de lutte contre le gel sont l'utilisation de bougies antigel ou la ventilation (Trillot *et al.*, 2002).

La grêle est un autre risque climatique au printemps ou en été. Cette dernière peut abîmer les bouquets de fleur ou les jeunes fruits et provoquer des pertes de récoltes. Pour s'en protéger des filets anti-grêles sont installés au-dessus des vergers après la floraison et retirés à la fin de la récolte (Trillot *et al.*, 2002).

La pomme fait partie des fruits qui nécessitent le plus de protection avec en moyenne 35 à 40 traitements tout au long de l'année et en post récolte pour la conservation. Une grande part des traitements sont effectués pour faire face à diverses maladies telles que la tavelure ou à des ravageurs entraînant une dépréciation de la récolte. Du côté des ravageurs, les plus impactant sont les pucerons cendrés et lanigères, le carpocapse ou encore l'acarien rouge. Pour lutter contre ces insectes des moyens de lutte chimique sont disponibles mais il existe aussi des méthodes de lutte alternatives permettant la réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires dans les vergers (Trillot *et al.*, 2002).

1.4. Le puceron cendré et les méthodes de lutte

1.4.1. Présentation

Les pucerons sont des insectes de l'ordre des Hémiptères et dont la taille dépasse rarement 5mm. Il existe environ 4500 espèces connues dans le monde dont un peu plus de 600 en France. En arboriculture, plusieurs dizaines d'espèces sont potentiellement nuisibles (Ricard *et al.*, 2012). Le puceron est exclusivement phytophage. Il se nourrit de la sève élaborée des plantes grâce à son appareil buccal de type piqueur-suceur (Hullé *et al.*, 1998).

Dans les vergers de pommier, les quatre espèces de pucerons les plus présentes sont le puceron vert migrant du pommier (*Rhopalosiphum insertum*), le puceron vert non migrant du pommier (*Aphis pomi*), le puceron lanigère (*Eriosoma lanigerum*) et le puceron cendré (*Dysaphis plantaginea*) (Hullé *et al.*, 1998). Le puceron cendré est le puceron le plus dommageable pour le pommier durant le printemps. Suite aux piqures, il provoque un fort enroulement des feuilles ainsi qu'un arrêt de croissance des pousses. Sur les jeunes fruits, les

piqûres entraînent une déformation des pommes et un arrêt de leur croissance (Figure 7) (INRA). La production de miellat attire les fourmis qui vont les « entretenir » et les protéger des prédateurs. Le miellat favorise aussi le développement de la fumagine, un champignon saprophyte qui entrave la respiration et l'assimilation chlorophyllienne de la plante (Ricard *et al.*, 2012). Les formes aptères sont reconnaissables par leur forme globuleuse de couleur brun violacé (Figure 8). Ce sont elles qui provoquent les dégâts dans les vergers (Hullé *et al.*, 1998). Durant l'été, les pucerons vont migrer vers le plantain, *Plantago lanceolata*, leur plante hôte secondaire pour s'y développer et s'y multiplier. Le retour des adultes vers le pommier se fait au début de l'automne pour se reproduire et pondre les œufs qui vont éclore au printemps suivant (Figure 9) (FRONDON npdc, 2008).

1.4.2. Méthodes de lutte

a) Lutte classique

Pour lutter contre ce ravageur, il existe plusieurs méthodes. La stratégie phytosanitaire généralement proposée repose sur l'utilisation d'une huile minérale telle que l'Acakill à la fin de l'hiver qui asphyxie les œufs et sur l'utilisation de quatre traitements chimiques avec des insecticides. Deux des traitements, le Karaté Zéon et le Suprême ou le Teppeki sont utilisés durant la préfloraison et la floraison pour prévenir de l'installation des foyers. En post-floraison un traitement, généralement avec un Movento, se fait à l'apparition des premiers foyers. Le dernier traitement est un Suprême, réalisé au début du développement des fruits. Il est curatif pour éliminer les foyers après leur installation (Annexe II) . Ce programme phytosanitaire correspond à l'utilisation de 7 IFT chimiques et 2 IFT de bio contrôle (Tableau I) (Raison'Alpes®, 2017).

b) Lutte alternative

Pour limiter l'utilisation des produits phytosanitaires et réduire les IFT, il existe des méthodes de lutte alternatives. Les deux méthodes testées par Raison'Alpes sont l'utilisation de barrière physique à l'automne et l'utilisation de la faune auxiliaire.

Les auxiliaires sont des ennemis naturels des insectes ravageurs de par leur mode de vie. Ils appartiennent aux différentes classes du monde vivant que ce soit des vertébrés (oiseaux, reptiles, ...), des invertébrés (insectes, arachnides, nématodes, ...) ou des micro-organismes pathogènes (virus, bactéries, champignons, ...)(Bailly, 1984) (). Ces différents auxiliaires peuvent être spécifiques d'un ravageur ou avoir un spectre plus large (Orts *et al.*, 2006). Un auxiliaire spécialiste étant plus efficace pour lutter contre un ravageur précis mais un auxiliaire généraliste peut, quant à lui, se maintenir dans un verger grâce à des proies de substitution. Il peut donc intervenir lorsque les auxiliaires spécialisés ne sont pas encore présents sur la parcelle (Ricard *et al.*, 2012).

Dans le cadre de ce rapport, les auxiliaires utilisés pour lutter contre le puceron cendré sont la chrysope verte, la coccinelle à deux points, la cécidomyie du puceron et le forficule.

La Chrysope verte, *Chrysoperla carnea*, aussi appelé demoiselle aux yeux d'or appartient à l'ordre des Neuroptera et à la famille des Chrysopidae (Richard, 2012). Les larves et plus rarement les adultes, sont des prédateurs d'acariens, de psylles, de jeunes chenilles mais aussi de pucerons en arboriculture fruitière (FRONDON npdc, 2008). Les œufs de forme allongés et de couleur verte puis jaunâtre sont pondus à l'extrémité



Figure 11 : La coccinelle à deux points, *Adalia bi punctata*

De gauche à droite : œufs de coccinelle, stade larvaire, coccinelle adulte.

Source : M.C, 2017 ; Raison'Alpes, 2017 ; Koppert, 2017



Figure 12 : La cécidomyie du puceron, *Aphidoletes aphidimyza*

A gauche, une larve de cécidomyie et à droite une cécidomyie adulte.

Source : Ontario©, 2009; Koppert, 2017



Figure 13 : Le forficule ou perce-oreille, *Forficula auricularia*

A gauche, forficule adulte, à droite, forficule sur une feuille avec des pucerons

Source : M.C, 2017

d'un pédicelle. La taille moyenne de l'œuf, pédicelle compris, est de 13mm. Les larves sont de couleur gris-brun et mesurent 10mm. Elles sont très mobiles dans la recherche de leurs proies qu'elles capturent grâce à leurs mandibules en forme de pince avant d'en aspirer le contenu (Bailly, 1984). La chrysope adulte mesure en moyenne 20mm. Elle est de couleur vert vif avec des ailes transparentes fortement nervurées et repliée en forme de toit au repos (Figure 10) (Richard, 2012).

La coccinelle à deux points, *Adalia punctata*, appartient à l'ordre des Coleoptera et à la famille des Coccinellidae. Comme la majorité des espèces de coccinelle, *Adalia punctata* est un prédateur dont le régime alimentaire est similaire entre les larves et les adultes. Elles sont de grosses consommatrices de pucerons et se rencontrent dans une grande diversité d'habitats selon la présence de nourriture (Ricard *et al.*, 2012). Les œufs de la coccinelle à deux points sont de couleur jaune et sont pondus groupés sur la face inférieure des feuilles. Les larves sont de couleur grise à noir avec des points noirs de chaque côté du corps et mesurent 7 mm de long. Les coccinelles adultes mesurent entre 6 et 8 mm et sont de couleur rouge avec un point noir sur chaque élytre (Figure 11) (Bailly, 1984).

La cécidomyie du puceron, *Aphidoletes aphidimyza*, appartient à l'ordre des Diptera et à la famille des Cecidomyiidae (Ricard *et al.*, 2012). Le stade larvaire est le stade le plus visible dans les vergers notamment du milieu à la fin de l'été. Elles ressemblent à de petits asticots de 4 mm de couleur orange à rouge selon leur alimentation. Elles se nourrissent principalement de pucerons, d'acariens ou autres insectes à corps mou qu'elles paralysent avant de les vider de leur contenu. Les adultes, rarement visibles dans les vergers, ressemblent à des petites mouches de 2 à 3 mm avec de longues pattes (Figure 12) (Ontario©, 2009).

Le forficule, *Forficula auricularia*, plus connu sous le nom de perce-oreille appartient à l'ordre des Dermaptera et à la famille des Forficulidae. Cet insecte est un prédateur actif de pucerons mais aussi de psylles et d'œuf de tordeuses (Orts *et al.*, 2006). Son régime alimentaire est cependant polyphage ce qui lui permet de se nourrir aussi bien de lichen, de champignons, de proies animales que de végétaux divers (Ricard *et al.*, 2012). Les larves ressemblent aux adultes en plus petit et avec une teinte plus claire. Les forficules adultes, de couleur brune et de forme allongée d'environ 15 mm, possèdent de longues antennes à l'avant et un forceps caractéristique à l'arrière permettant de différencier les mâles des femelles, le forceps des mâles étant plus développé (Hullé *et al.*, 2006). Les forficules sont visibles dans les vergers mais aussi les habitations et les plantes herbacées durant la période estivale. En hiver, ils vivent dans le sol dans des terriers. Ce sont des insectes nocturnes qui se mettent à l'ombre dans la journée. Ils se regroupent alors en nombre plus ou moins importants grâce à une phéromone d'agrégation (Figure 13) (Albouy, 2017).

La deuxième méthode de lutte contre le puceron cendré est l'utilisation de barrière physique à l'automne. Cette méthode, utilisée en agriculture biologique, consiste à appliquer une substance qui recouvre les feuilles d'une couche blanche (Figure 14). Les ravageurs ne reconnaissent alors plus les feuilles comme une source de nourriture. La barrière réduit ainsi l'alimentation et la ponte des œufs dans le verger. Concernant la lutte contre le puceron cendré, la barrière physique est à appliquer à l'automne au moment de la migration du plantain vers le pommier. Il y a un décalage dans le vol retour entre les mâles et les femelles. Ces dernières arrivent en premier sur le pommier à partir d'octobre selon les années. L'utilisation de barrière physique est donc à placer avant le retour des femelles pour limiter les populations de puceron cendré au printemps suivant (Morel *et al.*, 2011).



Figure 14 : Feuille de pommier traitée avec de l'argile blanche à l'automne.

L'argile recouvre la feuille d'un voile blanc qui sert de barrière physique pour lutter contre le retour des pucerons à l'automne.

Source : Raison'Alpes, 2016



Figure 15 : Parcelle de Golden de l'EARL Meissonnier Frères à Ribiers.

L'essai de lâcher de chrysope se déroule sur cette parcelle avec en orange la modalité avec lâcher d'auxiliaire et en bleu la modalité témoin sans lâcher.

Source : Raison'Alpes, 2015

Pour la mise en place de cet essai, 5 types de barrières sont testés. Le Surround ® est un insecticide et répulsif biologique composé à 95% de kaoline, une argile blanche. Il est principalement appliqué sur poirier contre les psylles ou sur pommier contre le coup de soleil des pommes. L'Invelop ® est composé de talc, une roche tendre inerte et hydrophobe. Il est utilisé contre les coups de soleil sur les pommes, les abricots, les noix, les agrumes ou les vignes. Le Sokalciarbo, composé à 100% de kaolinite calcinée, est utilisable en agriculture biologique. En recouvrant les feuilles et les fruits d'un voile d'argile blanc, il possède une double action contre les coups de soleil et il permet de perturber les cycles des ravageurs en créant de la confusion visuelle et en diminuant l'appétence. La BNA Pro, composée d'hydroxyle de calcium, crée une barrière physique contre les ravageurs en empêchant la reconnaissance des plantes pour l'alimentation et la reproduction. Enfin, la Caliamu est un produit naturel de carbonate de calcium. Il est utilisé en arboriculture en tant que barrière physique comme la BNA pro en formant un voile blanc.

1.5. Objectif du stage

Dans le cadre du plan Ecophyto II et de la réduction de l'utilisation des pesticides, le réseau de fermes de Raison'Alpes cherche à mettre en place des méthodes de lutte alternatives contre le puceron cendré. Deux méthodes sont développées dans ce rapport avec comme objectif principal la réduction de l'utilisation d'insecticide. La première méthode repose sur trois essais différents avec l'utilisation d'auxiliaires contre les pucerons. Les lâchers de larves de chrysope, de larves de cécidomyies et de coccinelles ont pour objectif de maîtriser les populations de pucerons cendrés sur la parcelle. La pose des nichoirs à forficules a aussi le même objectif mais elle permet en plus de suivre l'implantation naturelle des auxiliaires dans le verger. La deuxième méthode consiste à utiliser des barrières physiques à l'automne pour prévenir du retour et la ponte des pucerons suite à leur migration vers leur hôte secondaire et ainsi réduire la pression de la campagne suivante. Cet essai permet aussi placer l'huile en sortie de l'hiver avant l'éclosion des œufs.

2. Matériels et Méthodes

2.1. Lâcher de chrysope en 2015

L'essai se déroule sur une parcelle de Golden de l'EARL Meissonnier Frères située à Ribiers où une forte présence de puceron cendré a été observée en 2014. Les auxiliaires utilisés sont des larves de chrysopes, *Chrysoperla carnea*, au deuxième stade larvaire provenant de chez Koppert. Elles sont contenues dans des akènes de sarrasin.

Le lâcher de larves de chrysope se fait de façon curative dès l'apparition des premiers foyers. Le dispositif de lâcher est composé de deux zones : une zone de 10 foyers de pucerons pour lesquels il y a un lâcher de larve de chrysope et une deuxième zone avec 10 autres foyers témoins sans lâcher (Figure 15). Le lâcher est effectué sur le foyer et les 2 arbres jouxtant. Un foyer correspond à un arbre sur lequel des pucerons sont observés sur au moins une pousse. Le premier lâcher se fait le 4 juin 2015 avec 1 000 individus pour 3 arbres. Un deuxième lâcher est effectué le 26 juin 2015 pour accélérer le contrôle des pucerons.

Des notations de suivis sont ensuite réalisées tous les deux jours sur chaque foyer pour relever le nombre de pousses infestées. Des notations sur leur pourcentage d'infestation ainsi que sur l'apparition de nouveaux foyers sur les arbres jouxtant l'arbre du foyer sont à réaliser jusqu'à leur nettoyage. Une notation sur

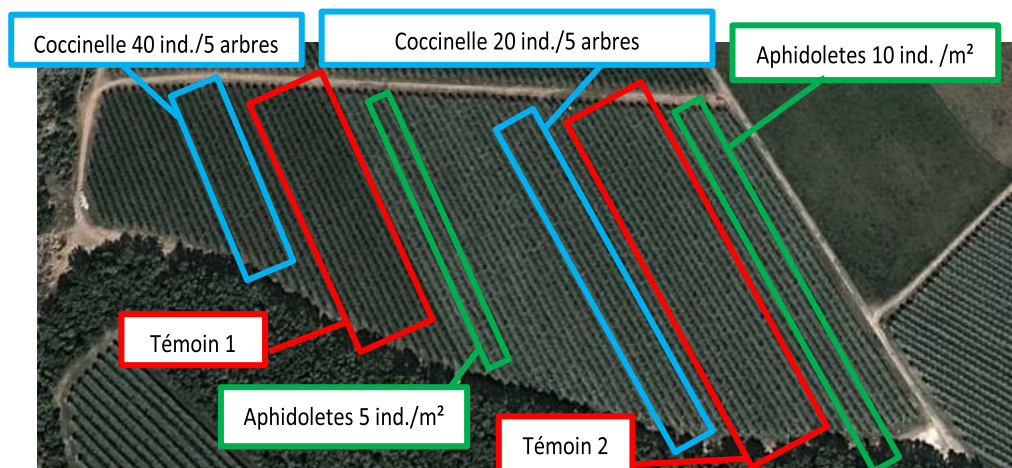


Figure 16 : Plan de lâcher sur la parcelle de Golden de l'EARL Valsol à Sisteron.

Chaque rectangle représente une modalité de l'essai.

Source : Raison'Alpes, 2016

Tableau II : Récapitulatif du dispositif de lâcher.

Source : Raison'Alpes, 2016

Modalité	Nb d'arbres	Surface	Quantité d'individus lâchés
Coccinelles 40 ind. / 5 arbres	498 arbres	2887 m ²	15 sachets soit 3 750 ind.
Témoins 1		8139 m ²	
Aphidoletes 5 ind. / m ²		3679 m ²	9 flacons soit 18 000 ind.
Coccinelles 20 ind. / 5 arbres	737 arbres	4273 m ²	9 sachet soit 2 250 ind.
Témoins 2		10 447 m ²	
Aphidoletes 10 ind. / m ²		3467 m ²	16 flacons soit 32 000 ind.

Tableau III : Classe d'intensité de présence des pucerons pour les notations.

Source : M.C, 2017

Note	Signification
0	Pas de présence
1	Quelques pucerons
2	1 à 3 feuilles couvertes de pucerons
3	Manchon de pucerons



Figure 17 : Exemple de classe d'intensité de présence de puceron

A gauche, classe de présence 2 et à droite, manchon de classe 3

Source : Raison'Alpes, 2017

le pourcentage de nettoyage est effectuée le 1er juillet. Le nettoyage d'un foyer correspond à la disparition des pucerons sur ce dernier. Suite au passage et à l'action des larves de chrysope dans les foyers, les restes des pucerons vidés de leur contenu sont observables. Pour observer les chrysopes adultes présents sur la parcelle, des battages sont réalisés sur dans des zones sans foyers.

L'analyse des résultats des notations de suivi se fait par une analyse de variance à deux facteurs à l'aide du logiciel R. Le but étant de savoir si les deux modalités ou les dates de notation ont un effet significatif sur le nombre de foyers observé. Ce dernier correspondant à la variable à expliquer alors que la modalité et la date sont les facteurs. L'hypothèse nulle de cette ANOVA 2 est qu'il n'y a pas d'effet des facteurs sur le nombre de foyers de puceron cendré. Pour pouvoir réaliser ce test statistique, 3 conditions d'applications. La première condition correspond à l'indépendance des observations qui est conditionnée par l'expérimentation. Les deux autres conditions à vérifier sont la normalité des résidus avec un test de Shapiro-Wilk et l'égalité des variances pour les facteurs par un test de Bartlett.

2.2. Lâcher de coccinelle et de cécidomyies en 2016

L'essai se déroule sur une parcelle de Golden de l'EARL Valsol à Sisteron subissant des dégâts réguliers de pucerons notamment en 2015. La distance de plantation sur la parcelle est de 4m pour l'entre rang et de 1.45m sur la ligne ce qui représente une superficie de 5.8 m² par arbre. Sur cette parcelle, une huile et 2 traitements avant fleurs sont réalisés avant la mise en place de l'essai. Durant l'essai, le producteur doit maintenir un habitat propice aux auxiliaires en ne faisant pas de fauche de l'herbe entre le lâcher et la récolte pour favoriser leur implantation sur la parcelle. Il doit aussi utiliser la confusion sexuelle contre le carpocapse et limiter les traitements nocifs pour les auxiliaires. Les auxiliaires utilisés pour le lâcher sont des larves de coccinelles, *Adalia bipunctata*, et de cécidomyie du puceron, *Aphidoletes aphidimyza*, de chez Koppert. Les larves de coccinelle sont contenues dans des sachets de sciure de bois avec 100 individus par sachet. Les cécidomyies sont au stade pupe ce qui correspond au cocon entre le stade larvaire et le stade adulte. Les pupes sont mélangées à de la sciure et conditionnées dans des flacons de 100ml. Chaque flacon donne environ 2 000 cécidomyies adultes.

Le lâcher des auxiliaires se fait à la détection des premiers foyers de pucerons sur la parcelle. Pour cela des observations sont réalisées régulièrement sur la parcelle à partir de mi-avril.

La parcelle est divisée en six zones dans le sens des rangs selon 5 modalités comme le montre la Figure 16 et le tableau II. Pour chacune des six zones de l'essai, des observations sont réalisées toutes les semaines à partir de la date de lâcher et jusqu'à début juillet soit pendant 5 semaines. Les observations se font sur les rangs centraux pour les 6 zones. Pour réaliser les observations, 4 placettes de 5 arbres sont mises en place par modalité. Pour chaque placette, la notation consiste à observer l'intensité de présence sur 50 pousses. Cette intensité est notée selon 4 classes : la classe zéro correspond à une absence de puceron, la classe 1 à quelques pucerons, la classe 2 à une à trois feuilles couvertes de puceron et la classe 3 correspond à un manchon entier de pucerons (Tableau III) (Figure 17).

Les résultats sont ensuite analysés avec une ANOVA à 2 facteurs. La variable à expliquer est le nombre de foyers présents toutes classes de présence confondues. Les facteurs sont les dates de notations et les différentes modalités testées. Les conditions d'application sont préalablement vérifiées avec le test de Shapiro-Wilk pour la normalité des résidus et le test de Bartlett pour l'égalité des variances pour chaque facteur.



Figure 18 : Nichoir à forficule installé sur un pommier.
 Les nichoirs sont remplis de paille pour abriter les forficules durant la journée.
 Source : M.C, 2017



Figure 19 : Plan de l'essai forficule sur la parcelle Golden de l'EARL Valsol à Sisteron.
 Pour cet essai, le bloc rouge correspond à la zone avec nichoir à forficules et le bloc bleu à la référence producteur, le témoin.
 Source : M.C, 2017

Tableau IV : Tableau de disposition des nichoirs sur les différents rangs de la modalité.
 Source : M.C, 2017

Numéro de rang	Nombre d'arbres	Surface rang (m ²)	Nombre de nichoirs/rang
2	8	46,4	1
3	17	98,6	1
4	23	133,4	2
5	33	191,4	2
6	37	214,6	2
7	47	272,6	2
8	52	301,6	3
9	58	336,4	3

2.3. Pose de nichoir à forficule en 2017

L'essai se déroule sur une parcelle de Golden de l'EARL Valsol à Sisteron subissant une pression puceron par endroits sur la parcelle. La distance de plantation est de 4m en entre-rang et de 1.45m sur la ligne. En 2016, il n'y a pas eu d'application de Klartan sur l'ensemble de la parcelle suite à une absence de fenêtre de traitement liée à la météo. Le Klartan est un insecticide utilisé sur les pommiers notamment contre les pucerons et les punaises. En 2017, une huile, un traitement avant et un traitement après fleurs sont réalisés avant la mise en place de l'essai. Un traitement au Klartan est réalisé sur la parcelle excepté sur la zone d'essai. La fabrication des nichoirs se fait à Raison'Alpes avec des pots de fleurs en terre cuite remplis de paille retenue par un filet à pomme de terre. Les pots sont ensuite installés à l'envers sous les branches des pommiers à l'aide de liens (Figure 18).

L'essai est composé de 2 modalités comme le montre la Figure 19 et le tableau IV. La modalité témoin correspond à la référence producteur, c'est-à-dire à la conduite normale de la parcelle réalisée par le producteur. La deuxième modalité correspond à la zone d'essai sur laquelle les nichoirs à forficule sont installés à une densité d'un nichoir pour 17 arbres soit 16 nichoirs pour les 295 arbres sur 1595m². Cela correspond à une densité de 100 nichoirs par hectares. Les nichoirs sont mis en place mi-avril, avant l'arrivée des pucerons pour pouvoir suivre l'évolution des populations de forficules en fonction de la pression en puceron.

Le suivi de l'essai se fait dans un premier temps une fois par semaine avec une notation des pucerons sur 100 pousses par modalités selon le tableau de classe de présence utilisé pour l'essai de lâcher de coccinelle et de cécidomyies avec la note zéro qui correspond à pas de présence de puceron, la note de 1 pour quelques pucerons, la note de 2 pour 1 à 3 feuilles couvertes de pucerons et enfin la note de 3 pour la présence d'un manchon de puceron. Un suivi des populations de forficule dans les nichoirs est aussi réalisé sur 8 des 16 nichoirs par comptage manuel. Les pots sont numérotés de façon à faire tous les comptages sur les mêmes pots et voir l'évolution de la population au sein d'un nichoir. A la détection des premiers foyers de puceron cendrés, les notations se font tous les 2 ou 3 jours pour bien suivre l'évolution des foyers et voir l'efficacité de nettoyage des pousses par les forficules. Le Klartan étant l'insecticide utilisé contre les punaise, une notation punaise sur fruit est à réaliser.

L'évolution de la population de forficules dans les nichoirs est analysée statistiquement à l'aide d'une ANOVA à deux facteurs par le logiciel R. L'analyse permet de déterminer s'il y a un effet des nichoirs ou du temps via les différentes dates de notations sur la population de forficule présente. La variable à expliquer est donc le nombre de forficules et les facteurs sont le pot et la date de notation. L'hypothèse nulle de cette ANOVA 2 est qu'il n'y a pas d'effet des facteurs sur la population de forficuled. Pour pouvoir réaliser ce test statistique, il faut préalablement vérifier la normalité des résidus avec un test de Shapiro-Wilk et l'égalité des variances pour les facteurs par un test de Bartlett. L'indépendance des observations est conditionnée par l'expérimentation et la mise en place de l'essai.

2.4. Test de barrière physique à l'automne en 2016/2017

L'essai se déroule sur une parcelle de Golden de l'EARL Les Iscles à Mison suite à une forte pression en puceron observée en 2016. Une faible présence d'auxiliaire est nécessaire pour la mise en place de l'essai car

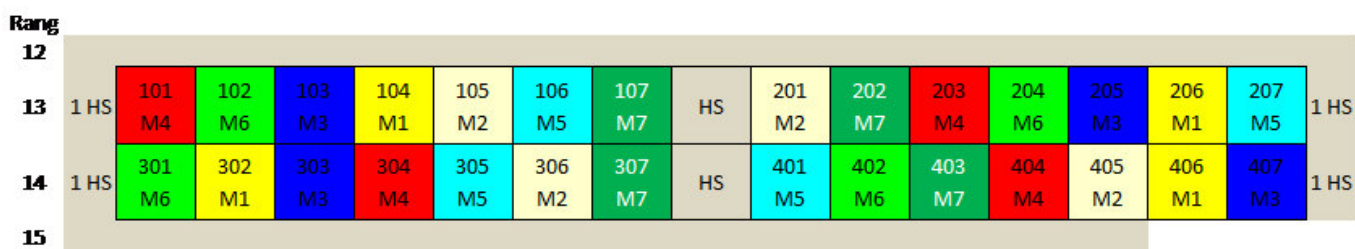


Figure 20 : Plan de l'essai barrière physique sur la parcelle de Golden de l'EARL Les Iscles à Mison

Les HS correspondent aux arbres hors essai. Chaque bloc est représenté par une centaine et l'unité représentée le numéro de la parcelle élémentaire. Les 6 modalités sont identifiées de M1 à M7 et réparties aléatoirement au sein d'un bloc.

Source : Raison'Alpes, 2017

Tableau V : Tableau récapitulatif des différentes modalités et des conditions d'application

Source : Raison'Alpes, 2017

Modalité	Traitement T1	Traitement producteur 1	Traitement T2	Traitement producteur 2	Traitement T3	Traitement T4
	Avant retour des femelles (mi-octobre)	Avant éclosion des œufs (stade B-C)	A 50% des éclosions Si présence d'œufs > 1%	Stade E2 (préfloraison)	Stade H	Si occupation des pousses > 20%
M1 (TNT)	/	Huile: Acakil	Karaté Zéon à 0.075 l/ha	Teppeki à 0.14 kg/ha	/	Supreme à 0.25 l/ha
M2	/				Movento à 1.9 l/ha	/
M3	Surround à 50 kg/ha				/	Supreme à 0.25 l/ha
M4	Invelop à 50 kg/ha					
M5	Sokalciarbo à 50 kg/ha					
M6	BNA Pro à 200 l/ha					
M7	Caliamu à 2*60 kg/ha					

ces derniers peuvent perturber le développement des populations de puceron et fausser l'interprétation des résultats.

Sur la parcelle de l'essai, le producteur n'applique pas de produits phytosanitaires ayant une action sur le puceron cendré jusqu'à la récolte, notamment le Klartan. Les opérations culturales et les traitements autres que ceux utilisés durant cet essai sont effectués de manière identique sur la zone d'essai et sur le reste de la parcelle pour ne pas induire de biais dans les résultats.

Différents produits de barrière physique sont testés en préventif à l'automne avant le retour des femelles pour éviter l'installation des foyers de pucerons sur la parcelle. Les traitements contre les pucerons sont ensuite réalisés selon le calendrier phytosanitaire collectif pommier 2017 mis en place par Raison'Alpes seulement si la pression est supérieure à un seuil défini au préalable.

L'essai est composé de 7 modalités avec le témoin inclus dans le dispositif. Chaque modalité est mise en place sur une parcelle élémentaire de 8 arbres avec 6 arbres observés et 2 arbres de garde. Les 7 modalités sont réparties dans un ordre aléatoire au sein d'un bloc. Un bloc représente une répétition des modalités. Pour cet essai, 4 blocs donc 4 répétitions sont mis en place comme le montre la Figure 20. La modalité témoin permet de suivre l'évolution des pucerons sur la parcelle ainsi que de connaître l'intensité de l'attaque pour valider l'efficacité des autres modalités. L'essai se compose de 6 traitements répartis entre octobre 2016 et juin 2017. Le premier traitement T1 est appliqué avant le retour des femelles à la mi-octobre. Une observation du suivi de vol des femelles fondatrices permettra de vérifier que les barrières physiques ont été correctement positionnées. Il correspond à l'application de différents types de barrière physique testés. Pour les cinq modalités de barrière physique, le traitement pourra être renouvelé s'il y a eu lessivage des produits avec un cumul de pluies supérieur à 50 mm. Les traitements réalisés ensuite correspondent à ceux du calendrier phytosanitaire 2017 de Raison'Alpes. Le traitement producteur 1 correspond à une huile, l'Acakil appliqué au stade B-C selon le code Baggiolini, avant l'éclosion des œufs de pucerons. L'application sera réalisée et placée selon le suivi d'éclosion des œufs. Le Karaté Zéon est appliqué à 0.075l/ha pour le traitement T2 lorsque 50% des œufs ont éclos. Il ne se fait que sur les modalités ayant plus d'1% de rameaux occupés par les œufs. Le traitement producteur 2 est un Teppeki à 0.14 kg/ha appliqué à la préfloraison, au stade E2 sur toutes les modalités. Le traitement T3 correspondant à un Movento à 1.9l/ha n'est appliqué que sur la modalité M2 au stade H, lors de la chute des derniers pétales. Enfin, le traitement T4 est un Supreme à 0.25l/ha appliqué sur la modalité M1 et les modalités M3 à M7. Il ne se fait que sur les modalités présentant plus de 20% de pousses occupées par du puceron cendré. Les traitements T1, T2, T3 et T4 sont réalisés par Raison'Alpes alors que les traitements producteurs 1 et 2 sont réalisés par le producteur. Dans les deux cas les doses hectares prédéfinis sont respectées.

Les modalités M1 et M2 correspondent à des témoins sans barrière physique. La différence entre les deux se trouve au moment des traitements T3 et T4 avec que le T4 pour M1 et que le T3 pour M2. Les modalités M3 à M7 correspondent à 6 produits différents testés en tant que barrière physique. Dans l'ordre les produits utilisés sont du Surround à 50 kg/ha, du Invelop à 50 kg/ha, du Sokalciarbo à 50 kg/ha, du BNA Pro à 200 l/ha et du Caliamu à 120 kg/ha. Calialmu est appliqué en 2 fois à 60kg/ha à 12/24h d'intervalle (Tableau V).

Différentes observations sont réalisées de la mise en place de l'essai à la récolte. Le suivi du vol retour des femelles fondatrices est réalisé en octobre sur les modalités témoins M1 et M2. Pour cela 3 cuvettes jaunes de piégeage remplies d'eau savonneuse sont placées au niveau de la frondaison. Les cuvettes sont relevées

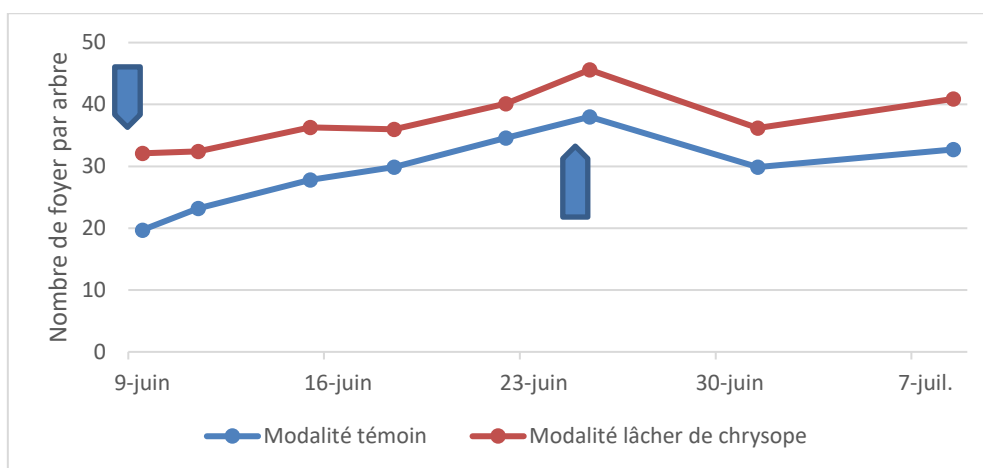


Figure 21 : Evolution du nombre de foyers de pucerons par arbre en fonction des dates de notation.
Les flèches bleues correspondent aux deux dates de lâchers de larves de chrysope soit les 4 juin et 26 juin 2015.

Source : Raison'Alpes, 2015

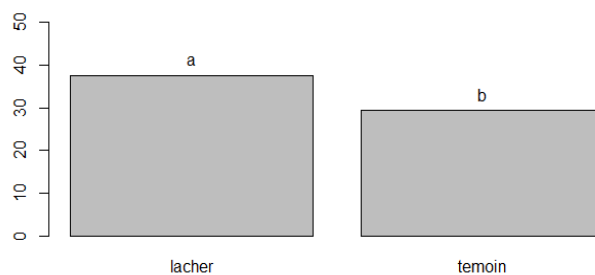


Figure 22 : Test de comparaison multiple pour les modalités de lâcher avec R.
Suite à une ANOVA 2, le test de Tukey permet de montrer que dans la modalité lâcher de chrysope le nombre de foyer de puceron est significativement plus important que dans la modalité témoin.

Source : M.C, 2017

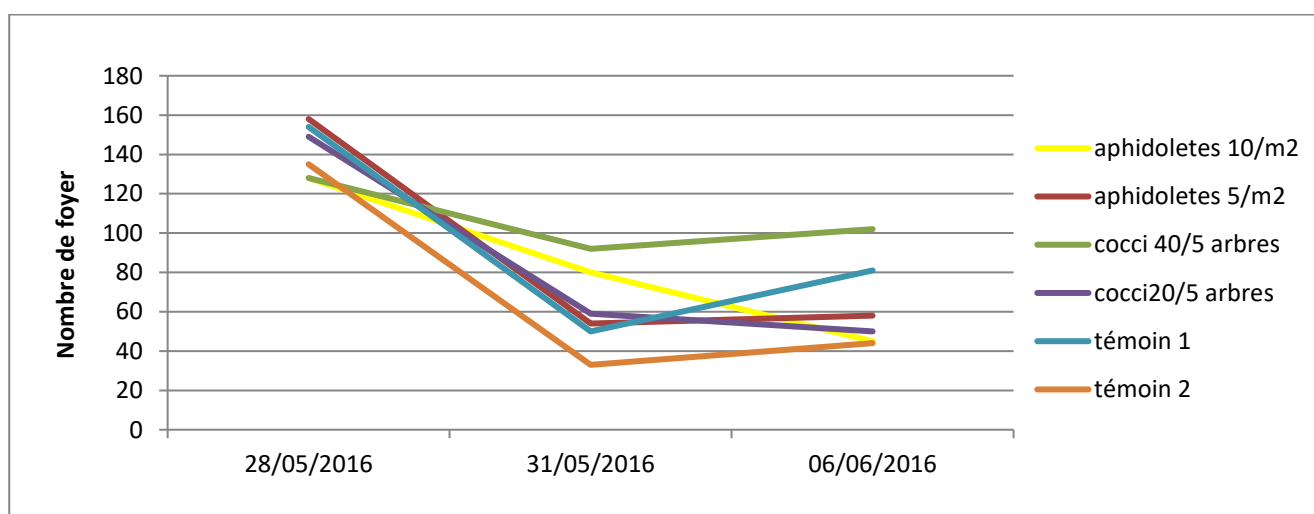


Figure 23 : Evolution du nombre de foyers observés par modalité en fonction du temps.

Source : Raison'Alpes

deux fois par semaine jusqu'en décembre pour y dénombrer le nombre de femelles piégées. Cette observation permet de positionner le traitement T1 des barrières physiques avant le pic de vol. A partir de février, le suivi des éclosions des œufs est réalisé, toujours sur les modalités témoins M1 et M2. Pour cela autant de branches que nécessaire sont marquées pour obtenir un total de 50 œufs de pucerons répartis entre les parcelles élémentaires des différents blocs. Une fois par semaine, une observation de ces 50 œufs permet de noter leur évolution avec ceux qui sont éclos. Cette observation permet de suivre l'évolution de l'éclosion et de vérifier le positionnement du traitement de l'huile avant le début de l'éclosion. Ce suivi permet aussi de valider ou non la nécessité du traitement au Karaté Zéon à 50% des éclosions. Pour cela, 25 branches par parcelle élémentaire sont observées pour déterminer la fréquence d'occupation des œufs pour les différentes modalités. Le traitement est à faire pour les modalités ayant une fréquence d'occupation supérieure à 1%. Au stade H, correspondant à la fin de la chute des pétales, l'observation de suivi des populations de pucerons cendrés est réalisée pour déterminer l'efficacité des différentes modalités. Une fois par semaine, 50 pousses au hasard par parcelle élémentaire sont observées pour noter le nombre de pousses occupées par au moins un puceron vivant. La présence d'auxiliaires sur les pousses contenant des pucerons est aussi à noter. La dernière observation est à réaliser en septembre au moment de la récolte avec la mesure du calibre de 100 fruits par parcelle élémentaire.

La fréquence de présence des pucerons pour les différentes modalités est analysée statistiquement à l'aide d'une ANOVA à deux facteurs par le logiciel R. L'analyse permet de déterminer s'il y a un effet des traitements ou du temps via les différentes dates de notation sur la fréquence d'observation des populations de pucerons. La variable à expliquer est donc la fréquence de présence des pucerons et les facteurs sont les modalités de traitement et la date de notation. L'hypothèse nulle de cette ANOVA 2 est qu'il n'y a pas d'effet des facteurs sur les populations de pucerons. Pour pouvoir réaliser ce test statistique, il faut préalablement vérifier la normalité des résidus avec un test de Shapiro-Wilk et l'égalité des variances pour les facteurs par un test de Bartlett. L'indépendance des observations est conditionnée par l'expérimentation et la mise en place de l'essai.

3. Résultats

3.1. Lâcher de chrysope en 2015

Les notations d'évolutions du nombre de pousses infestées par foyers ont permis d'obtenir le graphique présenté en Figure 21. Ce dernier correspond à la moyenne du nombre de pousses infestées observée pour les 10 arbres par modalité et par jour d'observation. L'évolution du nombre de foyers semble similaire entre les deux modalités avec un nombre plus important de foyer dans la modalité avec le lâcher d'auxiliaire. L'analyse statistique de l'évolution du nombre de foyer est faite avec une ANOVA à deux facteurs. Les conditions d'application avec la normalité des données et l'égalité des variances sont bien vérifiées avec dans les deux cas une p-values supérieure au risque alpha de 0.05. L'analyse de variance est donc testée et montre qu'il y a bien une différence significative du nombre de foyer entre les deux modalités mais pas d'effet de la date d'observation ni d'interaction entre ces deux facteurs. Une comparaison multiple avec le test de Tukey montre que le nombre de foyers dans la modalité avec le lâcher de chrysope est significativement plus important que dans la modalité témoin (Figure 22).

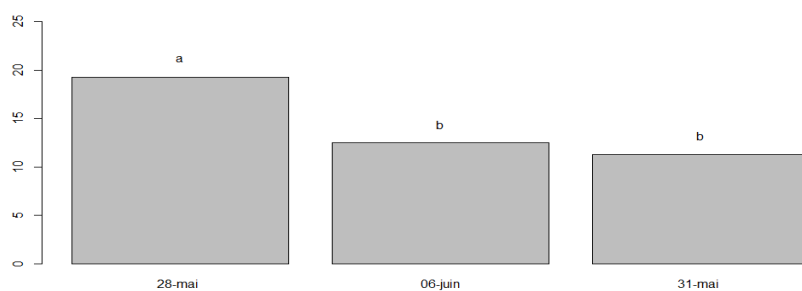


Figure 24 : Test de Tukey avec R pour le facteur date de notation.

Le test comparaison multiple montre que l'effet date de l'ANOVA 2 provient de la date du 28 mai qui présente un nombre significativement plus important de foyers par rapport au 31 mai et au 6 juin.

Source : M.C, 2017

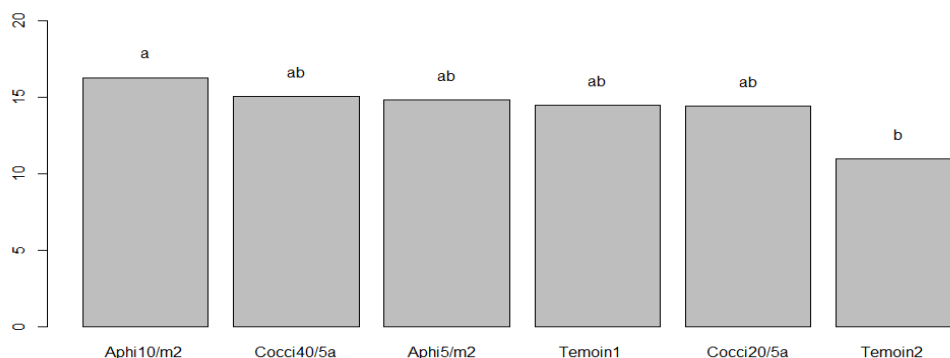


Figure 25 : Test de Tukey avec R pour le facteur modalité testé.

Le test de comparaison multiple montre que la modalité Aphidolette avec 10 individus par mètre carré est significativement différentes du Témoin 2. Toutes les autres modalités ne sont significativement pas différentes entre elles ni par rapport aux modalités Aphidolette 10 individus par mètre carré et Témoin 2.

Source : M.C, 2017

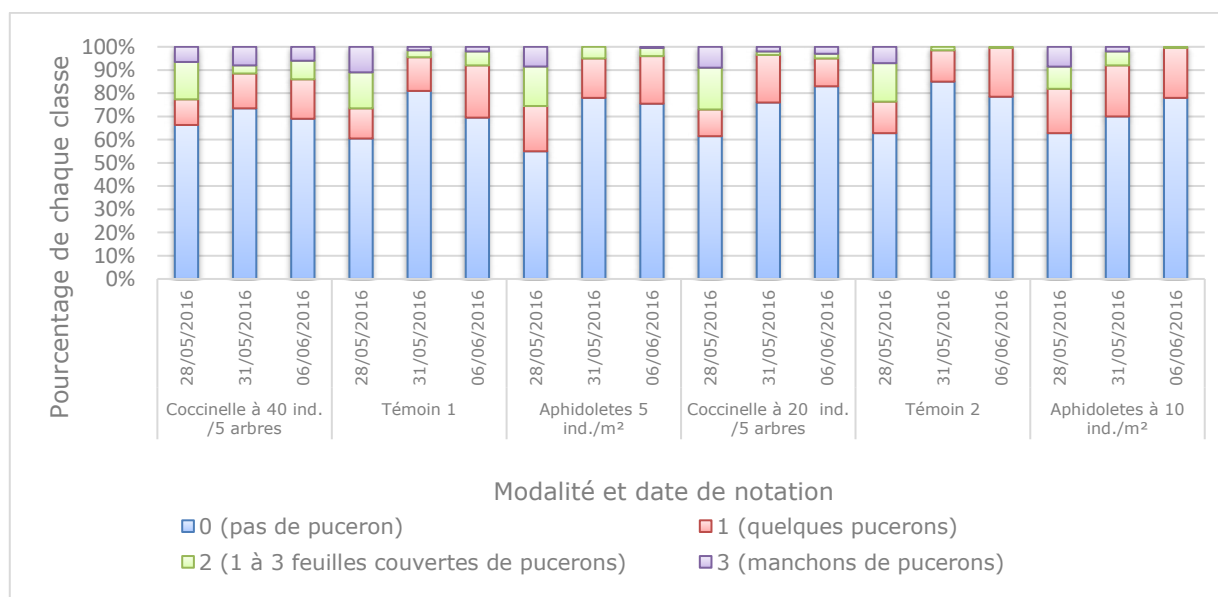


Figure 26 : Evolution des différentes classes de présence de pucerons au cours du temps et selon les différentes modalités.

Source : M.C, 2017

Au premier juillet, une baisse du nombre de foyers est observée. Une notation sur le nettoyage des foyers est effectuée. Un foyer nettoyé correspond à un foyer où il n'y a plus de puceron vivant. Un nettoyage d'environ 76% des foyers est observé sur la zone de lâcher des larves. Dans les témoins, ce nettoyage est de 64% en moyenne. Les chrysopes s'attaquent donc bien aux pucerons pour en diminuer leur nombre plus rapidement que dans les témoins.

Les notations sur le pourcentage d'infestation de la pousse, sur l'apparition de nouveaux foyers sur les arbres jouxtant l'arbre du foyer ainsi que le battage pour l'observation des populations de chrysope n'ont pas pu être réalisés à cause de la faible augmentation du nombre de foyers au sein des différentes modalités. En effet dans la modalité témoins, entre le 9 juin et le pic de foyer est observé le 25 juin, il n'y a eu que 18 nouveaux foyers, ce qui est très peu.

3.2. Lâcher de coccinelle et de cécidomyies en 2016

Les lâchers sont réalisés le 28 mai 2016 par beau temps. A ce moment-là, la pression des populations de puceron sur la parcelle est déjà importante avec 34 à 45% de pousses contenant des pucerons, classes 1, 2 et 3 confondu. Suite au lâcher, une nette diminution de l'intensité de l'attaque est observée pour toutes les modalités, témoins compris (Figure 23).

Suite à une ANOVA 2 avec le nombre de foyers en facteur, on peut dire que cette diminution est significative. L'ANOVA montre un effet de la date de notation sur le nombre de foyers trouvé avec une p-value de 1.888e-09. Le nombre de foyer est significativement plus important le 28 mai par rapport aux deux notations du mois de juin (Figure 24). L'ANOVA montre aussi un effet des modalités, mais ce dernier est assez faible avec une p-value de 0.042 proche du risque alpha et donc de la zone de rejet. En effet, la comparaison multiple montre que les différentes modalités et densités de lâcher ne sont pas significativement différentes. Seuls les modalités Aphidoletes à 10 individus par mètre carré et témoin 2 sont significativement différentes l'une de l'autre (Figure 25).

Concernant l'évolution des populations de puceron, la classe de présence majoritaire tout au long de l'essai est la classe 0 qui représente en moyenne 70% des classes de présence observées comme le montre la Figure 26. Concernant les classes 1, 2 et 3 indiquant l'intensité de présence des pucerons, on observe que la classe majoritaire est la classe 1. La classe 2 est principalement présente le 28 mai avec présence de 15% en moyenne excepté pour la modalité Aphidoletes à 10 individus par mètre carré. Ce pourcentage de classe 2 n'est ensuite plus visible dans les notations suivantes avec retour des classe 1. Très peu de manchons de pucerons de classe 3 sont observés. Sur toute la durée de l'essai seulement 5% de foyer de classes 3 sont observés.

3.3. Pose de nichoir à forficule en 2017

L'évolution des populations de puceron cendré durant l'essai n'a pas pu être réalisée de par l'absence de ces derniers sur la parcelle. En effet, pour la modalité producteur, 0.003 foyers de classes 1 sont observés sur les 6 dates de notation et pour la modalité avec la pose de nichoir, 0.007 foyers sont observés.

Les nichoirs à forficule ont, quant à eux, fonctionné avec des populations de plus en plus importantes par nichoir jusqu'à début juin. Il y a ensuite une diminution de leur présence (Figure 27). L'analyse statistique avec une ANOVA2 est possible suite à la vérification des conditions d'application qui sont validées par les tests

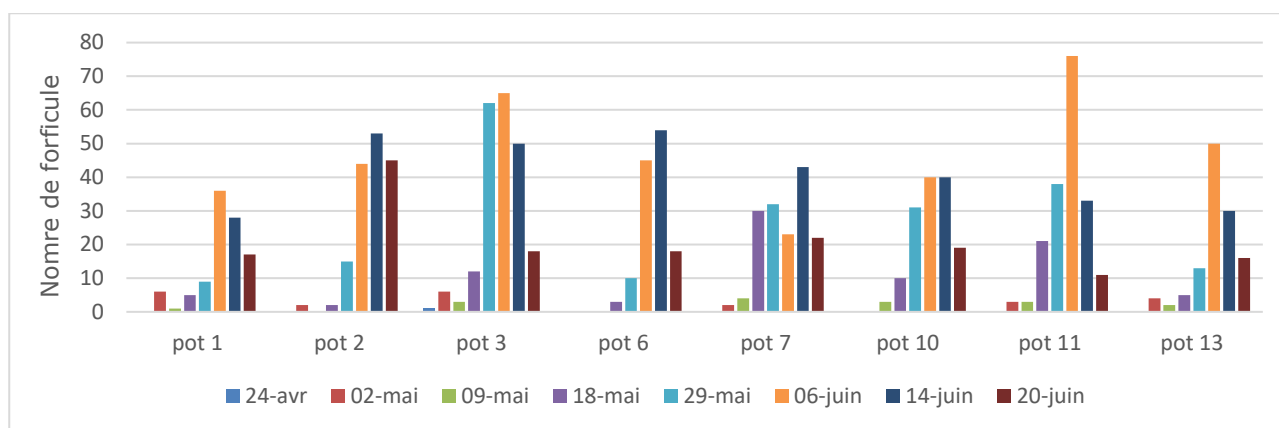


Figure 27 : Evolution du nombre de forficule au cours du temps dans les différents pots.

Source : M.C, 2017

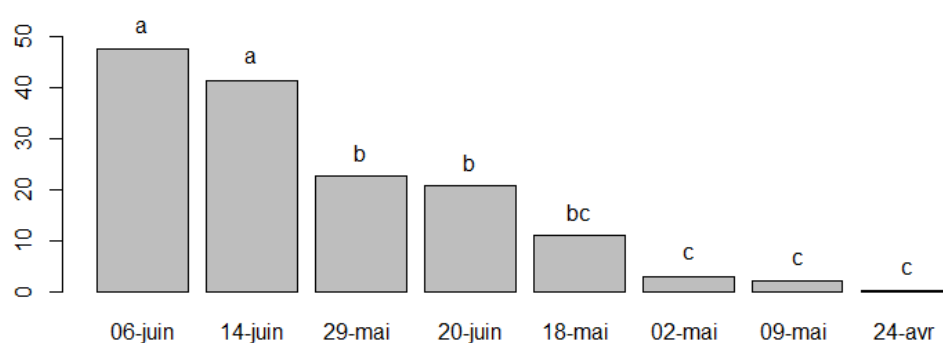


Figure 28 : Test de comparaison multiple avec R sur l'effet date.

Ce test montre qu'il y a un effet significatif de la date de notation et donc du temps sur les populations de forficule observées.

Source : M.C,2017

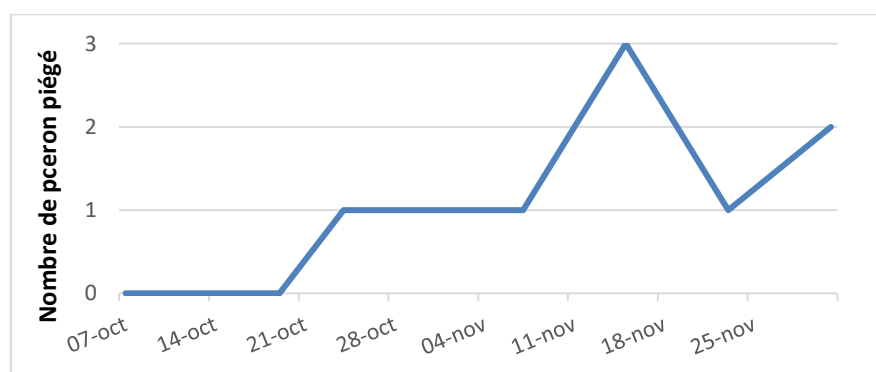


Figure 29 : Nombre de pucerons ailés piégés au cours du temps.

Le pic de vol retour est estimé au 15 novembre 2016.

Source : Raison'Alpes, 2016

de Shapiro-Wilk et de Bartlett. L'analyse de variance montre qu'il n'y a pas d'effet des différents pots sur l'évolution du nombre de forficule mais qu'il y a un effet significatif de la date de notation. Il n'y a pas non plus d'effets significatifs de l'interaction des deux facteurs. Concernant l'effet date, une évolution significativement positive du nombre de forficule est observée grâce à une comparaison multiple entre la pose des nichoirs au 24 avril et la dernière notation au 20 juin (Figure 28).

La notation concernant la punaise n'a pas encore été réalisée au moment de la rédaction du rapport.

3.4. Test de barrière physique à l'automne en 2016/2017

Le suivi des vols des femelles fondatrices sur les témoins a permis de voir que les vols ont commencé le 24 octobre avec les premiers pucerons piégés. Le pic est estimé au 15 novembre et le vol se poursuit jusqu'à fin novembre et début décembre. Les barrières physiques appliquées le 20 octobre ont été correctement positionnées avant le vol retour des femelles (Figure 29).

Le suivi de l'éclosion des œufs est réalisé sur les 50 œufs observés le 21 février. Le début de l'éclosion a lieu juste après la notation du 7 mars. Le 15 mars, 50% des œufs de puceron ont éclos et les 100% d'éclosion sont atteints au 29 mars. On observe que de nombreux œufs sont morts au cours du temps. Le traitement avec l'*Acakill* le 22 février est correctement positionné avant le début de l'éclosion (Figure 30).

Pour toutes les modalités, le pourcentage de pousses occupées par des œufs est supérieur à 1%. Le traitement au *Karaté Zéon* est donc nécessaire. Il est appliqué le 16 mars lorsque 50% des œufs ont éclos. Concernant le nombre de pousses occupées par des œufs, une ANOVA 2 est testée, mais l'égalité des variances par le test de Barlett n'est pas vérifiée. L'ANOVA 2 ne peut donc pas être réalisée. On remarque cependant que les modalités témoins M1 et M2 ainsi que la modalité M4 avec de l'*Invelep* possèdent les nombres de pousses occupées les plus importants. Les quatre autres modalités ont des taux d'occupation plus faible et similaire (Figure 31).

Suite aux observations et selon le protocole, les 6 premiers traitements ont été réalisés comme le montre le Tableau VI. Le traitement T1 a été renouvelé le 7 novembre suite à un cumul de précipitations supérieur à 50mm. Le traitement T4 n'a quant à lui été appliqué sur aucune modalité car le taux d'occupation des pousses n'a pas dépassé 20%.

Le suivi des populations est effectué en regardant la fréquence de présence sur 50 pousses par parcelle élémentaire entre le 18 mai et le 24 juin 2017. Les conditions d'applications de l'ANOVA 2 ne sont pas appliquées et le test non paramétrique de Kruskal Wallis n'est pas significatif. La Figure 32 montre la fréquence de présence des foyers en fonction de la date de notation pour les sept modalités de l'essai. Des pucerons sont observés seulement dans les M3 et M7. Pour les autres modalités, témoins compris, aucun puceron n'est présent.

Les fruits étant en développement au moment de la rédaction, la notation sur le calibre des fruits n'a pas encore été faite.

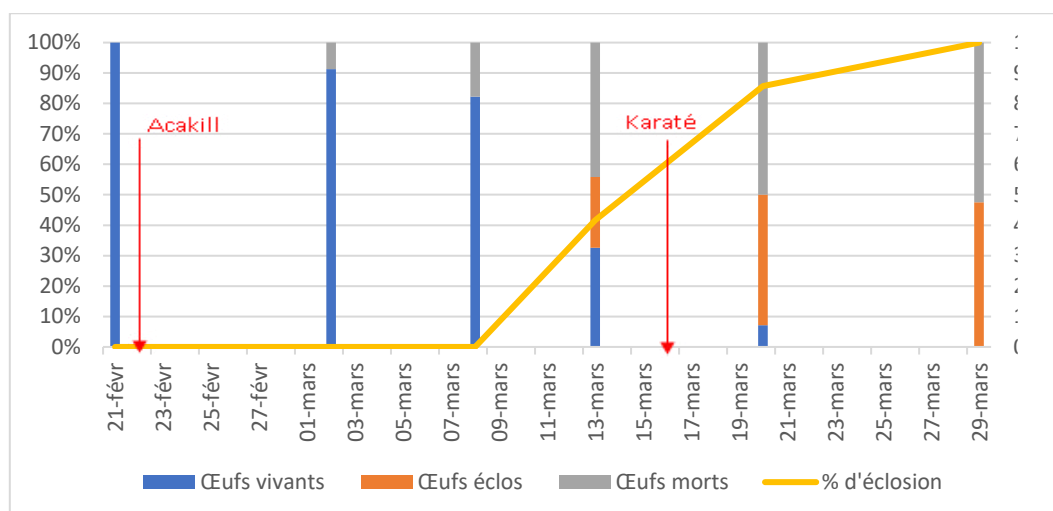


Figure 30 : Dynamique d'éclosion des œufs de pucerons cendrés en 2017.

Les flèches rouges correspondent aux dates d'application des traitements Producteur 1 et T2.

Source : Raison'Alpes, 2017

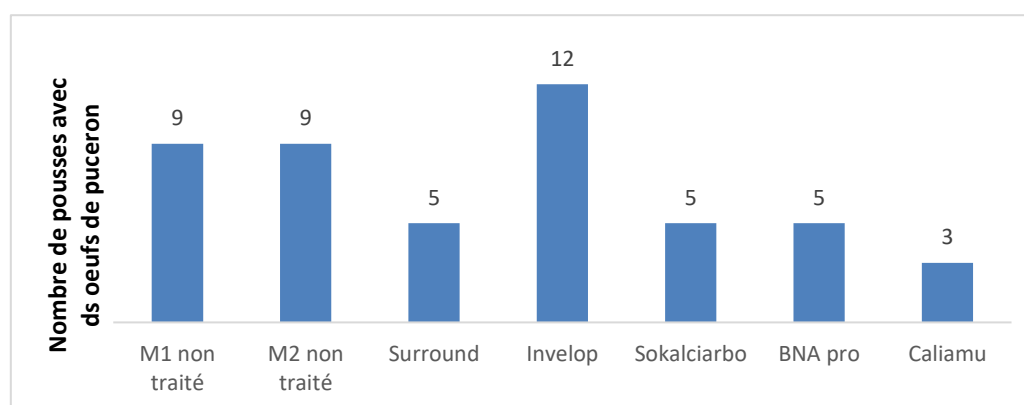


Figure 31 : Nombre de pousses occupées par des œufs de pucerons cendrés le 02 mars 2017.

Source : Raison'Alpes, 2017

Tableau VI : Récapitulatif des applications réalisées pour les différentes modalités.

La modalité M7 a été appliquée en deux fois. Les autres modalités ont toutes été appliquées le premier jour de traitement. Le traitement T4 n'a pas encore été appliqué de par la faible pression observée dans les différentes modalités. Source : Raison'Alpes, 2017

Modalité	Traitement T1	Traitement T1 BIS	Traitement Producteur 1	Traitement T2	Traitement producteur 2	Traitement T3	Traitement T4
Dates	20/10 et 21/10	7/11 et 10/11	22/02	16/03	1/04	24/04	/
Produits	Barrières physiques		Acakill	Karaté Zéon	Teppeki	Movento	/
Stades végétatifs	Repos végétatifs		B	C	E2	H	/
Stades ravageurs	Avant vol de retour	Avant le pic de vol	oeufs	50% œufs et 50% larves	Larves et adultes	Larves et adultes	/
Modalités traitées	M3 à M7	M3 à M7 Sauf M6	Toutes	Toutes	Toutes	M2	/

4. Discussion

4.1. Lâcher de chrysope en 2015

Cet essai ne donne pas de résultats concluants quant à l'efficacité des chrysopes pour limiter les populations de pucerons cendrés dans le verger. Un nombre significativement plus important de foyers de pucerons est observé dans la modalité témoin par rapport à la modalité avec le lâcher des auxiliaires. La densité de lâcher est pourtant supérieure à celle préconisée par la société Koppert qui vend les auxiliaires. En effet, Koppert préconise 10 individus par mètre carré en cas d'attaque légère et 50 par mètre carré pour un renforcement du programme (Koppert, 2017). Le premier lâcher effectué par Raison'Alpes à la détection des foyers est à une densité de 57 individus par mètre carré sachant qu'un deuxième lâcher est ensuite effectué. L'absence de résultat n'est donc pas liée à la densité de lâcher. Dans un verger, de nombreux facteurs peuvent nuire à l'efficacité du lâcher d'auxiliaire tel que les conditions climatiques au moment du lâcher ou dans les jours qui suivent, la qualité des auxiliaires reçu avec le taux de mortalité durant le transport et le temps d'attente entre la réception des prédateurs et leur lâcher (Dib, 2010). Ces indications-là ne figurant pas sur la synthèse de l'essai, il est donc impossible de savoir si ces facteurs ont pu influencer les résultats. Dans cet essai, il est cependant important de noter la faible pression des populations de pucerons cendrés même dans la modalité témoin avec au maximum 38 foyers observés. En comparaison, en 2017, dans un essai mené contre le puceron cendré par Raison'Alpes, jusqu'à 30 nouveaux foyers ont pu être observé dans la modalité témoin le jour d'une notation (Raison'Alpes, communication personnelle).

Le régime alimentaire des larves de chrysope est cependant principalement composé de puceron. Durant sa croissance, une larve peut consommer jusqu'à 500 pucerons (Hullé *et al.*, 2006). Cette consommation de pucerons est visible avec la notation du taux de nettoyage des foyers qui est plus important dans la modalité avec lâcher que dans le témoin. Les larves de chrysope ont donc un rôle dans la régulation des populations de pucerons dans les foyers déjà formés. La présence de ces larves dans un verger ne permet pas d'éviter la mise en place de population de pucerons (Dib, 2010; Nicolas *et al.*, 2015).

4.2. Lâcher de coccinelle et de cécidomyies en 2016

Cet essai n'a pas donné de résultats concluant avec des différences non significatives d'efficacité entre les différentes modalités de densité de lâcher. Seule la modalité aphidoletes à 10 individus par mètre carré donne un nombre de foyers significativement différent de ceux de la modalité témoin. Cette modalité avec les aphidoletes n'est cependant pas significativement différente des autres modalités de lâcher et du témoin 2. Il n'est donc pas possible d'établir que cette modalité est plus efficace que les autres. Cette absence de résultat est en partie lié à la faible présence de puceron sur la parcelle et notamment dans les témoins. Pour aphidoletes, les faibles températures après le lâcher ont retardé la naissance et l'apparition des larves sur la zone d'essai comme l'on aussi remarqué Wyss *et al.* (1999) dans leur article.

Des essais en conditions contrôlés ont montré que les deux auxiliaires ont des effets significatifs sur la diminution des populations de puceron dans les semaines qui suivent leur introduction (Figure 33) (Wyss *et al.*, 1999). Pour la coccinelle, une efficacité de 50% 6 heures après interlocution des larves est démontrée puis est de 70% après 48 heures. Cette efficacité est cependant aléatoire en verger car elle est dépendante des

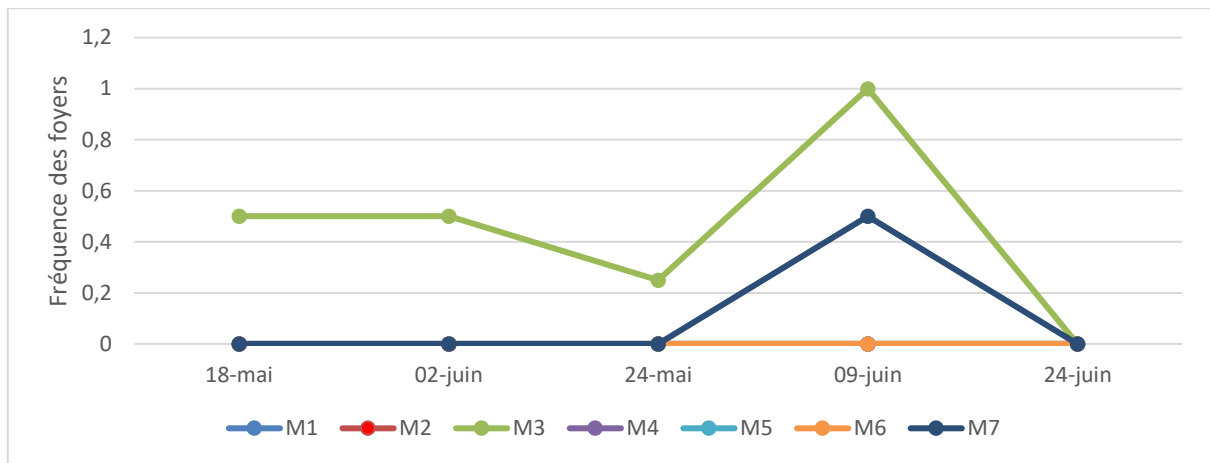


Figure 32 : Fréquence des foyers de pucerons observés par modalité en fonction de la date de notation.

Source : Raison'Alpes, 2017

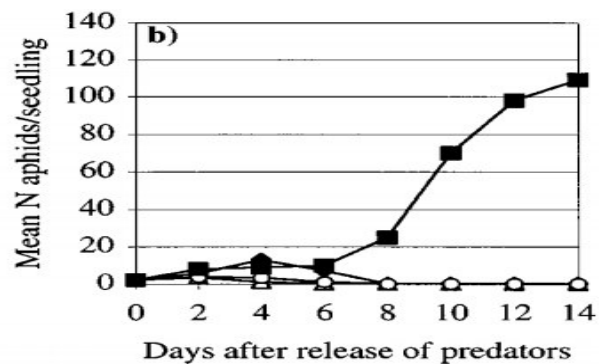


Figure 33 : Effet des auxiliaires après lâcher de larves sur le nombre moyen de puceron cendré par jeune plant.

Lâcher de larve de coccinelle, *A. bipunctata* (rond blanc) et de cécidomyie du puceron, *A. aphidimyza* (carré noir) pour un ratio initial prédateur-proies de 5 : 1.

Source : Wyss *et al.*, 1999; modifié

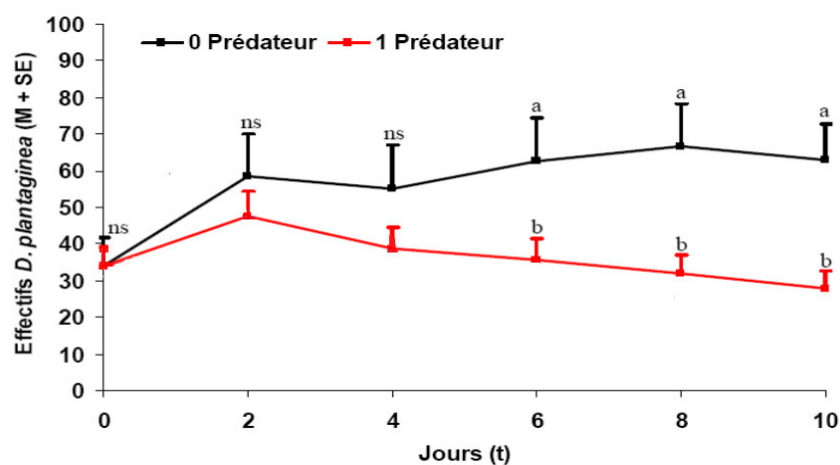


Figure 34 : Evolution temporelle des effectifs de pucerons cendrés en fonction du temps en présence d'un forficule ou sans prédateurs.

Les lettres indiquent les différences significatives avec un risque de 5%.

Source : Dib, 2010 ; modifié

conditions météorologiques ainsi que des interactions avec les autres prédateurs qui sont naturellement présent sur la parcelle (Dib, 2010).

L'analyse des résultats a montré un effet très significatif du facteur date de notation sur le nombre de foyers dénombré. Cette baisse du nombre de foyers étant la même pour les différentes modalités, témoins compris, on ne peut pas être sûr que cela soit lié au lâcher. En effet les coccinelles lâchées sont des larves alors que pour les cécidomyies se sont des cocons. Le délai de mise en action est donc différent entre les deux auxiliaires pourtant il n'est pas visible sur l'essai. En effet Wyss *et al.* (1999) ont montré que le lâcher de larve est plus efficace que l'utilisation de pupe. Cette diminution du nombre de foyer sur l'ensemble de la parcelle peut être lié à l'action des auxiliaires naturellement présents dans la nature. En effet, la suppression du Klartan, un insecticide généraliste, permet de conserver les insectes auxiliaires présent dans le verger. Ils peuvent ainsi jouer leur rôle de prédateur.

A la fin de l'essai, les boîtes de lâcher sont retirées de la parcelle et un grand nombre de forficule y avait trouvé refuge. Cette constatation a conduit à la mise en place de la pose de nichoir l'année suivant.

4.3. Pose de nichoir à forficule en 2017

Sur cet essai, la pression des populations de pucerons est quasiment nul. Cette absence de pucerons peut s'expliquer par les gels importants qui ont eu lieu à la mi-avril, avant le début des notations. L'absence de foyer n'a donc pas permis de déterminer l'efficacité des forficules dans la lutte contre le puceron cendré. Des études menées en conditions contrôlées ont pourtant montré que la présence d'un forficule permettait de faire diminuer l'effectif de puceron de 10% en 10 jours alors que la population de puceron dans la modalité témoin a doublé dans le même temps (Figure 34) (Dib, 2010). Dans un verger cette fois, l'expérience menée par Dib (2010) montre que les forficules sont des prédateurs voraces, plus efficace que les larves de coccinelle ou de chrysope.

La pose des nichoirs a quant à elle donnée des résultats positifs avec l'augmentation des populations de forficules. Ce prédateur naturel du puceron est donc facile à faire venir et à conserver dans le verger de par son caractère commun largement répandu et son régime alimentaire polyphage qui lui permet de trouver des proies de substitutions (Hullé *et al.*, 2006). Il peut en effet se nourrir des autres types de pucerons que l'on peut retrouver dans les vergers de pommiers comme le puceron lanigère ou les pucerons verts migrant et non migrants (Dib, 2010). Les fortes populations de forficule peuvent donc s'expliquer par la présence de puceron vert. Le fait de pouvoir attirer les forficules dans le verger à l'aide de simple nichoir est un avantage car il est difficile d'obtenir une production de masse de forficule en élevage où ils sont peu féconds. Cependant avec les nichoirs, il est difficile de prévoir à l'avance l'arrivée de ces insectes. L'apparition est souvent tardive dans les vergers suite à la présence des pucerons qui les attirent (Dib, 2010). Pour pallier ce problème, les nichoirs peuvent être installés dans des haies, dans des bois ou à proximité de végétation tout au long de l'année. Grâce aux phéromones d'agrégation libérés par le forficule dans le nichoir à son premier passage, les populations vont s'y installer plus facilement à condition qu'il y ait de la nourriture dans les alentours. Un moment de l'installation des pucerons dans le verger, les nichoirs contenant déjà les populations de forficules n'ont plus qu'à y être installées pour augmenter artificiellement leur densité et donc leur efficacité. Cela permet donc une arrivée plus précoce sur la parcelle. De même, à la fin de l'attaque de pucerons, les nichoirs sont retirés du

verger pour diminuer la densité de forficule et diminuer la pression sur les fruits mûrs qui risquent d'être dégradés en l'absence de nourriture (Albouy, 2017).

La suppression du Klartan et donc de 3 IFT dans la modalité avec les nichoirs est réalisée dans le but de favoriser la présence des forficules. Cet effet est difficilement mesurable à court terme. En effet, le produit est considéré comme peu toxique pour les forficules. Il est cependant toxique pour les coccinelles et les cécidomyies qui sont eux aussi des prédateurs des pucerons comme vu précédemment (E-Phy, 2016). Le Klartan est l'insecticide utilisé contre les punaises qui peuvent provoquer des dégâts sur les fruits en les piquant. La piqûre provoque un aspect bosselé et une lignification des cellules piquées ce qui entraîne une dépréciation des fruits à la récolte (Orts *et al.*, 2006). La notation sur fruit sera donc importante pour voir si les punaises ont eu une action significative ou non suite à la suppression de l'insecticide.

4.4. Test de barrière physique à l'automne en 2016/2017

Le suivi du vol des femelles fondatrices vers le verger montre un retour à partir de la fin octobre 2016. Cela indique qu'il y a bien présence de puceron dans le verger pour la suite de l'essai. Tous les traitements sont positionnés correctement comme prévu par le protocole. L'efficacité de l'huile est visible dès la fin de la notation de suivi des œufs. En effet 50% des œufs observés sont morts. Cette mortalité principalement est dû à l'Akakill qui permet d'asphyxier les œufs et de les tuer avant l'éclosion (E-Phy, 2016). Le traitement au Karaté, un insecticide anti-puceron, est réalisé par mesure de précaution pour éviter l'apparition d'une trop forte pression qui pourrait avoir des conséquences sur la production de 2017 voire même de 2018 pour le producteur. Le suivi des populations de pucerons au printemps 2017, montre une faible pression, quel que soit la modalité. On peut donc en déduire que pour une faible pression lors du vol retour les traitements avec l'huile et le Karaté sont suffisants pour lutter contre le puceron, même sans application de barrière physique comme dans le témoin. Concernant les différentes barrières physiques testées, les modalités avec l'Invelop et la Calium montrent la présence de quelques pucerons au cours des différentes notation. Ces deux produits sont respectivement à base de talc et de carbonate de calcium et non pas à base d'argile comme le Surround®, le Sakalciarbo et le BNA Pro. Les produits à base d'argile sont donc plus efficaces pour gêner l'installation des femelles fondatrices et la ponte des œufs.

Toutes les spécialités commerciales à base d'argile n'ont cependant pas la même efficacité. Des essais réalisés par la station La Pugère et par le GRAB montrent que les argiles kaolinites calcinées comme le Surround sont plus efficaces contre les pucerons cendrés que les argiles kaolinites crues (Berud *et al.*, 2016). Concernant l'essai mené par Raison'Alpes, il n'est pas encore possible de conclure quant à l'efficacité d'une argile plutôt qu'une autre. En effet, en l'absence pression des populations de pucerons notamment dans la modalité témoins M1, il est impossible de voir quel produit confère une protection plus efficace que les autres.

Suite à la faible pression, le traitement T4 n'a pas été appliqué. Le suivi d'occupation des pousses a donc permis de supprimer un traitement cette année. De plus, la modalité M2, avec l'application d'un Movento en T3 ne montre pas d'efficacité significative par rapport au témoin M1 sans Movento. Ce traitement n'est donc pas nécessaire dans ce cas-là. Le programme de traitement de cet essai a permis de supprimer 4 IFT insecticide dans la modalité M2 et 5 IFT pour les autres modalités.

Tableau VII : Tableau de toxicité de différents insecticides sur les auxiliaires.

Source : d'après E-phy, 2017

Produit	Coccinelle	Forficule	Cécidomyie	Chrysope
Karaté Zéon				
Suprême				
Teppeki				
Movento				
Klartan				

Neutre	Peu toxique	Moyennement toxique	Toxique	Très toxique
Renseignements contradictoires		Pas de données		

5. Conclusions et perspectives

5.1. Utilisation des auxiliaires

Les trois essais mis en place n'ont pas montré de résultats significatifs quant à un auxiliaire plus efficace qu'un autre pour lutter contre le puceron cendré. Ces résultats sont à nuancer avec à chaque fois une faible pression observée dans les témoins. Le lâcher d'auxiliaires est utilisé au printemps dans le but d'éviter l'application d'insecticides. Des traitements avec des huiles blanches à la sortie de l'hiver et des traitements post-floral sont réalisés par les producteurs sur l'ensemble de leurs parcelles, zone d'essai comprise. Ces traitements ont pour but d'éviter l'éclosion des œufs et de limiter les populations des larves au printemps. Leur efficacité peut donc expliquer la faible présence de pucerons dans les parcelles.

Dans les nombreux articles et livres traitant de l'utilisation des auxiliaires, l'action combinée de plusieurs prédateurs des pucerons est privilégiée (Wyss *et al.*, 1999; Dib, 2010; Albouy, 2017). Il est difficile de déterminer l'action individuelle de chaque auxiliaire mais la combinaison de plusieurs auxiliaires, de par leur présence temporelle différente ou leur stratégie de prédation permet un contrôle plus efficace des populations de puceron cendré. Par exemple, les syrphes, *Episyrphus balteatus*, sont les premiers auxiliaires présents en cas de présence de puceron alors que les forficules, les coccinelles et les cécidomyies arrivent plus tardivement, une fois le ravageur installé sur la parcelle (Dib *et al.*, 2011).

L'utilisation des auxiliaires permet de contenir les populations de pucerons cendrés mais il ne permet pas une éradication et donc une régulation suffisante pour éviter les dégâts économiques. Cela permet cependant de diminuer le nombre de traitement insecticide en intervenant en complément des auxiliaires (Dib, 2010). Pour favoriser l'implantation et l'action des auxiliaires, un environnement favorable est nécessaire avec notamment l'utilisation de bandes fleuries. Cela permet d'avoir un cortège d'auxiliaires présent tout au long de l'année pour une régulation des ravageurs des pommiers en continue (Albouy, 2017). Les bandes fleuries additionnées à l'installation des hôtels à insectes sont utilisés par l'EARL Les Iscles depuis 2012. Cela a notamment permis la suppression définitive d'un insecticide et donc de diminuer l'IFT insecticide (Raison'Alpes®, 2017). La réduction ou la suppression de ces insecticides a aussi un impact positif sur la présence des auxiliaires dans les vergers. En effet, les produits ont des effets secondaires plus ou moins importants sur les auxiliaires comme le montre le Tableau VII avec la toxicité des insecticides généralement utilisés sur les différents auxiliaires prédateurs des pucerons cendrés. Par exemple, certaines classes d'insecticides sont toxiques voir très toxiques contre les coccinelles, d'autres le sont moins mais diminuent fortement la ponte et leur efficacité contre les insectes (Ricard *et al.*, 2012).

Pour poursuivre la lutte contre le puceron cendré par l'utilisation des auxiliaires, des essais sur l'utilisation combinée de plusieurs auxiliaires peuvent être envisagés. De plus, la syrpe, *Episyrphus balteatus*, est, d'après la littérature un prédateur efficace. Là aussi, un essai de lâchers de syrphes peut être mis en place au printemps prochain soit avec des syrphes uniquement, soit une combinaison de syrphes avec des forficules. L'installation d'hôtels à insectes dans les vergers est une alternative plus durable par rapport aux lâchers inondatif d'auxiliaires dans les parcelles. Ils permettent l'installation et la conservation d'un plus grand nombre de prédateurs utiles contre les nombreux ravageurs des pommiers.

5.2. Utilisation des barrières physiques à l'automne

Cet essai n'étant pas encore terminé, il est difficile de conclure sur l'efficacité d'une barrière plutôt qu'une autre. De plus, la faible pression de pucerons au printemps montre l'efficacité de l'huile et du traitement au karaté qui, cette année a peut-être été superflu de par le faible vol retour des femelles fondatrices. La prise de risque a voulu être évitée car le puceron cendré est un ravageur très dommageable pour les producteurs. La diminution de l'ITF insecticide est cependant importante et concluante. Cet essai montre quand même que l'utilisation des argiles en tant que barrière physique est plus efficace que le talc ou le carbonate de calcium. Dans la littérature, l'utilisation des argiles montre des résultats concluant pour le Surround et le Sokalciarbo respectivement par rapport à une argile « crue » et à l'utilisation d'huile minérale à l'automne et non au printemps (Berud *et al.*, 2016).

L'utilisation des barrières physiques permet par un moyen naturel de limiter le retour des pucerons sur les pommiers. Le raisonnement des traitements par des observation après éclosion des œufs est un levier important pour diminuer les applications d'insecticides. Cela permet de ne les faire qu'en cas de nécessité, et non de façon systématique.

Une autre méthode de lutte alternative contre le puceron cendré est à l'essai dans certaines stations expérimentales. Elle consiste à réaliser une défoliation artificielle des arbres, de façon précoce, avant le vol retour des pucerons. Sans feuilles, les adultes ne peuvent plus s'alimenter ni pondre. Cette méthode donne des résultats concluant avec une baisse significative des populations l'année suivante mais on ne sait pas encore si la défoliation utilisée plusieurs années de suite peut avoir des conséquences à long terme sur la physiologie de l'arbre (Dib, 2010)

5.3. Perspectives

Les méthodes de lutte alternatives contre le puceron cendré prises individuellement montrent des résultats partiels et aléatoires selon les conditions climatiques et l'efficacité des auxiliaires. Une autre méthode alternative repose sur la plantation de variétés de pommiers résistantes aux ravageurs. C'est par exemple le cas des variétés Goldrush® ou Juliet® alors que la variété Opal® est plus sensible aux pucerons (Lamine and Bellon, 2010).

Seule une combinaison de toutes ces méthodes peut permettre une régulation satisfaisante des populations de pucerons cendrés dans les vergers. La multiplication des alternatives aux insecticides et donc une solution écologique et responsable pour réduire durablement les IFT chimique et parvenir aux objectifs fixés par le plan Ecophyto II.

6. Bibliographie

6.1. Ouvrages

AGREST. 2016. Infos rapides Pomme : Production 2016 prévue inférieure à celle de 2015.

Albouy V. 2017. *Les animaux utiles au jardin : Guide de lutte biologique*. Versailles : éditions Quæ.

Alim'agri. 2016. Réseau DEPHY filière arboricole : une expérience qui porte ses fruits.

Bailly R. 1984. *Les auxiliaires : ennemis naturels des ravageurs des cultures*. Paris : ACTA.

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.

Bloesch B, Viret O. 2013. Stades phénologiques repères des fruits à pépins (pommier et poirier). *Revue suisse de viticulture, arboriculture et horticulture* **45**, 128–131.

Dib H. 2010. Rôle des ennemis naturels dans la lutte biologique contre le puceron cendré, *Dysaphis plantaginea* Passerini (Hemiptera aphididae) en vergers de pommiers.

Dib H, Jamont M, Sauphanor B, Capowiez Y. 2011. Predation potency and intraguild interactions between generalist (*Forficula auricularia*) and specialist (*Episyrphus balteatus*) predators of the rosy apple aphid (*Dysaphis plantaginea*). *Biological Control* **59**, 90–97.

E-Phy. 2016. Données Ephy - Anses.

FRONDON npdc. 2008. Le puceron cendré du pommier : mieux connaître sa dynamique pour optimiser le raisonnement de la lutte, 4p.

Groupe Provence Services ©. 2010. GPS : Groupe Provence Services.

Hullé M, Turpeau E, Chaubet B. 2006. Encyclop'aphid.

Hullé M, Turpeau E, Leclant F, Rahn M-J. 1998. *Les pucerons des arbres fruitiers : cycles biologiques et activités de vol*. Paris : Association de Coordination Technique Agricole : Institut National de la Recherche Agronomique.

INAO. Pommes des Alpes de Haute Durance. Institut national de l'origine et de la qualité.

INRA. Encyclopédie des ravageurs européens, HYPP Zoologie.

Koppert. 2017. Koppert contrôle biologique et pollinisation naturelle. Koppert Biological Systems.

Lamine C, Bellon S. 2010. *Transitions vers l'agriculture biologique : pratiques et accompagnements pour des systèmes innovants*. Educagri Editions.

Morel K, Coeur d'acier A, Defrance H, Simon S. 2011. Le puceron cendré du pommier : mieux connaître son vol d'automne pour mieux le maîtriser au printemps. *Phytoma, la défense des végétaux*, 49–52.

Nicolas A, Dagbert T, Le Goff G, Hance T. 2015. La lutte biologique contre le puceron cendré du pommier par des lâchers d'auxiliaires en verger. Université catholique de Louvain (Louvain-la-Neuve), 30 pages.

Ontario©. 2009. Cécidomyie du puceron.

Orts R, Giraud M, Darthout L. 2006. *Protection intégrée pommier-poirier*. Paris ; Cachan : Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes ; Diffusion, Lavoisier Éditions.

Planetoscope. 2012. Statistiques : Production de pommes en France. Planetoscope.

Raison'Alpes®. 2017. Raison' Alpes - Cultures à l'état pur. Raison' Alpes.

Ricard J-M, Garcin A, Jay L, Mandrin J. 2012. *Biodiversité et régulation des ravageurs en arboriculture fruitière*. Paris : Ctifl.

Trillot M. 2002. *Le pommier*. Paris : CTIFL.

Trillot M, Masseron A, Mathieu V, Bergnougoux F, Hutin C, Lespinasse Y. 2002. *Le pommier*. Paris : CTIFL.

Wyss E, Villiger M, Müller-Schärer H. 1999. The potential of three native insect predators to control the rosy apple aphid, *Dysaphis plantaginea*. *BioControl* **44**, 171–182.

6.2. Ressources en ligne

AGREST. 2016. Infos rapides Pomme : Production 2016 prévue inférieure à celle de 2015. <http://agreste.agriculture.gouv.fr/conjoncture/fruits/pomme/>

Alim'agri. 2016. Réseau DEPHY filière arboricole : une expérience qui porte ses fruits. <http://agriculture.gouv.fr/reseau-dephy-filiere-arboricole-une-experience-qui-porte-ses-fruits>

E-Phy. 2016. Données Ephy - Anses. <https://ephy.anses.fr/>

Groupe Provence Services ©. 2010. GPS : Groupe Provence Services. <http://www.gps.coop>

Hullé M, Turpeau E, Chaubet B. 2006. Encyclop'aphid.INRA. <https://www6.inra.fr/encyclopedie-pucerons>

INAO. Pommes des Alpes de Haute Durance. Institut national de l'origine et de la qualité. (consulté le 0/06/2017) <http://www.inao.gouv.fr/produit/4173>

INRA. Encyclopédie des ravageurs européens, HYPP Zoologie. (consulté le 12/06/2017) <https://www7.inra.fr/hyppz/pa.htm>

Koppert. 2017. Koppert contrôle biologique et pollinisation naturelle. Koppert Biological Systems. <https://www.koppert.fr/>

Ontario©. 2009. Cécidomyie du puceron. <http://www.omafr.gov.on.ca/IPM/french/apples/beneficials/aphid-midges.html>

lanetoscope. 2012. Statistiques : Production de pommes en France. Planetoscope. <https://www.planetoscope.com/fruits-legumes/391-production-de-pommes-en-france.html>


Raison'Alpes®. 2017. Raison' Alpes - Cultures à l'état pur. Raison' Alpes. <http://www.raisonalpes.fr/>

Annexes

Annexe I : Les stades prélogiques repères du pommier.

Illustration des stades de développement et correspondance avec les codes Baggiolini et BBCH

Source :Bloesch and Viret, 2013

0 Repos hivernal	5 Apparition de l'inflorescence	6 Floraison	7 Développement des fruits	8 Maturation des fruits
 <p>Bourgeon d'hiver (dormance) 00 (A)</p>	 <p>Gonflement des bourgeons 51 (B)</p>  <p>Eclatement des bourgeons 53 (C)</p>  <p>Oreille de souris 54 (C3)</p>	 <p>Début floraison 61 (F)</p>  <p>Pleine floraison 65 (F2)</p>  <p>Floraison déclinante 67 (G)</p>  <p>Fin floraison 69 (H)</p>	 <p>Nouaison 71 (I)</p>  <p>Taille noisette 72 (J)</p>  <p>Stade T 74</p>  <p>Croissance des fruits 77</p>	 <p>Début maturation 81</p>  <p>Maturité avancée 85</p>  <p>Récolte maturité gustative 87-89</p>

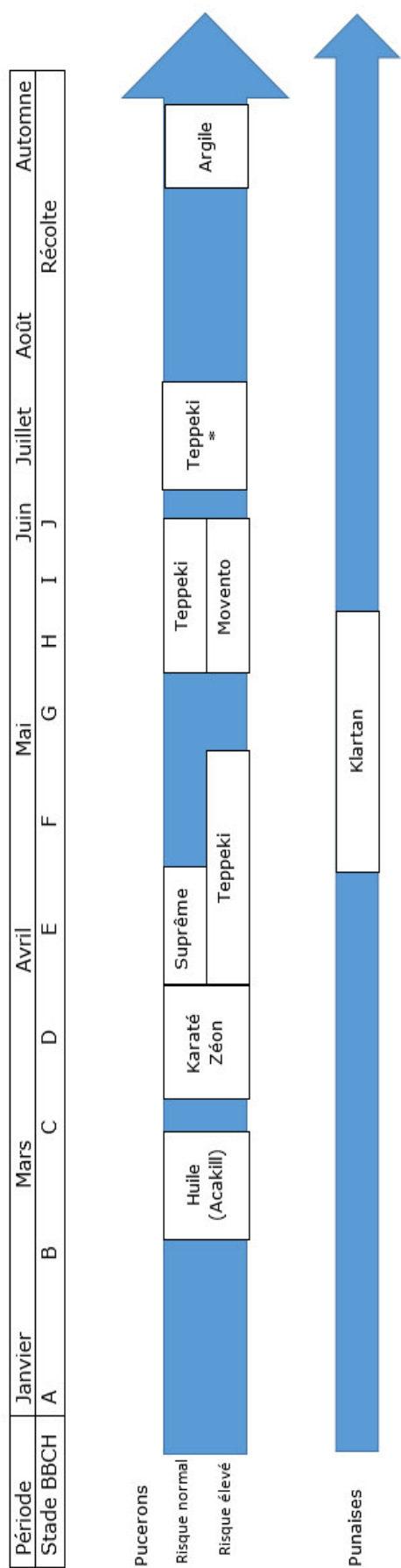
Stades	
Code BBCH	Code Baggiolini
00	(A)
51 → 59	(B → E2)
61 → 69	(F → H)
71 → 77	(I → J)
81 → 89	

Sources

- Baggiolini M., 1952. Les stades repères dans le développement annuel de la vigne et leur utilisation pratique. *Revue romande d'Agriculture et d'Arboriculture* 8 (1), 4-6.
- Lancashire P. D., Bleiholder H., Van Den Boom T., Langelüddeke P., Stauss R., Weber E. & Witzsenberger A., 1991. A uniform decimal code for growth stages of crops and weeds. *Ann. appl. Biol.* 119, 561-601.
- Hack H., Bleiholder H., Bunt L., Merer U., Schnock-Fricke U., Weber E. & Witzsenberger A., 1992. Einheitliche Codierung der phänologischen Entwicklungsstadien mono- und dikotyler Pflanzen. - Erweiterte BBCH-Skala. *Allgemein. Nachrichtenbl. Dtsch. Pflanzenschutz* 44 (12), 265-270.

Photographies: Carole Parodi

Annexe II : Calendrier de traitement insecticide contre le puceron cendré.
 Source : d'après Raison'Alpes®, 2017 ; modifié.



* : Teppeki appliqué sur foyer déclaré

RÉSUMÉ

Les méthodes de lutte alternatives contre le puceron cendré (*Dysaphis plantaginea*) chez le pommier

Ce stage s'inscrit dans le cadre du plan Ecophyto II. Il a pour objectif de tester l'efficacité de deux méthodes de lutte alternatives contre le puceron cendré, un insecte ravageur des vergers causant des dégâts importants. La première méthode de lutte repose sur l'utilisation des auxiliaires tels que les coccinelles à deux points, les cécidomyies du puceron, les chrysopes ou encore les forficules. Différentes modalités de lâchers sont testées pour les trois premiers auxiliaires. Pour les forficules, la pose de nichoir dans la parcelle a permis de faire augmenter leur présence. L'efficacité individuelle de chaque auxiliaire est difficile à mesurer d'autant que les pressions en populations de pucerons sont restées faibles, même dans les modalités témoin. La deuxième méthode alternative testée correspond à l'utilisation de barrière physique à l'automne pour limiter le vol retour des pucerons dans les pommiers et ainsi diminuer la pression au printemps suivant. Différentes spécialités commerciales sont testées et les premiers résultats sur cet essai montrent une efficacité plus importante pour les barrières à base d'argile. Ces deux méthodes alternatives ayant des effets partiels, seule leur combinaison permet d'arriver à une régulation satisfaisante des populations de puceron cendré.

mots-clés : *Malus domestica*, *Dysaphis plantaginea*, *Adaliabi punctata*, *Aphidoletes aphidimyza*, *Chrysoperla carnea*, *Forficula auricularia*, barrière physique

ABSTRACT

Alternatives control Methods against rosy apple aphid (*Dysaphis plantaginea*) in apples trees.

This internship is incorporated within the framework of Ecophyto Plan II. It has to objective test the efficiency of two alternatives control methods against the rosy apple aphid. It is a pest insect of orchards causing important damages. The first control method is based to use the natural enemies as ladybird, aphid midge, green lacewing or European earwig. Different insect release methods are tested for the three first auxiliary insects. To the European earwig, nest boxes installation on the parcel allows to increase their presence. The individual efficacy of each auxiliary is difficult to measured, especially the rosy apple aphid population pressures remained low even the untreated modality. The second alternative method tested corresponds of the physical barrier used in autumn to limit the rosy apple aphid flight return in the apple trees and thus decrease the population for the following spring. Different treatments are tested and the first results on this trial show a greater efficiency to the clay physical barrier. These two alternatives methods have partial effect, only their combination allows a satisfactory population's regulation to rosy apple aphid.

keywords : *Malus domestica*, *Dysaphis plantaginea*, *Adaliabi punctata*, *Aphidoletes aphidimyza*, *Chrysoperla carnea*, *Forficula auricularia*, physical barrier