

VÉGÉPHYL – 7^e CONFÉRENCE SUR LES MOYENS ALTERNATIFS DE PROTECTION
POUR UNE PRODUCTION INTÉGRÉE
LILLE – LES 8 ET 9 MARS 2022

**RAISONNER LA LUTTE CONTRE DYSAPHIS PLANTAGINEA (PASSERINI) EN VERGERS DE POMMIER,
PAR UNE APPROCHE GLOBALE**

K. LELEU, L. TOURNANT et S. OSTE
FREDON Hauts-de-France

265, Rue Becquerel - 62750 Loos-en-Gohelle - France

karine.leleu@fredon-hdf.fr, ludovic.tournant@fredon-hdf.fr, sandrine.oste@fredon-hdf.fr

RÉSUMÉ

Le puceron cendré *Dysaphis plantaginea* (Passerini) est le plus préjudiciable des pucerons en culture de pommier. Afin de répondre à la demande des professionnels de disposer de méthodes de lutte à la fois efficaces et pouvant s'inscrire dans un contexte de raisonnement des pratiques, FREDON Hauts-de-France a évalué entre 2002 et 2021 un ensemble de techniques qui, associées, visent à optimiser le contrôle de ce ravageur. Dans le cadre de plusieurs programmes de recherche successifs, ont ainsi été mis au point et/ou adaptés et/ou évalués : un seuil d'intervention compatible avec le concept de production fruitière intégrée ; l'efficacité de lâchers de coccinelles *Adalia bipunctata* ; l'intérêt de réservoirs inertes d'auxiliaires ; l'influence de bandes fleuries ou de l'enherbement naturel non fauché sur les insectes utiles et l'importance d'une gestion raisonnée de l'enherbement de l'inter-rang. Par ailleurs, des perspectives existent en matière de protection physique au travers de l'utilisation d'huiles essentielles ou de nouveaux composés.

Mots-clés : lutte biologique, biodiversité, verger, *Dysaphis plantaginea* (Passerini), pommier

ABSTRACT

The aphid *Dysaphis plantaginea* (Passerini) is the most damaging aphid in apple crops. In order to meet the demand of professionals for control methods that are both effective and can be used in a context of reasoning practices, FREDON Hauts-de-France evaluated between 2002 and 2021 a set of techniques that, when combined, aim to optimize the control of this pest. Within the framework of several successive research programs, the following have been developed and/or adapted and/or evaluated an intervention threshold compatible with the concept of integrated fruit production; the effectiveness of releasing ladybugs *Adalia bipunctata* ; the interest of inert reservoirs of auxiliaries ; the influence of a flowered strip or unmowed natural grassing on beneficial insects and the importance of a reasoned management of inter-row grassing. In addition, there are prospects for physical protection through the use of essential oils or new compounds.

Keywords: biological control, biodiversity, orchard, *Dysaphis plantaginea* (Passerini), apple tree

INTRODUCTION

Parmi les espèces de pucerons à l'origine de dégâts sur culture de pommiers, le puceron cendré (*Dysaphis plantaginea*, Passerini) est le plus dommageable. En l'espace de 20 ans (de 2002 à 2021), cette espèce a fait l'objet de nombreuses recherches mises en œuvre par FREDON Hauts-de-France :

- De 2002 à 2005, dans le cadre d'un programme financé par l'Etat et la Région Nord Pas-de-Calais (XII^{ème} Contrat de Plan), en partenariat avec l'Ecole Nationale de Formation Agronomique de Toulouse (ENFA), le Service d'Economie Régionale et de Développement Agricole (SERDA), le Centre Technique des Productions Cidricoles (CTPC) et la Chambre d'Agriculture de la Manche. Ce programme avait notamment pour objectif d'élaborer un seuil d'intervention compatible avec le concept de

production fruitière intégrée (Wateau *et al.*, 2006). Parallèlement, des essais de lutte biologique ont été réalisés, à partir de lâchers de coccinelles *Adalia bipunctata*, en situation post-florale.

- De 2005 à 2007, en partenariat avec le Groupement des Agriculteurs Biologiques du Nord (GABNOR) et East Malling Research (EMR) dans le cadre du programme Transorganic II, réalisé avec le soutien financier du Fonds Européen de Développement Régional (FEDER) et de la Région Nord Pas-de-Calais, l'efficacité de réservoirs d'auxiliaires artisanaux et commerciaux a été comparée afin d'obtenir des réponses quant à l'intérêt, la portée et les modalités d'utilisation de ces abris (Wateau *et al.*, 2005 ; Petit *et al.*, 2011).

- De 2009 à 2011, en partenariat avec le Centre Wallon de Recherches Agronomiques (CRA-W), dans le cadre du projet Interreg TransBioFruit réalisé avec le soutien du FEDER, du Conseil Régional Nord Pas-de-Calais, de la Région Wallonne et des Conseils Généraux du Pas-de-Calais et du Nord, une évaluation de l'effet de l'implantation de bandes fleuries sur le contrôle du puceron cendré du pommier et une comparaison d'efficacité de différents mélanges d'espèces végétales en verger ont été réalisées (Leleu *et al.*, 2017).

- De 2015 à 2019 dans la cadre du programme d'actions conduit en vue du développement des méthodes de luttés biologique, intégrée et raisonnée, réalisé avec le soutien du Conseil Régional du Nord Pas-de-Calais puis des Hauts-de-France, plusieurs dispositifs de gestion différenciée de l'inter-rang ont été testés. En 2020, toujours dans le cadre de ce programme, un insecticide de biocontrôle seul ou en association avec un film polymère, également utilisé seul, a été testé (Tournant *et al.*, 2020).

- En 2021, en partenariat avec le CRA-W et l'Université Picardie Jules Verne, Unité EDYSAN Ecologie et Dynamique des Systèmes Anthropisés », dans le cadre du projet ZERO-PH(F)YTO F&L(G) avec le soutien du FEDER, du Conseil Régional Hauts-de-France (dans le cadre du plan Agro-écologie Hauts-de-France), de la Région Wallonne, de la région de Flandre Occidentale et de la région de Flandre Orientale, une nouvelle étude a été mise en place avec l'évaluation de l'effet de la diffusion d'huile essentielle d'ail comme technique de lutte contre le puceron cendré.

MATERIEL ET MÉTHODES

1. Elaboration de seuils d'intervention et lutte biologique

Tableau I : Protocole d'expérimentation
Protocol of the experimentation

Modalités	Nom de la modalité	Traitements prévus		Traitements effectués	
		Avant fleur	Après fleur	Avant fleur	Après fleur
Modalité 1	Témoin vrai	Aucun traitement	Aucun traitement	Aucun traitement	Aucun traitement
Modalité 2	Référence agriculteur	Seuil « présence »	Seuil « présence »	Seuil « présence » (09/05/05)	Seuil « présence » (25/05/05)
Modalité 3	Référence agriculteur basse	Seuil « présence »	Aucun traitement	Aucun traitement	Aucun traitement
Modalité 4	Raisonné avant fleur	Seuil « 5% de pousses occupées »	Seuil « présence »	Aucun traitement	Seuil « présence » (25/05/05)
Modalité 5	Raisonné après fleur	Seuil « présence »	Seuil « 5% de pousses occupées »	Seuil « présence » (28/04/05)	Seuil « 5% de pousses occupées » (25/05/05)
Modalité 6	Raisonné avant et après fleur	Seuil « 5% de pousses occupées »	Seuil « 5% de pousses occupées »	Aucun traitement	Seuil « 5% de pousses occupées » (02/06/05)
Modalité 7	Raisonné avant fleur et témoin après fleur	Seuil « 5% de pousses occupées »	Aucun traitement	Aucun traitement	Aucun traitement
Modalité 8	Témoin avant fleur et raisonné après fleur	Aucun traitement	Seuil « 5% de pousses occupées »	Aucun traitement	Seuil « 5% de pousses occupées » (25/05/05)
Modalité 9	Coccinelles	Aucun traitement	Lâcher sur foyers	Aucun traitement	Lâcher sur foyers (27/05/05)

En 2005, huit modalités ont été testées, afin de comparer la portée des traitements avant et/ou après fleur et d'évaluer la pertinence de deux seuils d'intervention : « présence » et « 5% de pousses

occupées ». Une neuvième modalité concernait une technique de lutte biologique (tableau I). L'essai a été réalisé sur variété BOSKOOP, selon un dispositif en blocs de Fischer à 4 répétitions.

Des observations et notations hebdomadaires ont été effectuées sur les 3 arbres centraux de chaque parcelle élémentaire (parcelle élémentaire = 5 arbres. Séparée des parcelles qui l'entourent par 2 ou 3 arbres de garde). A la récolte, une notation des dégâts sur fruits a été effectuée (1000 fruits / modalité). Pour la modalité de lutte biologique, des notations supplémentaires ont été réalisées (nombre de larves de coccinelles restant dans chaque sac, quantité de coccinelles et leur stade de développement, nombre et taille des colonies de pucerons, pourcentage de pousses déformées).

2. Réservoirs inertes

Quatre types d'abris (abris à coccinelles, à forficules, à chrysopes, à hyménoptères), déclinés dans une version artisanale et une commerciale (pour permettre la comparaison), ont été mis en place dans un verger biologique des Hauts-de-France en septembre 2005. Leur disposition a été faite selon 6 répétitions dans le verger et 3 sur les haies l'encadrant. 6 zones témoins, dépourvues d'abris, ont également été repérées sur le site. Des observations ont été faites dans les refuges, au terme des hivers 2006 et 2007, pour y dénombrer et identifier les auxiliaires présents. Durant ces mêmes années, de juin à septembre, les pucerons et auxiliaires ont été dénombrés sur dix pousses par arbre, sur tous les arbres sur lesquels étaient installés des réservoirs inertes ainsi que sur les 2 arbres adjacents. La même proportion d'arbres a été observée dans les zones témoins.

3. Evaluation de l'effet de bandes fleuries sur le contrôle du puceron cendré

Une bande fleurie, du mélange « verger intégré » de la firme ECOSEM, a été semée le 10 juin 2009 sur 30 m de long et 1 m de large (site de FREDON Hauts-de-France à Loos-en-Gohelle (62)). 3 rangs de 7 pommiers de la variété TOPAZ ont été implantés perpendiculairement à la bande fleurie, fin 2009. Ils étaient espacés les uns des autres de 4 mètres et les arbres les constituant situés à différentes distances de la bande fleurie : sur la bande fleurie, 2, 4, 8, 16, 32 et 44 mètres. Chaque rang représentait une modalité différente : arbres recouverts d'une moustiquaire en permanence, arbres recouverts d'une moustiquaire uniquement la nuit, arbres sans moustiquaire. Les bandes fleuries ont été observées tous les 15 jours de juillet à septembre en 2009 et de mi-juin à début août en 2010 et 2011 (mêmes stades de développement), selon l'échelle de recouvrement de Van Der Maarel (1979). Un prélèvement des arthropodes présents au sein de la bande fleurie a été effectué à l'aide d'un aspirateur à insectes passé pendant deux minutes sur l'intégralité de la bande. Sur tous les pommiers, les pucerons cendrés et les auxiliaires ont été dénombrés sur 10 pousses par arbre.

4. Comparaison de différents mélanges fleuris

Sur une parcelle en production biologique (Rumegies (59)), différents mélanges ont été comparés : le mélange « verger intégré » de la société ECOSEM (espèces florales), le mélange « couleurs » de la société PHYTOSEM (80% de graminées et 20% d'espèces florales), la flore spontanée non tondue (fauchage tardif), la flore spontanée tondue. La mise en place du dispositif s'est faite le 7 mai 2010, à raison de 3 répétitions pour chaque modalité. Chaque couvert végétal étudié mesurait 25 m de long sur 1 m de large et était situé en bordure du verger (à 4 mètres des différentes variétés de pommiers). Les couverts végétaux ont été comparés selon leurs niveaux de recouvrement respectifs (espèces du mélange originel et adventices) ainsi que selon leur attractivité vis-à-vis des auxiliaires. Les notations (indice de recouvrement par espèce sur l'intégralité de chaque couvert, selon l'échelle de Van Der Maarel) et prélèvements à l'aide d'un aspirateur à insectes (2 minutes sur l'intégralité de chaque couvert) ont été effectués tous les 10 jours de mi-juin à début août en 2010 et de début juillet à mi-août en 2011.

5. Gestion différenciée de l'inter-rang (2015-2019)

L'étude a été menée sur le verger expérimental de FREDON Hauts-de-France (62). De 2015 à 2018, trois modalités ont été étudiées : une fauche alternative (à 50 cm de hauteur), aucune intervention et

une fauche rase (enherbement sous les 10 cm). En 2019, le dispositif a évolué vers une comparaison entre fauche systématique mensuelle et fauche alternée (1 fois tous les 2 mois). Les deux inter-rangs de la modalité « fauche totale » ont été fauchés une fois par mois. Les deux inter-rangs de la modalité « fauche alternée », ont été fauchés une fois par mois de manière alternée (les mois pairs, 1 inter-rang était fauché alors que le deuxième inter-rang ne l'était pas. Les mois impairs, l'inverse était réalisé). De 2015 à 2018, un suivi hebdomadaire des colonies de pucerons cendrés (nombre et importance) et d'auxiliaires sur 30 pousses a été réalisé pour chacune des 3 modalités de l'étude. L'effort d'échantillonnage a porté par modalité, sur les 30 premières colonies émergentes et matérialisées. Parallèlement, les auxiliaires ont fait l'objet d'un suivi sur la bande au moyen d'un aspirateur à insectes. De plus, une observation de la composition des bandes et de leur évolution, selon l'échelle d'abondance de Braun-Blanquet (1928), a été réalisée en 2016 et en 2018. En 2019, le suivi des populations de pucerons et d'auxiliaires s'est opéré au moyen d'observations visuelles directes sur 100 pousses.

6. Lutte directe au moyen d'insecticide de biocontrôle et/ou de film polymère en 2020 et d'huile essentielle d'allium en 2021

Implantée dans le verger expérimental de FREDON Hauts-de-France (62), l'étude a :

- en 2020, concerné trois modalités : la modalité biocontrôle (azadirachtine), la modalité film polymère (immobilise les ravageurs les empêchant de s'alimenter) et l'association des deux. Les 3 modalités ont été mises en place selon un dispositif de rangs complets (50m) avec un rang de garde entre chaque modalité. Une seule des deux interventions initialement prévues (avant et après fleur) a pu être réalisée, du fait du contexte sanitaire à l'époque. Celle-ci s'est donc opérée après fleur le 15 mai. Cinq notations ont été réalisées : le 14 mai (T0), le 18 mai (T+2j), le 25 mai (T+7j), le 3 juin (T+14j) et le 8 juin (T+21j). Elles ont permis de dénombrer les foyers de puceron cendré, leur importance mais également la présence des principaux auxiliaires. Lors de ces notations, une observation sur 50 pousses de 10 feuilles et le suivi de 10 pousses préalablement repérées ont été réalisées.

- en 2021, concerné deux modalités : modalité « diffusion d'huile essentielle » et modalité témoin. La diffusion de l'huile essentielle a été opérée au moyen de 500 diffuseurs en caoutchouc naturel chargés d'huile essentielle à hauteur de 100 µL, la veille de leur installation dans les arbres. 5 diffuseurs ont été placés par arbre sur 100 arbres au sein d'un dispositif constitué de deux blocs contigus de 25m x 24m. Le renouvellement des capsules a été effectué tous les mois, d'avril à août. Une notation hebdomadaire du pourcentage de pousses de pommiers occupées par le puceron a été effectuée, de la pose des diffuseurs jusque début juillet. A chaque notation, 100 pousses ont été observées par modalité. Parallèlement, l'évolution dans le temps des 10 premières colonies observées par bloc, a été suivie. Les effets de l'huile essentielle d'ail sur la faune auxiliaire ont également été évalués via le dénombrement hebdomadaire des auxiliaires au sein ou à proximité des colonies de pucerons.

RESULTATS

1. Elaboration de seuils d'intervention et lutte biologique

Essai de lutte raisonnée

Trois schémas de protection ont été retrouvés : des modalités n'ayant fait l'objet d'aucun traitement, des modalités concernées par un traitement avant et un après fleur et des modalités caractérisées par un traitement uniquement après fleur. Sur les modalités ayant été traitées à la fois avant et après fleur, les interventions ont maintenu les taux d'infestations bas durant quelques jours mais n'ont pas empêché une recrudescence des ravageurs après la floraison. Sur les modalités n'ayant fait l'objet que d'un unique traitement après fleur, le nombre de foyers a progressivement diminué, atteignant un niveau nul dès la fin du mois de juillet sur deux d'entre elles et réaugmentant par la suite (oscillant entre 10 et 15% de pousses infestées) sur l'une des deux. Les modalités non traitées ont présenté le même type d'évolution que la modalité « témoin » à savoir une colonisation des pousses dès le mois de mai, une infestation maximale, de l'ordre de 25 à 40% des pousses, à la mi-juin puis une disparition

des ravageurs fin août. En ce qui concerne le pourcentage de dégâts sur fruits à la récolte, statistiquement (Analyse de variance ANOVA), aucune différence significative n'a été mise en évidence entre les modalités.

Essai de lutte biologique

Même si aucune différence significative n'a été observée statistiquement sur cette phase de l'étude, une semaine après l'introduction des coccinelles, 15% de pousses de la modalité « coccinelles » étaient infestées par le ravageur, contre 27% sur les arbres « témoins ». Par la suite, ces niveaux ont régulièrement été plus faibles sur les arbres accueillant les coccinelles que sur les arbres « témoins ». Parallèlement, le nombre total de pucerons cendrés sur les arbres de l'essai, a été sensiblement plus important sur la modalité « coccinelles » que sur la modalité « témoin ». Concernant les dégâts à la récolte, ils ont été plus faibles sur les arbres avec un lâcher que sur les arbres de la modalité « témoin » (4% de fruits avec dégâts de plus que la modalité « coccinelles »). Au niveau des pousses, près de 47% étaient déformées sur le « témoin », contre 38% sur la modalité « coccinelles ».

2. Réservoirs inertes

Les observations faites en fin d'hiver ont permis d'observer 2 à 7 fois plus d'auxiliaires (coccinelles, chrysopes, forficules, hyménoptères, syrphes, punaises) dans les réservoirs à chrysopes que dans les autres abris, ainsi qu'une plus grande diversité d'insectes utiles dans ce type d'abris (absence de spécificité des abris). Les notations réalisées sur les arbres ont laissé apparaître, en 2006, une proportion de pucerons moins importante dans les zones où des réservoirs d'auxiliaires avaient été installés que dans les zones témoins. De surcroît, les ravageurs sont apparus plus tardivement et ont disparu plus rapidement dans les zones présentant des abris que dans les zones témoins. En 2007, à l'exception des quinze premiers jours du suivi (2 à 3 fois plus de ravageurs dans les zones témoins), aucune différence significative concernant les populations de pucerons n'est apparue entre les zones avec et sans refuges. Concernant les populations d'auxiliaires, en 2006, un nombre plus important d'entre eux a été observé sur les arbres des zones sans refuges que sur ceux avec, notamment de la fin juillet à début septembre. Avant cette période, aucune différence significative entre les modalités n'a été visible. L'augmentation des populations d'auxiliaires en fin d'été 2006 a coïncidé avec la période de diminution des populations de pucerons. En 2007, en début de suivi, un nombre plus important d'auxiliaires a également été constaté sur les arbres des zones dépourvus d'abris que sur celles avec refuges. Par la suite aucune différence significative n'a été visible.

3. Evaluation de l'effet de l'implantation d'une bande fleurie sur le contrôle du puceron cendré

Suivi du recouvrement de la bande fleurie

Tableau II : Représentation de chaque espèce végétale dans la bande fleurie, selon l'indice de Van Der Maarel, en fonction des années
(Representation of each plant species in the flower strip, according to Van Der Maarel's scale, according to the years)

	2009	2010	2011		2009	2010	2011
<i>Achillea ptarmica</i>	3	5	5	<i>Leucanthemum vulgare</i>	3	7	7
<i>Brassica napus</i>	2	0	3	<i>Malva moschata</i>	5	5	3
<i>Capsella bursa pastoris</i>	2	0	2	<i>Matricaria sp</i>	1	0	0
<i>Centaurea cyanus</i>	7	1	3	<i>Origanum vulgare</i>	0	0	0
<i>Centaurea thuilieri</i>	5	5	7	<i>Papaver rhoeas</i>	7	1	1
<i>Chenopodium sp</i>	3	0	0	<i>Plantago lanceolata</i>	0	1	0
<i>Chrysanthemum segetum</i>	2	0	0	<i>Potentilla repens</i>	0	5	0
<i>Cichorium intybus</i>	0	2	5	<i>Prunella vulgaris</i>	0	1	5
<i>Cirsium sp</i>	3	0	3	<i>Ranunculus repens</i>	0	1	0
<i>Convolvulus arvensis</i>	0	1	0	<i>Senecio vulgare</i>	7	0	0
<i>Daucus carota</i>	5	7	7	<i>Silene latifolia alba</i>	2	2	2
<i>Echium vulgare</i>	0	0	0	<i>Silene vulgare</i>	2	0	3
<i>Euphorbia helioscopia</i>	2	0	0	<i>Solanum nigrum</i>	2	0	0
<i>Geranium pyrenaicum</i>	1	0	1	<i>Sonchus sp</i>	5	0	0
<i>Glechoma hederacea</i>	0	5	0	<i>Tragopogon pratensis</i>	0	0	0
<i>Hypericum perforatum</i>	0	1	5	<i>Trifolium dubium</i>	0	2	0
<i>Lamium purpureum</i>	1	0	0	<i>Trifolium repens</i>	0	1	0
<i>Leontodon hispidus</i>	2	0	0	<i>Veronica persica</i>	1	0	0

Espèces du mélange verger intégré

En 2009, sur les 22 plantes qui se sont développées, 12 étaient des adventices non issues du mélange « verger intégré » (tableau II). En 2011, la bande fleurie ne comptait plus que 16 espèces différentes dont 10 du mélange implanté. A la faveur du temps (3 ans), les espèces contenues dans le mélange initialement semé ont pris le pas sur les adventices naturellement présentes, jusqu'à recouvrir 90% de la zone consacrée à l'étude en 2011.

Suivi des auxiliaires

Chaque année, les pics de population de l'ensemble des auxiliaires sont intervenus concomitamment aux pics de floraison de la bande fleurie. En 2009, 7 ordres d'insectes ont été identifiés : diptères, névroptères, dermoptères, coléoptères, thysanoptères, hyménoptères, hétéroptères ainsi que des aranéides. Le nombre d'hyménoptères capturés (41 à 113 auxiliaires par semaine) a été largement supérieur à celui des autres arthropodes (0 à 48 selon les semaines). En 2010, les populations d'hyménoptères sont restées très largement supérieures (70 à 450 auxiliaires par semaine) à celles des autres arthropodes (1 à 34 par semaine). En 2011, leur présence a été beaucoup moins importante durant tout le suivi (9 à 82 auxiliaires selon les semaines). Parallèlement, les niveaux de population de la plupart des autres arthropodes sont restés bas à moyens (0 à 29 captures par semaine). L'influence du facteur climatique est à prendre en compte dans ces résultats : en 2010, le printemps froid et sec fut suivi d'un été chaud et sec, conditions favorables aux insectes. En 2011 en revanche, les conditions printanières furent chaudes et sèches et suivies d'un été froid et pluvieux, pouvant en partie expliquer une dynamique de développement des populations d'insectes plus faible.

Suivi des populations de pucerons cendrés sur les pommiers

Que ce soit en 2010 ou 2011, l'évolution des populations de pucerons cendrés sur chaque modalité a présenté le même schéma : fort accroissement des populations sur la modalité « moustiquaire en permanence » avant diminution progressive, légère augmentation des populations sur la modalité « sans moustiquaire » avant rapide diminution et diminution continue sur la modalité « moustiquaire la nuit ». Concernant la présence des auxiliaires, des différences importantes entre la modalité « moustiquaire en permanence » (4% des effectifs d'auxiliaires dénombrés toutes modalités confondues) et les modalités « moustiquaire la nuit » (47%) ou « sans moustiquaire » (49%), ont été observées chaque année. Parallèlement, les niveaux de populations de pucerons cendrés ont eu tendance à augmenter avec l'éloignement de la bande fleurie. En 2010, cette corrélation a été constatée jusqu'à 16 m de la bande fleurie et en 2011, jusqu'à 4 m. A l'inverse, les comptages d'auxiliaires effectués sur les arbres ont, eux, montré une tendance générale à la baisse des populations lors de l'éloignement de la bande fleurie.

4. Comparaison de différents mélanges fleuris

Les bandes fleuries implantées en verger en 2010 se sont difficilement développées, les adventices occupant une proportion importante des aménagements (90%). Toutefois, dans le mélange « couleurs », les fétuques et 9 espèces florales semées se sont bien développées atteignant des indices de recouvrement allant jusque 5 et occupant globalement 60% de la bande fleurie. Parallèlement, dans le mélange « verger intégré », 8 des 15 espèces semées ont été observées, avec des indices de recouvrement pouvant également aller jusque 5 et un recouvrement global de ces espèces dépassant les 50% de la bande fleurie. Les prélèvements d'auxiliaires réalisés sur les couverts végétaux ont laissé apparaître, en 2010, des proportions sensiblement identiques d'une modalité à l'autre (moins de 5% de variation). En 2011, des distinctions notables sont apparues : sur la flore spontanée tondue, la proportion d'auxiliaires observables (14% des effectifs d'auxiliaires recensés toutes modalités confondues) a été majoritairement composée d'hyménoptères (70%) et d'hétéroptères (7%). Sur la flore spontanée non tondue, les auxiliaires (22% des effectifs totaux) étaient des hétéroptères (44%) et des hyménoptères (35%). Sur la modalité « couleurs », les auxiliaires (28% des effectifs totaux) étaient diversifiés : au-delà des hyménoptères (65%) et hétéroptères (10%), ils incluaient des coléoptères (14%), diptères (5%) et névroptères (2%), ainsi que quelques aranéides. Sur la modalité « verger intégré », les auxiliaires (36% des effectifs totaux) comprenaient des hyménoptères (51%), diptères (15%), coléoptères (14%), hétéroptères (13%) et quelques névroptères et aranéides.

Globalement, sur les modalités « bandes fleuries », les auxiliaires ont été plus nombreux et diversifiés que sur les modalités « flore spontanée », celle ayant été tondue présentant très peu d'insectes utiles.

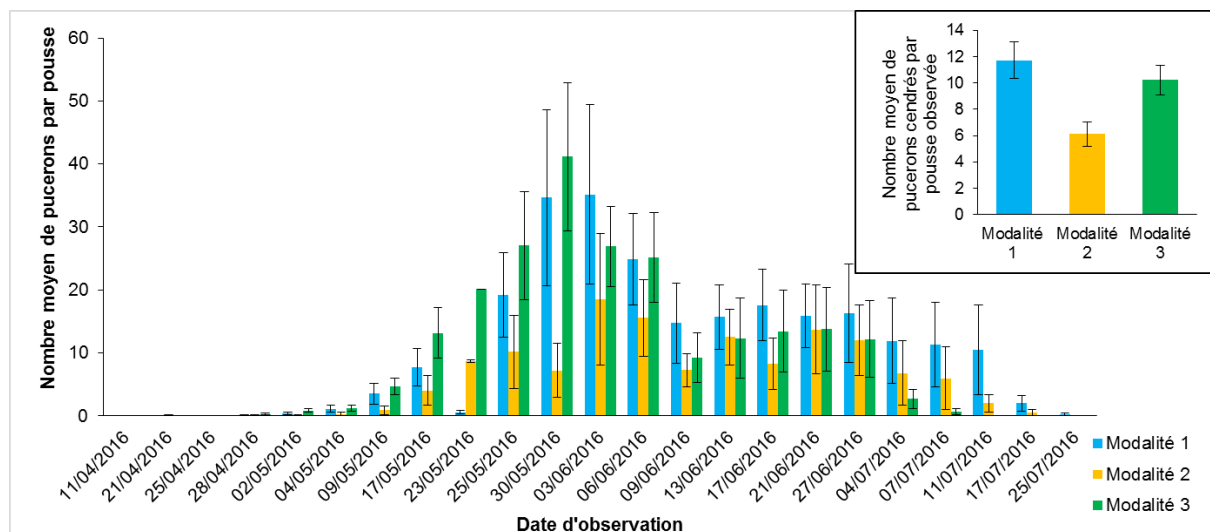
5. Gestion différenciée de l'inter-rang (2015-2019)

Le suivi de la colonisation des pousses de pommier par le puceron cendré

En 2016, les résultats de début de saison ont démontré une colonisation significativement plus importante dans les bandes rases (+ de 10% de pousses colonisées) que dans les autres bandes (figure 1). L'effectif de pucerons cendrés a également été significativement plus bas (moins de 400 pucerons) dans la modalité sans fauche que dans la modalité rase (plus de 1200). La modalité alternative a présenté des résultats plus variables, semblables à ceux de la modalité rase lorsque la fauche était récente et plus comparables à la modalité sans fauche lorsqu'elle repoussait. Au-delà d'un seuil de 10% de pousses occupées par le puceron cendré, plus aucune différence significative n'a été observée entre les modalités et la croissance des colonies de pucerons est devenue exponentielle. En 2017, les populations de pucerons cendrés ont été globalement plus importantes dans la modalité fauche courte, sans forcément engendrer de différences significatives statistiquement avec les autres modalités. En 2018, c'est la modalité de fauche à 50 cm qui a présenté les populations les plus faibles de pucerons. En 2019, les résultats ont confirmé qu'il y avait plus de pucerons cendrés sur les arbres bordés par les bandes enherbées fauchées systématiquement que sur les arbres bordés par les bandes enherbées fauchées en alternance. Cette différence a été significative à 5 reprises.

Figure 1 : Evolution du nombre moyen de pucerons cendrés par pousse en 2016 et nombre moyen de pucerons par modalité (M1 : fauche à 50 cm, M2 : sans fauche, M3 : fauche rase).

(Evolution of the average number of ash aphids per shoot in 2016 and average number of aphids by modality (M1 : Mow at 50 cm, M2 : Without Mowing, M3 : Shaved Mowing.)



La faune auxiliaire et son impact sur le puceron cendré

Tableau III : Richesse spécifique, diversité spécifique et équitabilité des auxiliaires par modalité en 2016 et 2018.

(Specific richness, specific diversity and equitability of auxiliaries by modality in 2016 and 2018.)

	Observations 2016			Observations 2018		
	Fauche courte	Fauche intermédiaire	Aucune fauche	Fauche courte	Fauche intermédiaire	Aucune fauche
Richesse spécifique	7	7	4	↘4	↘5	↗6
Diversité spécifique	1,7534	2,2086	1,2407	↘1,3540	↘1,9446	↗1,9149
Équitabilité	0,6246	0,7867	0,6204	↘0,5238	↗0,8375	↗0,7408

En 2015 et 2016, le suivi des populations d'auxiliaires n'a pas permis de mettre en évidence de différence significative entre les modalités. En 2017, les auxiliaires ont été significativement plus nombreux dans les bandes enherbées sans fauche, pour 1 seule date : le 29 mai 2017. Néanmoins, l'année a été défavorable (gel, sécheresse, canicule) au développement de la bande enherbée, limitant son impact comparativement aux autres modalités. Les résultats de l'étude en 2018 ont confirmé que la présence des auxiliaires était influencée positivement par la présence d'un enherbement haut de l'inter-rang. De surcroît, une migration des auxiliaires vers la modalité sans fauche, a été observée (tableau III). En 2019, aucune différence significative concernant les niveaux de populations d'auxiliaires sur pousses n'a été observée entre les modalités.

La composition de l'enherbement de l'inter-rang et son évolution

Le suivi de l'évolution du recouvrement des bandes enherbées en 2016 et 2018 a permis de mettre en évidence des richesses spécifiques proches d'une modalité à l'autre, en faveur, toutefois, des 2 modalités les moins fauchées (tableau IV). Entre 2016 et 2018, un appauvrissement de la diversité des espèces a été observé.

Tableau IV : Richesse spécifique, diversité spécifique et équitabilité de la végétation par modalité en 2016 et 2018.

(Specific richness, specific diversity and equitability of vegetation by modality in 2016 and 2018.)

	Observations 2016			Observations 2018		
	Fauche courte	Fauche intermédiaire	Aucune fauche	Fauche courte	Fauche intermédiaire	Aucune fauche
Richesse spécifique	19	18	21	↘11	↘14	↘15
Diversité spécifique	2,1271	2,8248	3,9769	↘1,1564	↘2,5012	↘2,2354
Équitabilité	0,5007	0,6774	0,9054	↘0,3343	↘0,6569	↘0,6236

6. Lutte directe au moyen d'insecticide de biocontrôle et/ou de film polymère en 2020 et d'huile essentielle d'allium en 2021

Initialement prévue en deux temps sur la culture, en présence avérée de pucerons, l'application d'azadirachtine et/ou de film polymère n'a finalement été opérée qu'une fois, le 15 mai 2020, du fait du contexte sanitaire lié à la COVID-19. Aucune différence significative entre les modalités concernant le nombre moyen de pucerons cendrés et la fréquence de colonisation par pousse n'a été mise en évidence. Toutefois, une meilleure maîtrise de la croissance des colonies a été observée avec l'association des substances. Cette dernière a eu un effet dès son application et sur le long terme. Dans les conditions expérimentales de l'étude en 2021, aucun effet significatif de l'huile essentielle d'ail n'a été observé dans la gestion des populations de pucerons cendrés. La mise en place du dispositif ne semble avoir impacté ni l'abondance, ni l'importance des colonies de *D. plantaginea* dans le verger. Aucun effet non intentionnel n'a été identifié sur la faune auxiliaire (Weishaar et Tournant, 2021).

DISCUSSION

1. Elaboration de seuils d'intervention et lutte biologique

L'expérimentation a montré qu'un traitement positionné avant fleur ne permettait pas de contrôler suffisamment les populations de ravageurs et n'évitait pas d'avoir à recourir à un traitement post-floral. De surcroît, même si globalement deux interventions semblent mieux limiter l'apparition de dégâts qu'une seule, les observations réalisées sur les modalités concernées par un unique traitement post-floral, ont montré une colonisation des pousses par les pucerons, moins importante que sur les modalités traitées à deux reprises. Les résultats obtenus à la récolte mettent également en avant l'intérêt d'une intervention raisonnée. En effet, les proportions de fruits endommagés sur les modalités soumises à un traitement au seuil de « 5% de pousses occupées » sont restées à des niveaux acceptables voire inférieures à celles visibles sur les modalités soumises à des traitements systématiques. Par conséquent, si les dégâts restent tolérables, un traitement positionné après fleur au seuil de « 5% de pousses infestées » pourrait être recommandable. Concernant l'introduction

d'auxiliaires, leur impact sur les populations de pucerons a été partiel puisqu'elles ont freiné la dispersion des ravageurs et donc la formation de nouveaux foyers mais n'ont pas empêché le développement des foyers déjà en place.

2. Réservoirs inertes

Certains types de réservoirs semblent plus attractifs que d'autres, notamment ceux à chrysopes qui, d'un point de vue de la diversité des espèces recensées, ont été les plus remarquables. Concernant les types d'auxiliaires retrouvés, il s'agissait surtout de punaises, chrysopes et forficules. Ces derniers n'ont pas systématiquement été retrouvés dans les abris vendus ou créés pour les héberger, ce qui a laissé apparaître une moindre spécificité de ces réservoirs. Par ailleurs, il est à noter que des ravageurs (punaises, charançons, campagnols) étaient également présents en nombre dans les réservoirs, pondérant ainsi l'effet bénéfique des abris. Les observations ont montré que sur les pommiers situés dans les zones équipées de refuges, le développement des populations de pucerons cendrés était plus tardif que sur les arbres des zones dépourvues d'abris. La présence précoce des auxiliaires, permise par les réservoirs, pourrait donc contribuer à retarder le développement des foyers de pucerons, voire à le limiter. Malgré ces résultats, il reste difficile d'établir un lien entre le nombre d'auxiliaires présents dans les nichoirs à insectes en fin d'hiver et le contrôle des populations de ravageurs quelques mois plus tard à proximité de ces abris car certains d'entre eux peuvent être relativement mobiles.

3. Evaluation de l'effet de l'implantation d'une bande fleurie sur le contrôle du puceron cendré

Au terme des 3 ans, la bande fleurie se décomposait en différentes strates : une strate couvre-sol, une strate moyenne et une strate supérieure à 50 cm. Les espèces couvre-sols se sont appropriées le sol sur des zones où d'autres espèces ne se développaient pas. La période de floraison s'est vue étalée permettant aux auxiliaires floricoles de disposer de nourriture plus précocement et plus tardivement. Les relevés de l'entomofaune ont permis de constater l'attractivité de cet aménagement pour les auxiliaires, notamment pour les hyménoptères. Une concordance entre la présence de ces derniers et le pic de floraison de la bande fleurie a été observée chaque année. Parallèlement, les observations réalisées sur les pommiers ont permis de constater une diminution plus rapide des populations de pucerons cendrés sur la modalité avec moustiquaire, tendant à prouver que des auxiliaires présents le jour et maintenus sur les arbres la nuit (les forficules) contribuaient fortement au contrôle des pucerons. Par ailleurs, une variation des niveaux de population d'auxiliaires en fonction de la distance séparant les arbres de la bande fleurie a été décelée. Plus les arbres étaient situés à proximité de la bande fleurie, plus ils accueillait d'auxiliaires : jusqu'à 3 fois plus sur les arbres situés à 2 mètres de la bande fleurie que sur ceux situés à 8 mètres de celle-ci en 2011. Au-delà de 8 mètres d'éloignement de la bande fleurie, les paramètres extérieurs (haies implantées latéralement et face à la bande fleurie, flore spontanée) influent davantage sur les populations d'auxiliaires que la bande fleurie elle-même.

4. Comparaison de différents mélanges fleuris

Aucune différence sensible entre les modalités n'a pu être observée en 2010, du fait d'une trop grande représentation des adventices dans les bandes fleuries. En 2011, les suivis ont permis de démontrer que, même peu développée, une bande fleurie restait plus efficace que la flore spontanée (de 10 à 150 auxiliaires en plus par prélèvement sur les zones fleuries par rapport à la flore spontanée). Cet impact positif est d'autant plus marqué que la bande fleurie contient un nombre important d'espèces florales odorifères et nectarifères et peu de graminées. Toutefois, lorsqu'elle n'est pas tondue, la flore spontanée peut abriter un nombre non négligeable d'insectes utiles (6% de moins que certaines bandes fleuries, lorsque la végétation est suffisamment développée). Ces derniers sont, tout de même, moins diversifiés que ceux observés sur les bandes fleuries et se composent rarement de coléoptères, diptères et névroptères, fortement impliqués dans la lutte contre le puceron cendré.

5. Gestion différenciée de l'inter-rang (2015-2019)

Les études menées, de 2016 à 2019, semblent démontrer que des bandes enherbées permettent, lorsqu'elles sont à proximité des pommiers, de favoriser la présence des auxiliaires sur ces arbres et, par là-même, de réduire les populations de pucerons. Toutefois, pour être efficaces, ces enherbements doivent avoir une fréquence de fauche faible voire nulle et rester en place plusieurs années. Dans le cadre de l'étude, l'arrivée des auxiliaires sur les pommiers ayant été trop tardive pour pouvoir contenir la croissance des populations de pucerons cendrés, il semblerait recommandable d'augmenter la surface et la diversification des aménagements environnementaux pour permettre d'amplifier le nombre d'auxiliaires présents et d'avancer leur apparition dans le verger.

6. Lutte directe contre le puceron cendré au moyen d'insecticide de biocontrôle et/ou de film polymère en 2020 et d'huile essentielle d'allium en 2021

Même si les conditions expérimentales des études (contexte sanitaire covid-19 et fréquentes précipitations en 2021) n'ont pas été favorables aux techniques testées, des perspectives intéressantes sont apparues avec un intérêt de l'association de l'azadirachtine et du film polymère (comparativement à une application seule de l'une ou l'autre de ces substances) et la possibilité d'utiliser de nouveaux moyens de lutte se basant sur la diffusion d'huile essentielle. Dans ce dernier cas, l'usage d'un matériel de diffusion expérimental et d'une huile non formulée reste la principale hypothèse de la non-efficacité observée. La réitération de l'essai sera nécessaire pour pouvoir évaluer le lessivage des diffuseurs, leur renouvellement et la dégradation rapide des composés actifs de l'huile et conclure quant aux effets de la technique.

CONCLUSION

Au regard de l'ensemble des études menées, la lutte contre le puceron cendré semble pouvoir passer par une combinaison de méthodes allant de l'aménagement parcellaire à une lutte directe raisonnée ou effectuée avec des produits de biocontrôle. Un schéma global intégrant des bandes fleuries (plus efficaces, en termes d'attractivité des auxiliaires, que la flore spontanée) ou des zones de flore spontanée non fauchées, des abris artificiels et des variétés tolérantes au puceron cendré, semble essentiel pour limiter, préventivement la propagation du ravageur. Dans un second temps et lorsqu'elles sont incontournables, les interventions curatives pourraient alors se faire sur base d'un seuil d'intervention à « 5% de pousses occupées » en post floraison et/ou avec des produits de biocontrôle. Ces derniers doivent encore faire l'objet de recherches pour pouvoir être proposés comme techniques de lutte aux producteurs.

Références bibliographiques

Braun-Blanquet J., 1928. Pflanzensozologie. Grundzüge der Vegetationskunde. Julius Springer Verlag., Berlin, 330p.

Leleu K., Tournant L., Oste S., 2017. La préservation de la biodiversité fonctionnelle en vergers de pommiers – méthode de protection contre *Dysaphis plantaginea* (Passerini). In : *6^e Conférence sur les moyens alternatifs de protection pour une production intégrée. Lille – 21, 22 ET 23 mars 2017*. Edition AFPP, 495-504. ISBN 978-2-905550-54-5.

Petit K., Wateau K., Legrand M., Oste S., 2011. Quels dispositifs employer pour favoriser la faune auxiliaire des cultures ? In : *4^{ème} Conférence internationale sur les méthodes alternatives en protection des cultures. Lille – 8, 9 et 10 mars 2011*. Edition AFPP, 752-763. ISBN 978-2-905550-23-1.

Tournant L., Degezelle M., Allexandre Y., Peaudecerf A., 2020. Raisonement de la lutte contre le puceron cendré du pommier, Etude sur le développement des méthodes de luttés biologique, intégrée et raisonnée, Synthèse pluriannuelle. 27 p.

Van Der Maarel E., 1979. Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effects on community similarity, *Vegetatio*, n° 39, p. 97-144.

Wateau K., Deleplanque A., Oste S., Bertrand E., 2005. Quels réservoirs d'auxiliaires en vergers de pommiers ? Communication présentée au Colloque « les pommes biologiques : de la production à la commercialisation ». East Malling, 3 février 2005.

Wateau K., Tournant L., Oste S., 2006. La protection intégrée contre le puceron cendré du pommier, *Dysaphis plantaginea* (Passerini), au travers de l'élaboration de seuils d'intervention et de la lutte biologique. In : *3^{ème} Conférence internationale sur les moyens alternatifs de protection des cultures. Lille - 13, 14 et 15 mars 2006*. Edition AFPP, 575-584. ISBN 2-905550-03-1.

Weishaar M., Tournant L., 2021. Rapport d'activité - 4.03.27 Etude de lutte contre le puceron cendré (*Dysaphis plantaginea*) au moyen d'huile essentielle d'allium – 2021. Rapport d'activités projet ZERO-PH(F)YTO F&L (G), 22p.