

C-IPM

Coordinated Integrated Pest Management in Europe

Grant agreement no.: 618110

Service Public de Wallonie

Direction Générale Opérationnelle de l'Agriculture, des Ressources
Naturelles et de l'Environnement
Département du Développement
Direction de la Recherche
Projet D31-1340

API-Tree

*'Developing Apple Pest control strategies through an
Integrated Agro-ecosystem approach'*



Rapport d'activités de la période : Octobre 2017 - Septembre 2020

Université Catholique de Louvain (UCLouvain)¹

Earth and Life Institute - laboratoire d'Ecologie des interactions et contrôle biologique

Centre Wallon de Recherches Agronomiques (CRA-W)²

Unité Amélioration & Biodiversité

Promoteurs

T. Hance¹
M. Lateur²

Collaborateurs

P. Gardin¹
A. Jorion²

Project information

Project acronym:	API-Tree	Project ID:	
Project title:	Developing Apple Pest control strategies through an Integrated Agro-ecosystem approach		
Project website (if existing):	http://www.smach.inra.fr/en/All-the-news/api-tree-project https://www.grab.fr/combiner-les-pratiques-pour-lutter-contre-les-ravageurs-du-pommier-9324		
Start of project:	1/10/2017	End of project:	30/09/2020
Duration in months:	36 month		

Consortium

Address of the coordinator			
Name:	Alaphilippe	First name:	Aude
Telephone:		E-mail address:	Aude.alaphilippe@inra.fr
Name of the coordinator's institution:	Institut National de la Recherche Agronomique	Acronym of the coordinator's institution:	INRA
Address line 1:	460 route de Gotheron	Address line 2:	
Postal code:	26320	City:	Saint-Marcel-lès-Valence
Region/ State:	Auvergne Rhône Alpes	Country:	France

Part ner no.:	Country:	Institution/ organisation name:	Type of institution/ organisation ¹ :	Func tions ² :	Involved in WPs:	Contact person with e-mail address:
1	France	INRA PACA UERI Gotheron (Institut National de la Recherche Agronomique)	Public research centre	WPL (WP4) and PC	WP1, WP2, WP3, WP4	Aude.laphilippe@inra.fr sylvaine.simon@inra.fr
2	Belgium	UCLouvain (Université Catholique de Louvain)	University	WPL (WP1)	WP1, WP2, WP3, WP4	Thierry.Hance@Uclouvain.Be
3	Sweden	SLU (Swedish University of Agricultural Sciences)	University	WPL (WP2)	WP1, WP2, WP3, WP4	marco.tasin@slu.se
4	Denmark	UCPH (University of Copenhagen)	University	WPL (WP3)	WP1, WP2, WP3, WP4	les@plen.ku.dk

5	Belgium	CRA-W (Centre wallon de Recherches agronomiques)	Public research centre	P	WP1, WP2, WP3, WP4	m.lateur@cra.wallonie.be
6	Spain	Serida (Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario)	Public research centre	P	WP1, WP2, WP3, WP4	mminarro@serida.org
7	Spain	IRTA (Institute of Agrifood Research and Technology)	Research and Technology Institute	P	WP1, WP2, WP3, WP4	Georgina.Alins@irta.cat
8	France	INRA PACA PSH (Institut National de la Recherche Agronomique)	Public research centre	P	WP1, WP2, WP3, WP4	claire.lavigne@inra.fr
9	France	INRA PACA ISA (Institut National de la Recherche Agronomique)	Public research centre	P	WP1, WP2, WP3, WP4	nicolas.borowiec@inra.fr
10	France	GRAB (Groupe de Recherche en Agriculture Biologique)	Private research center	P	WP1, WP2, WP3, WP4	Claudeeric.Parveaud@Grab.Fr

¹⁾ University, Public research centre, Private research centre, Company, Other

²⁾ PC = Project coordinator, WPL = Work package leader, WPCL = Work package co-leader, P = Participant

I- Contexte et objectifs

En Europe, plus d'un tiers de l'arboriculture est dédié à la culture de la pomme. Cela représente 450 000 ha pour une production de 10 millions de tonnes de pommes par an. Actuellement, le contrôle des insectes ravageurs en verger s'opère principalement par une utilisation importante de traitements phytosanitaires. En Belgique, un hectare de verger professionnel peut nécessiter entre 25 et 37 traitements chaque année. Ces traitements, en plus de comporter des risques pour l'environnement et les espèces auxiliaires, diminuent en efficacité avec le temps, au fur et à mesure de l'acquisition de résistances par les ravageurs visés. En conséquence, ces dernières décennies ont été marquées par une augmentation des restrictions en matière d'utilisation des pesticides telle qu'un nombre croissant de matières actives sont retirées du marché. Face à ces restrictions mais également à l'intérêt croissant du grand public pour des modes de production plus respectueuses de l'environnement, les arboriculteurs et les pouvoirs politiques sont en demande de solutions alternatives viables pour l'agriculture de demain.

Cependant, la régulation des ravageurs tels que le Carpocapse des pommes et des poires (*Cydia pomonella*) ou le puceron cendré du pommier (*Dysaphis plantaginea*) est indispensable pour garantir la production. D'autres ravageurs comme le puceron lanigère (*Eriosoma lanigerum*), la pyrale orientale (*Grapholita molesta*), l'anthronome des fleurs de pommiers (*Anthonomus pomorum*), l'Hoplocampe (*Hoplocampa testudinea*) ou les tordeuses peuvent également causer de graves dommages en verger jusqu'à la perte totale de la production en fonction des pays et des pratiques culturales mises en place.

L'objectif du projet API-Tree est donc de concevoir et d'évaluer l'efficacité de combinaison de pratiques alternatives aux pesticides pour le contrôle du complexe de ravageurs du pommier dans une gamme de conditions géographiques et climatiques allant du nord de l'Europe à la Méditerranée. Afin de créer un agroécosystème résilient, favorisant la suppression des ravageurs, les différents pays impliqués dans le projet travaillent sur 1) les méthodes permettant d'éviter la coexistence spatio-temporelle des ravageurs et des organes des arbres sensibles aux ravageurs (utilisation de plantes répulsives ou de pièges à ravageurs, augmentation de la biodiversité au sein des vergers pour créer des barrières pour les ravageurs ou favoriser un effet de dilution des pommiers) 2) les processus de résistance variétale (bottom up) et de médiation par les insectes auxiliaires (top-down) 3) l'utilisation de solution « naturelles » de biocontrôle évitant l'utilisation des pesticides.

En Belgique, l'Université catholique de Louvain et le CRA-W travaillent en étroite collaboration principalement sur la régulation du puceron cendré du pommier mais également sur des méthodes de piégeage du Carpocapse et du charançon des fleurs de pommiers. Au sein de l'UCLouvain, la section biodiversité de l'Earth and Life Institute et particulièrement le laboratoire d'Ecologie des interactions et contrôle biologique du Professeur Thierry Hance développe une méthode de lutte biologique contre le puceron cendré du pommier par lâchers de masse d'hyménoptères parasitoïdes. Au CRA-W, l'équipe de l'Unité Biodiversité et Amélioration des Plantes est spécialisée dans la recherche de variétés fruitières tolérantes ou résistances aux maladies et ravageurs. Des centaines de variétés sont évaluées chaque année dans des conditions de vergers expérimentaux ne subissant aucun traitement. Par ailleurs, des travaux de recherche en arboriculture fruitière biologique y sont menés depuis près de vingt ans. En effet, un verger expérimental destiné à de l'expérimentation de stratégies de lutte adaptées à la production biologique a déjà été planté en 2002 et continue à être géré sans aucun traitement insecticide. Ce verger sert actuellement d'essais des effets de bandes fleuries jouant le rôle

de biodiversité fonctionnelle en vue de réduire les risques liés aux insectes ravageurs et est également le terrain d'expérimentation des lâchés de parasitoïdes. Les thématiques abordées par le CRA-W dans le cadre de ce projet sont orientées vers (1) la recherche de variétés moins sensibles aux pucerons cendrés et à l'anthonyme ; (2) des essais de piégeages massifs de l'hoplocampe et du carpocapse ; (3) l'effet des bandes fleuries sur les dégâts liés à l'anthonyme.

II- Méthodologie et Résultats

A- Lutte biologique inondative contre le puceron cendré du pommier (UCLouvain)

L'objectif du projet développé à l'UCLouvain est de développer une méthode de lutte biologique contre le puceron cendré du pommier en effectuant des lâchers précoces d'hyménoptères parasitoïdes de puceron. Le but des lâchers précoces de parasitoïdes est de pallier au manque de ceux-ci au moment où les fondatrices de *D. plantaginea* émergent de leurs œufs et ainsi empêcher le développement des colonies. Un cocktail de parasitoïdes a été mis au point au laboratoire lors de projets antérieurs sur le sujet contenant deux parasitoïdes : *Aphidius matricariae* et *Ephedrus cerasicola*. Ces deux espèces sont produites par la firme Viridaxis S.A. avec laquelle le laboratoire du professeur Hance coopère depuis plusieurs années, ce qui permet d'avoir un accès à des quantités importantes de ces insectes pour réaliser les lâchers.

Afin de déterminer la période de lâcher optimale, correspondant au moment où plus de la moitié des fondatrices ont émergés, nous utilisons un modèle développé au laboratoire basé sur le calcul des degrés jours (DD) accumulés par les œufs de pucerons en hiver. Une expérience conduite en laboratoire nous a en effet permis de calculer que les œufs de *D. plantaginea* ont besoin d'une accumulation de 110 à 230 DD, avec une moyenne se situant à 153 DD. On trouve des résultats similaires dans la littérature, notamment le programme suisse SOPRA qui fixe la moyenne à 140 DD (110 à 180 DD). Le calcul des degrés jours accumulés par les œufs de pucerons débute au 15 janvier, date à laquelle les œufs sortent de 90 jours de diapause après avoir été pondus aux alentours du 15 octobre. Les œufs du puceron accumulent des degrés jours dès que la température extérieure (T°C) dépasse les 4°C. Nous calculons le nombre de degrés jours accumulés par les œufs de puceron sur une journée, heure par heure, selon la formule suivante :

$$\sum_{i=1}^{24} \left(\frac{T^{\circ C} H_{(i)} + T^{\circ C} H_{(i+1)} / 2}{24} \right) - 4$$

Au printemps 2018, la somme des 150 degrés jours accumulés par les œufs de *D. plantaginea* en Belgique a été atteinte la semaine du 9 avril. C'est donc cette semaine que les expériences du projet ont débuté et les premiers lâchers de parasitoïdes effectués.

Notre projet comprenait deux expériences complémentaires. La première expérience avait pour but de déterminer la fréquence des lâchers nécessaires à la bonne régulation des pucerons. La seconde expérience permettait de tester l'influence de bandes fleuries sur l'efficacité des parasitoïdes lâchés et leur répartition sur les arbres adjacents aux points de lâchers. Pour ces deux expériences la quantité de parasitoïdes apportés dans les vergers était de 114 *A. matricariae* et 135 *E. cerasicola* par arbre. Ces nombres ont été déterminés sur base d'expériences antérieures.

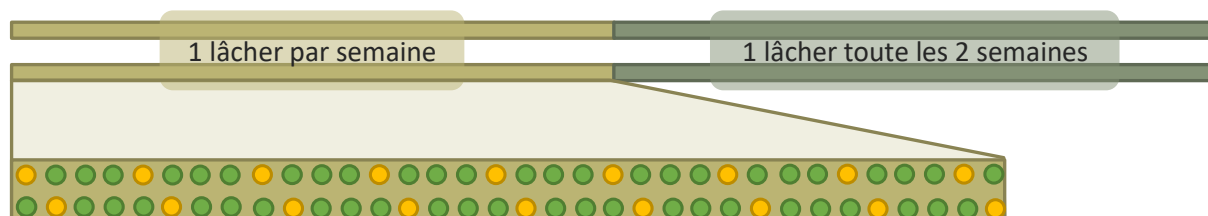
1- Maximisation du contrôle des fondatrices par les parasitoïdes

a) Méthodologie

Protocole de lâchers

La première expérience mise en place au printemps 2018 avait pour but de déterminer la fréquence de lâchers permettant la meilleure régulation des pucerons en début de saison. L'objectif est alors de réaliser trois lâchers consécutifs des deux espèces de parasitoïdes en les espaçant soit d'une semaine soit de deux semaines.

La parcelle mise à disposition pour l'essai est située à Fleurus, dans un des vergers biologiques commerciaux de M. Lefèvre (Toubio). Cette parcelle comprend deux rangées de Jonagold de 70 arbres. Elle est séparée en deux parties (microparcelles) où les lâchers sont réalisés soit toute les semaines, soit toute les deux semaines. Les lâchers sont effectués de façon homogène sur toute la parcelle sur 18 arbres par zone.

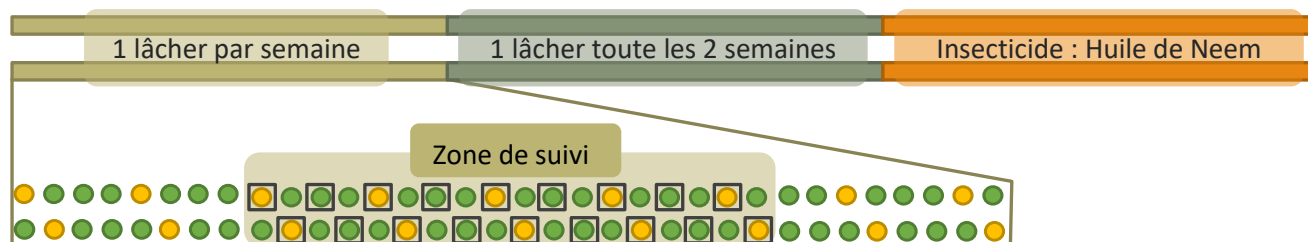


● 18 points de lâcher par microparcelle

Figure 1: Plan de parcelle et protocole de lâcher

Protocole de suivi

Au sein de chacune des microparcelles utilisées nous avons délimité une zone centrale de 36 arbres (18 arbres par rangée) où sont effectués chaque semaine les suivis des populations de pucerons. La délimitation de ces zones au centre des microparcelles permet de limiter l'effet de bordure sur les résultats obtenus. Nous ajoutons au suivi des deux microparcelles tests, le suivi d'une zone de 36 arbres traités à l'huile de Neem sur les mêmes rangées de Jonagold afin d'avoir un témoin négatif.



□ 18 arbres suivis par microparcelle

Figure 2 : Plan de parcelle et protocole de suivi

Afin d'avoir une bonne idée de l'infestation du verger nous comptons la totalité des colonies de pucerons présentes sur les arbres suivis (18 arbres / microparcelle donc 54 arbres dans le verger). Nous ajoutons à ce suivi du nombre de colonies par arbre un comptage du nombre de pucerons par colonies pour 10 colonies par zone de suivi (5 sur chaque ligne) sélectionnées aléatoirement sur les

arbres suivis. Les colonies suivies sont marquées le premier jour de relevé puis le nombre de pucerons au sein de ces colonies est compté chaque semaine. Dans les premières semaines de suivi, les fondatrices présentes au sein des colonies marquées peuvent se déplacer sur l'arbre ou disparaître à cause des ennemis naturels. Nous avons donc remplacé les colonies marquées disparues lorsqu'elles ne comptaient la semaine avant leur disparition que maximum 2 pucerons. La totalité des remplacements des colonies a été effectué la seconde semaine de suivi.

Durant toute la durée de l'expérience, la présence de momies de parasitoïdes, d'insectes prédateurs (coccinelles, syrphes, chrysopes, forficule) ou de fourmis au sein des colonies a été relevée. Cependant, le nombre de momies retrouvées sur le terrain n'est pas un indicateur fiable du taux de parasitisme réel puisque les pucerons parasités se déplacent sur les arbres et quittent les colonies de pucerons. Afin de compléter les comptages de momies sur le terrain, des colonies de pucerons cendrés ont été prélevées deux fois au cours de la saison dans le but d'analyser le taux de parasitisme par voie moléculaire. Ces colonies de pucerons étaient situées au sein de chaque microparcelle sur 4 arbres non suivis de la zone de suivi et 2 arbres « points de lâcher » en dehors de la zone de suivi. Ces échantillons prélevés seront par la suite analysés par PCR dans le but de détecter l'éventuelle présence de l'ADN des parasitoïdes dans le corps des pucerons¹.

b) Résultats

Grâce au calcul des degrés jours, nous avons déterminé que l'éclosion de plus de 50% des fondatrices de *D. plantaginea* avait lieu dans la semaine du 9 avril 2018. Cette expérience s'est déroulée chaque mercredi entre l'apparition des fondatrices (Me 11 avril 2018) et le pic d'infestation du verger (Me 23 mai 2018), date à laquelle nous avons été obligé de demander au producteur de traiter le verger à cause de la formation d'une trop grande quantité de colonies dans une des zones de suivi. Le premier lâcher des parasitoïdes au sein de ce verger a donc été effectué le mercredi 11 avril sur les deux zones du verger. C'est à cette date que le premier suivi des pucerons présents sur la parcelle a également été mené. Par la suite, les suivis ont été réalisés toute les semaines et les lâchers de parasitoïdes deux fois supplémentaires, chaque semaine dans la zone 1 et toute les deux semaines dans la zone 2. Les dates de lâchers sont donc :

Tableau 1 : dates des lâchers effectués dans chacune des zones du verger

	Premier lâcher	Deuxième lâcher	Troisième lâcher
Zone 1	Me 11 avril	Me 18 avril	Me 25 avril
Zone 2	Me 11 avril	Me 25 avril	Me 9 mai

Les résultats obtenus sur le suivi du nombre de colonies par arbres dans le verger (figure 3) montrent une augmentation régulière dans la zone 1 (1 lâcher par semaine) jusqu'au 16 avril. Cette augmentation s'accélère le 23 mai en raison d'un comportement naturel du puceron. En effet, en fin de saison, les colonies du puceron cendré se scindent pour coloniser le sommet des nouveaux rameaux des pommiers. Ainsi, une colonie peut se scinder en de nombreux petits agrégats de pucerons comptant chacun pour une colonie. Par contre, le nombre de colonies par arbres dans la zone 2

¹ S. A. P. Derocles, M. Plantegenest, J. C. Simon, P. Taberlet, and A. Le Ralec, "A universal method for the detection and identification of Aphidiinae parasitoids within their aphid hosts," *Mol. Ecol. Resour.*, vol. 12, no. 4, pp. 634–645, 2012.

(1 lâcher toutes les deux semaines) reste constant et faible jusqu'au 16 avril, très proche du nombre observé dans la zone traitée. Une légère augmentation est observée le 23 mai, beaucoup moins importante que dans la zone 1.

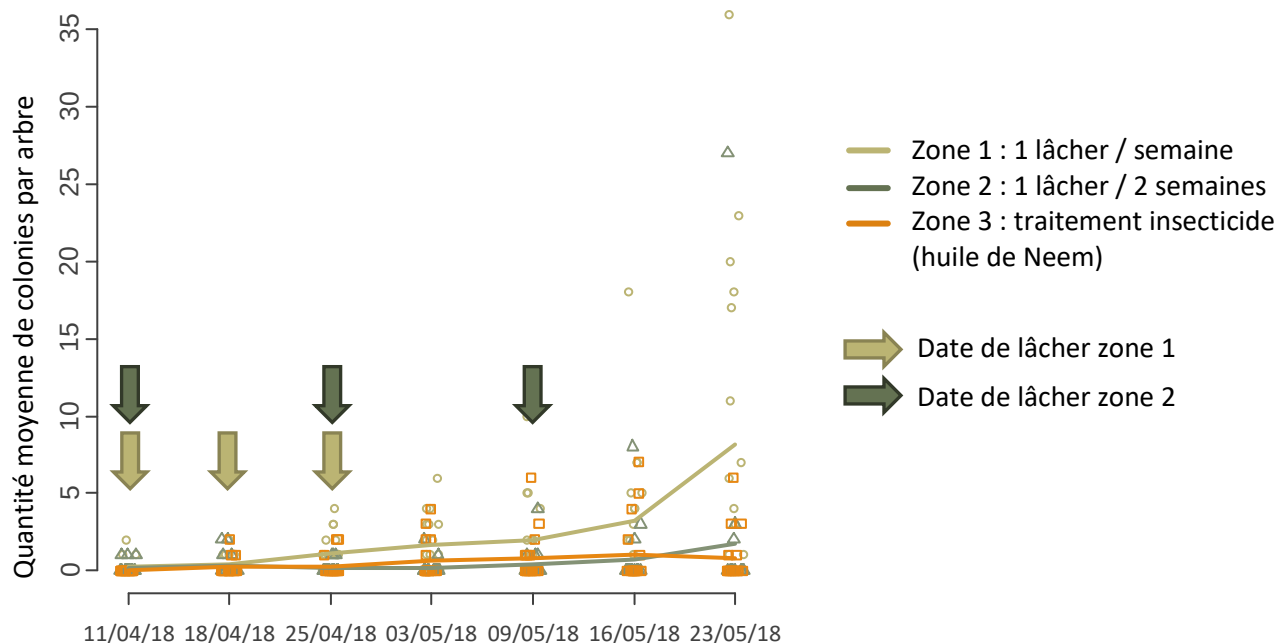


Figure 3 : Moyenne du nombre de colonies par arbre dans les trois zones du verger suivi jusqu'au 23 mai 2018

Ces résultats suggèrent que le traitement de la zone 2 (lâchers toute les deux semaines) semble contrôler plus efficacement les colonies de pucerons que les lâchers effectués toute les semaines. Cela pourrait s'expliquer par la présence sur une plus longue période des parasitoïdes au sein du verger. Le fait d'espacer les lâchers permet également de diminuer le risque de lâcher de nouveaux individus lorsque les plus anciens sont toujours présents sur la parcelle et ainsi de diminuer la compétition intraspécifique entre les parasitoïdes lâchés.

Au début de notre expérience, nous avons observé une infestation similaire sur toute la surface du verger avec trois arbres infestés par zone. Lors de la deuxième semaine de suivi, le nombre d'arbres infestés en zone 1 passe à 7 (dont 6 nouveaux arbres) et en zone 2 à 4 (dont 2 nouveaux arbres). Cette différence ne devrait pas être imputable à la régulation différente par les parasitoïdes puisqu'ils ont été lâchés en même quantité la semaine précédente sur les deux zones. La disparition des colonies observés en semaine 1 est probablement due à l'activité des auxiliaires (parasitoïdes et/ou prédateurs) tandis que l'apparition des nouvelles colonies viendrait de l'émergence de nouvelles fondatrices dont les œufs n'avaient pas encore éclos la première semaine. De nouvelles colonies ont ainsi été retrouvées dans le verger jusqu'à la date du 25 avril, trois semaines après l'apparition des premières fondatrices et le début de nos expériences. Le nombre d'arbres porteurs d'œufs fondateurs était donc probablement différent entre les zones avec quinze arbres infestés dans la zone 1 contre huit dans la zone 2 et sept dans la zone témoin (Tableau 2). Cependant, malgré une infestation différente entre les deux zones, nos résultats montrent que c'est dans la zone 2 que la plus grande part des arbres initialement infestés par le puceron cendré ont été débarrassés des colonies présentes (arbres « sauvés »).

Tableau 2 : Récapitulatif de l'état des arbres suivis à la date du 23 mai 2018

	Zone 1 (lâchers toute les semaines)	Zone 2 (lâchers toute les deux semaines)	Zone traité (insecticide huile de Neem)
Nombre d'arbres infestés au total	15 (41,67%)	8 (22,22%)	7 (19,44%)
Nombre d'arbre jamais infestés	21 (58,33%)	28 (77,78%)	29 (80,56%)
Nombre d'arbres « sauvés »	3 (20%)	5 (62,5%)	2 (28,57%)

De plus, deux arbres sur les trois encore infestés dans la zone 2 au 23 mai étaient infestés par moins de 5 colonies ce qui est un seuil acceptable pour la fin de saison.

Tableau 3 : Répartition des arbres infestés en fonction de leur taux d'infestation le 23 mai 2018

	Zone 1 (lâchers toute les semaines)	Zone 2 (lâchers toute les deux semaines)	Zone traité (insecticide huile de Neem)
Entre 1 et 5 colonies	4	2	4
Entre 5 et 10 colonies	2	0	1
Plus de 10 colonies	6	1	0

Il reste cependant difficile d'affirmer que la suppression des colonies présente sur les arbres infestés aussi bien en zone 1 qu'en zone 2 soit dû seulement à la présence des parasitoïdes lâchers au sein du verger. En effet, durant toute la période de suivi, nous n'avons retrouvé que très peu de momies de puceron dans les colonies. Cependant, la quantité d'ennemis naturels observés dans ce verger commercial est restée très faible durant toute la période de suivi. Les quelques insectes prédateurs de pucerons présents ont été vus, pour la grande majorité, dans la zone 1 lorsque le nombre de pucerons présent était déjà important. Afin d'évaluer de façon plus précise le taux réel de parasitisme dans le verger nous avons récolté des pucerons vivants que nous allons analyser par biologie moléculaire afin de détecter l'ADN des larves des parasitoïdes éventuellement présents dans leur corps. Ces analyses restent encore à faire.

c) Conclusion / perspectives

Afin de vérifier les résultats encourageants obtenus durant cette première année d'expérience nous allons reconduire cette expérience de terrain au printemps 2019. Nous allons cependant échanger les zones utilisées pour nos deux traitements dans le but de supprimer l'éventuel effet de la zone du verger utilisé. Nous effectuerons donc des lâchers toute les semaines sur la zone 2 et des lâchers toute les deux semaines en zone 1.

Il est également prévu cette année de réaliser les analyses de biologie moléculaire sur les pucerons récoltés en 2018 afin d'évaluer le taux réel de parasitisme des pucerons du verger et ainsi de lier la diminution du nombre de colonies sur les arbres à l'effet des lâchers de parasitoïde.

2- Influence de la présence des bandes fleuries sur le développement des colonies de pucerons après lâchers de parasitoïdes

a) Méthodologie

Protocole de lâchers

La seconde expérience conduite au printemps 2018 a pour but de tester l'impact de bandes fleuries implantées entre les lignes d'un verger sur la régulation des colonies de pucerons par les parasitoïdes lâchers. L'hypothèse de cette expérience était que les bandes fleuries permettraient de maintenir les parasitoïdes à l'intérieur des parcelles et ainsi de réguler plus efficacement les colonies de pucerons présentes sur les arbres adjacents aux points de lâcher. Le verger utilisé pour cet essai est une parcelle expérimentale du CRA-W située à Gembloux. Cette parcelle est séparée en 6 microparcelles dont trois sont semées de bandes fleuries et trois autres n'en disposent pas (figure 4). Les lâchers des parasitoïdes sont effectués sur neuf arbres de la ligne centrale de chaque microparcelle. Les lâchers sont effectués trois fois à dix jours d'intervalle : les vendredi 13 avril, mardi 24 avril et vendredi 4 mai.

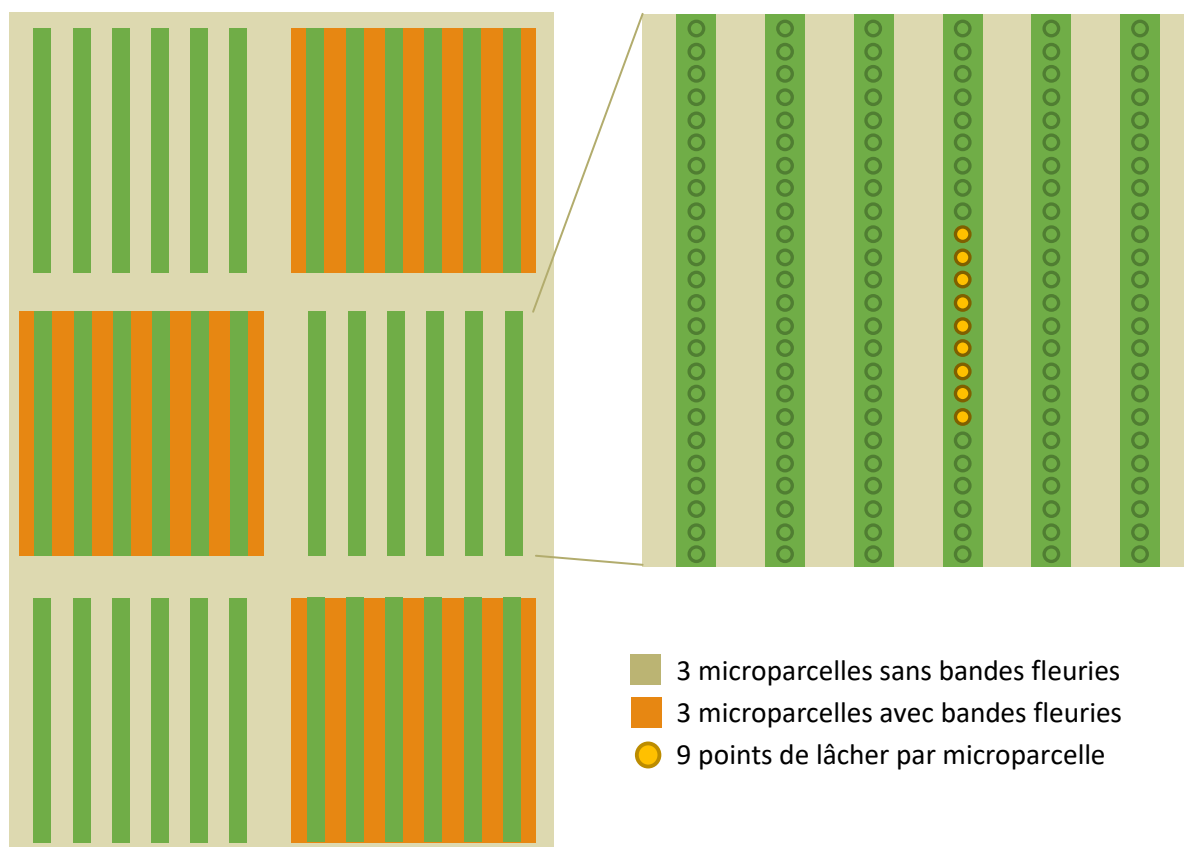


Figure 4 : Plan de parcelle et protocole de lâcher

Protocole de suivi

Au sein de chacune des microparcelle, des transects de 5 arbres séparés de 3,5 mètre sont dessinés de part et d'autre des points de lâchers (Figure 5). Trois distances au point de lâcher sont alors définies :

- la distance 1 correspond à l'arbre sur lequel les lâchers sont effectués ;
- la distance 2 aux deux arbres situés sur les lignes adjacentes aux arbres de la distance 1 (séparées de 3,5 mètre des points de lâcher) ;
- la distance 3 aux deux lignes adjacentes aux arbres de la distance 2 (séparées de 7 mètre des points de lâchers)

Les suivis des colonies de pucerons sont effectués sur trois transects par microparcelle. L'objectif est de déterminer la répartition des parasitoïdes en fonction de la distance au point de lâcher et de la présence ou l'absence de bande fleurie.

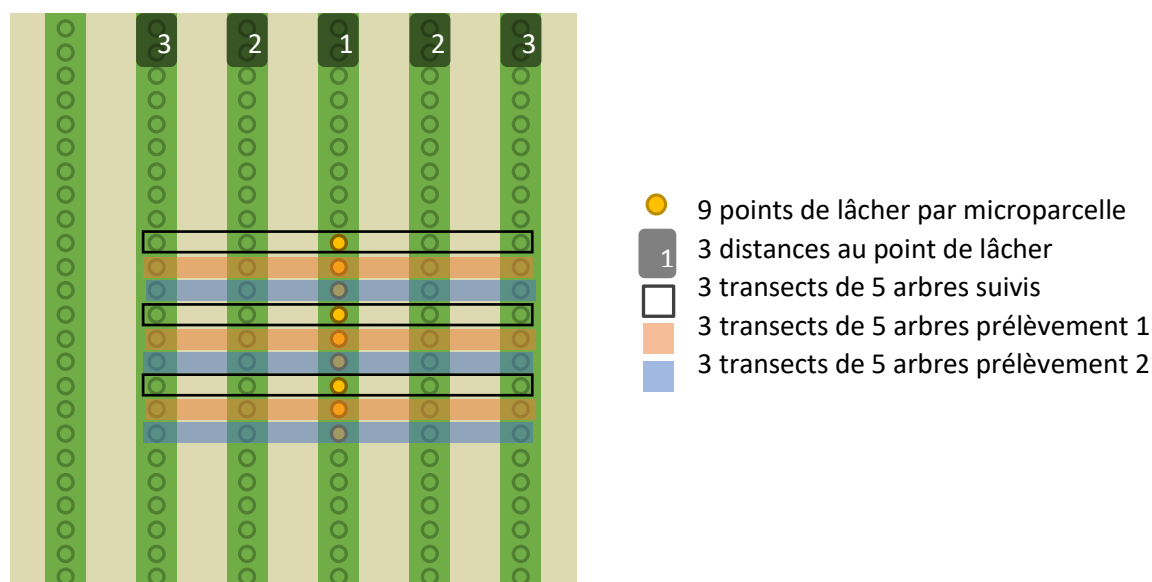


Figure 5 : Plan d'une microparcelle et protocole de suivi

Comme dans l'expérience précédente, nous comptons la totalité des colonies de pucerons présentes sur les arbres suivis (15 arbres / microparcelle donc 90 arbres dans le verger). Nous ajoutons à ce suivi du nombre de colonies par arbre un comptage du nombre de pucerons par colonies pour 2 colonies par distance au point de lâcher dans chaque microparcelle. Les colonies suivies sont marquées le premier jour de relevé puis le nombre de pucerons au sein de ces colonies est compté tous les dix jours. Dans les premières semaines de suivi, les fondatrices présentes au sein des colonies marquées peuvent se déplacer sur l'arbre ou disparaître à cause des ennemis naturels. Nous avons donc remplacé les colonies marquées disparues lorsqu'elles ne comptaient la semaine avant leur disparition que maximum 2 pucerons. La grande majorité des remplacements des colonies a été effectué la seconde semaine de suivi.

Durant toute la durée de l'expérience, la présence de momies de parasitoïdes, d'insectes prédateurs (coccinelles, syrphes, chrysopes, forficule) ou de fourmis au sein des colonies a été relevé.

Afin de compléter les résultats d'observation sur le terrain, deux prélèvements de pucerons cendrés ont été réalisés au cours de la saison. Les colonies de pucerons ont été prélevées sur trois transects par microparcelle. Le premier prélèvement de pucerons a été effectué le 6 mai 2018, dans la semaine du dernier lâcher et le second deux semaines plus tard, le 20 mai 2018. Ces échantillons prélevés seront par la suite analysés par PCR dans le but de détecter l'éventuelle présence de parasitoïde dans le corps des pucerons.

b) Résultats

Cette deuxième expérience a été conduite tous les dix jours entre l'apparition des fondatrices au printemps (Ve 13 avril 2018), calculé à l'aide de l'accumulation des degrés jours, et la disparition des pucerons du verger suite à la migration d'été (Ve 15 juin 2018). Le premier lâcher des parasitoïdes au sein de ce verger a donc été effectué le vendredi 13 avril. C'est à cette date que le premier suivi des pucerons présents sur la parcelle a également été mené. Par la suite, les suivis ont été réalisés tous les 10 jours et les lâchers de parasitoïdes deux fois supplémentaires, à 10 jours d'intervalle.

Les résultats obtenus sur le suivi du nombre de colonies par arbres dans le verger (figure 6) montrent que les arbres situés en distance 1 (sur lesquels les lâchers de parasitoïdes ont été effectués) ont été colonisés par une quantité très faible de colonies de pucerons que ce soit dans les zones avec ou sans bandes fleuries (en moyenne 1,5 colonies par arbre) jusqu'au 15 mai 2018. Une légère augmentation de la quantité de colonies est visible sur ces arbres au 29 mai 2018, allant jusqu'à 5 colonies par arbres, ce qui reste un seuil acceptable lors du pic d'infestation. Cette augmentation est due au comportement naturel du puceron qui colonise le sommet des nouveaux rameaux des pommiers en fin de saison. A cette période, une colonie peut se scinder en de nombreux petits agrégats de pucerons comptant chacun pour une colonie.

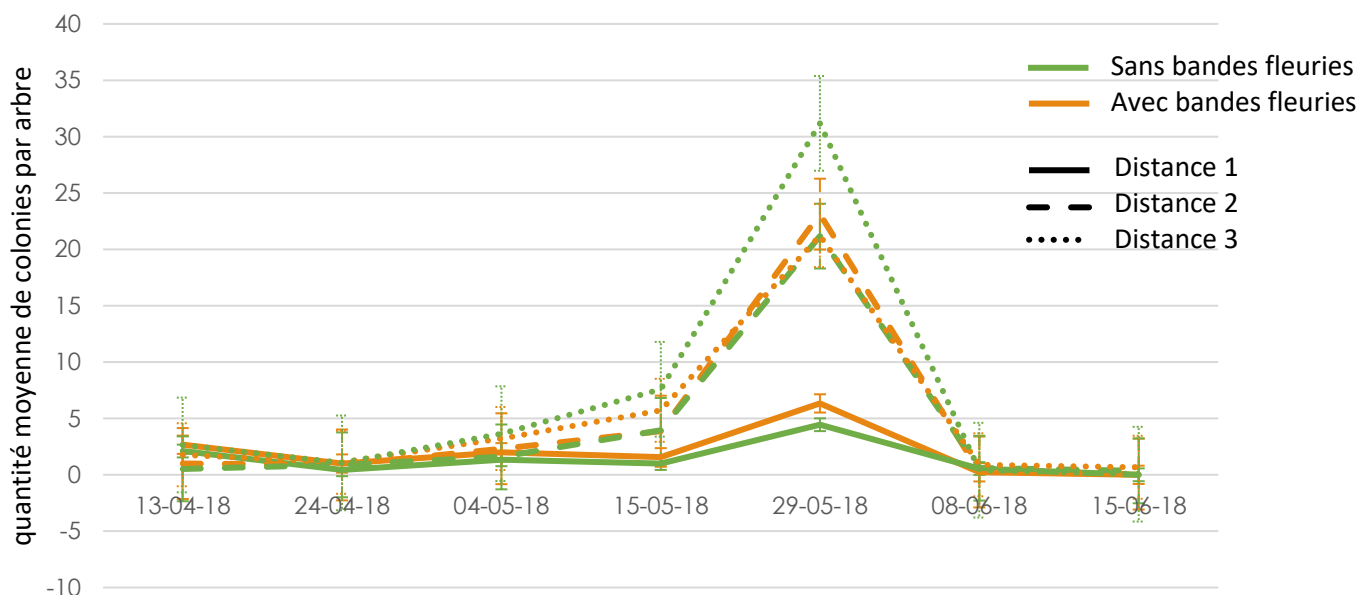


Figure 6 : Moyenne du nombre de colonies par arbre aux trois distances, avec ou sans bandes fleuries jusqu'au 15 juin 2018

L'infestation des arbres situés aux distances 2 (3,5 mètre des points de lâchers) et 3 (7 mètres des points de lâcher) augmente de façon régulière jusqu'au 15 avril 2018 pour atteindre un seuil en moyenne de 4 colonies par arbre en distance 2 avec ou sans bandes fleuries, 6 et 7,5 colonies par arbre

en distance 3 respectivement avec bandes fleuries et sans bandes fleuries. Au moment du pic d'infestation, le 29 mai 2018, la quantité de colonies présentes sur les arbres explose. Cependant, une différence semble visible entre les arbres situés en distance 3 sans bande fleuries (ou l'infestation atteint 31 colonies par arbre en moyenne) et les arbres situés en distance 2 et en distance 3 avec bande fleuries ou l'infestation atteint 22 colonies par arbre en moyenne.

Ces résultats suggèrent que les parasitoïdes apportés en verger semblent contrôler plus efficacement les colonies de pucerons sur les arbres ou sont effectués les lâchers (distance 1). Ce résultat pourrait s'expliquer par la capacité des parasitoïdes à se déplacer en marchant sur les arbres d'où ils émergent et ainsi accéder rapidement aux pucerons. Il est aussi possible que les colonies de pucerons présentes sur les arbres ou sont effectués les lâchers soient plus rapidement et efficacement identifiées par les parasitoïdes lâchés.

Les lâchers de parasitoïdes n'ont pas permis de contrôler efficacement les colonies de pucerons présentes sur les arbres situés à 3,5 (distances 2) et 7 mètre (distance 3) des points de lâchers. Cependant, les bandes fleuries semblent diminuer la quantité de colonies présentes en distance 3. Elles pourraient donc jouer un rôle dans le maintien des parasitoïdes apportés à l'intérieur du verger et leur permettre de coloniser plus facilement les arbres autour des points de lâchers.

Comme pour la première expérience, la faible quantité de momies retrouvées dans le verger ne nous permet pas pour l'instant d'affirmer que la suppression des colonies présente sur les arbres infestés soit due seulement à la présence des parasitoïdes lâchés au sein du verger. Afin d'évaluer de façon plus précise le taux réel de parasitisme dans le verger nous avons récolté des pucerons vivants que nous allons analyser par biologie moléculaire afin de détecter l'ADN des larves de parasitoïdes éventuellement présents dans leur corps. Ces analyses restent encore à faire.

Le verger que nous avons utilisé pour cette expérience est implanté avec différentes variétés de pommiers (Pinova, Reinette Hernaut, Reinette des capucins, Pirouette et Reinette de waleffe). Il était donc important d'analyser la sensibilité de ces différentes variétés au puceron *D. plantaginea*. Nos résultats (figure 6) montrent que toutes les variétés ont été infestées en moyenne de façon identique au sein du verger à l'exception de la variété Reinette des capucins, beaucoup plus sensible au puceron, notamment lors du pic d'infestation (35 colonies par arbre en moyenne, toutes distances confondues, contre 12 colonies par arbre en moyenne pour les autres variétés).

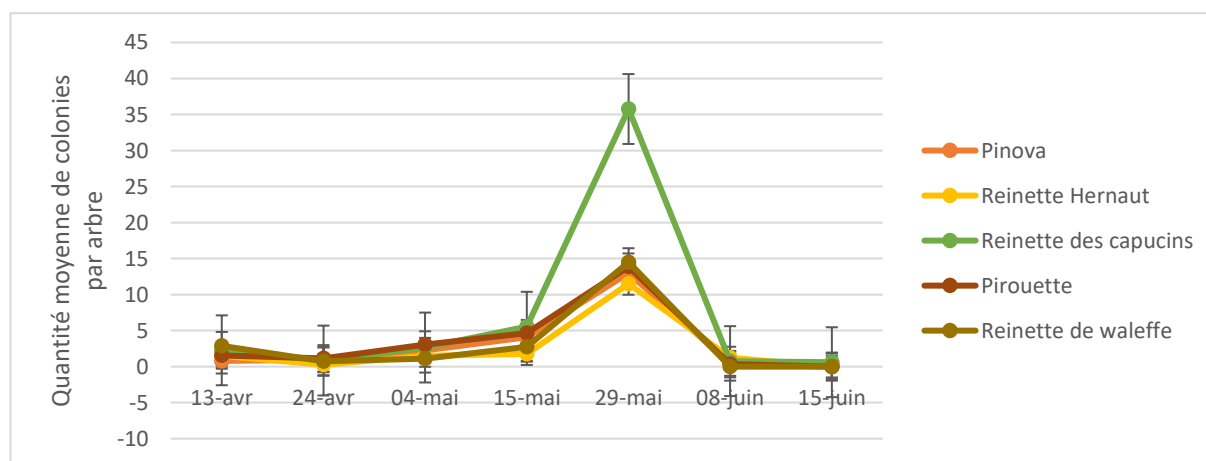


Figure 7 : Quantité moyenne de colonies par arbre en fonction des variétés d'arbre du verger

c) Conclusion perspective

Afin de vérifier les résultats obtenus durant cette première année d'expérience nous allons reconduire cette expérience de terrain au printemps 2019. Cependant, quelques modifications seront apportées au protocole. Tout d'abord, les transects seront légèrement déplacés au sein des microparcelles dans le but de répartir de façon plus homogène la variété 3 (plus sensible au puceron) sur toutes les distances. La fauche des bandes fleuries sera également mieux contrôlée dans le but de favoriser la floraison le plus rapidement possible dans la saison.

Il est également prévu cette année de réaliser les analyses de biologie moléculaire sur les pucerons récoltés en 2018 afin d'évaluer le taux réel de parasitisme des pucerons du verger et ainsi de lier la diminution du nombre de colonies sur les arbres à l'effet des lâchers de parasitoïde.

B- CRA-W

1- Evaluation de la sensibilité variétale aux dégâts d'insectes.

a) Méthodologie

Afin d'évaluer la sensibilité variétale au puceron cendré et à l'anthonome, des relevés de dégâts ont eu lieu dans deux vergers conservatoires appartenant au CRAW.

Le premier verger étudié est un verger d'évaluation de nouvelles et anciennes variétés en expérimentation en production biologique – sans insecticide - afin de rechercher les variétés les mieux adaptées à ce mode de production. Les arbres sont greffés sur le porte-greffe M9 et plantés en 2010 à des distances de 1,5m x 4 m. Le nombre de répétitions variant de 3 à 12 arbres par variété. Dans ce verger, le pourcentage de fruits atteints par des dégâts de pucerons cendrés a été observé pour chaque arbre. Une moyenne par variété a ensuite été calculée ainsi qu'une moyenne générale pour l'ensemble du verger. Les variétés ont ensuite été classées les unes par rapport aux autres en utilisant la moyenne générale comme référence. De cette manière un classement des variétés les plus et les moins sensibles a pu être établi pour l'année 2018.

Les dégâts d'anthonome ont également été observés en 2017 dans un second verger d'évaluation d'anciennes variétés. Ce verger ne subit aucun traitement depuis plus de trente ans. La sévérité des attaques sur les bouquets floraux a été évaluée selon une échelle de 9 classes (tableau 4). Chaque arbre a reçu une note individuelle et la moyenne par variété a été calculée. Les variétés ont ensuite été classées par rapport à la moyenne de la sévérité pour l'ensemble du verger.

Tableau 4 : Echelle d'évaluation de la sévérité des dégâts sur fruits.

Échelle	Observation au verger
1	Aucun fruit atteint
2	De]0 à 1] % de fruits atteints
3	De]1 à 5] % de fruits atteints
4	Classe intermédiaire
5	De 20 à 30 % de fruits atteints
6	Classe intermédiaire
7	±50 % de fruits atteints
8	±75 % de fruits atteints
9	+ de 90 % de fruits atteints

b) Résultats

Les graphiques suivants (Figures 8 et 9) représentent le classement des variétés en fonction de leur sensibilité par rapport à la sévérité moyenne des dégâts sur l'ensemble du verger. Il apparaît clairement que certaines variétés telles 'Pilot', 'Topaz', 'BH50' mais également 'Wellant' et 'Jonagold' sont très sensibles au puceron cendré. A l'opposé, il est intéressant de constater que les variétés 'Reinette de France', 'Transparente de Lesdain' et 'Alkmene' apparaissent comme nettement moins sensibles. Au niveau de la sensibilité à l'anthronome, une série de variétés ont été nettement moins impactées telles 'Court-Pendu', 'Cwastresse Double', 'La Paix' et 'Melrose' alors que d'autres ont été les plus atteintes : 'Tardive d'Havelange', 'Rucliva', 'Pinova', 'Resi'.

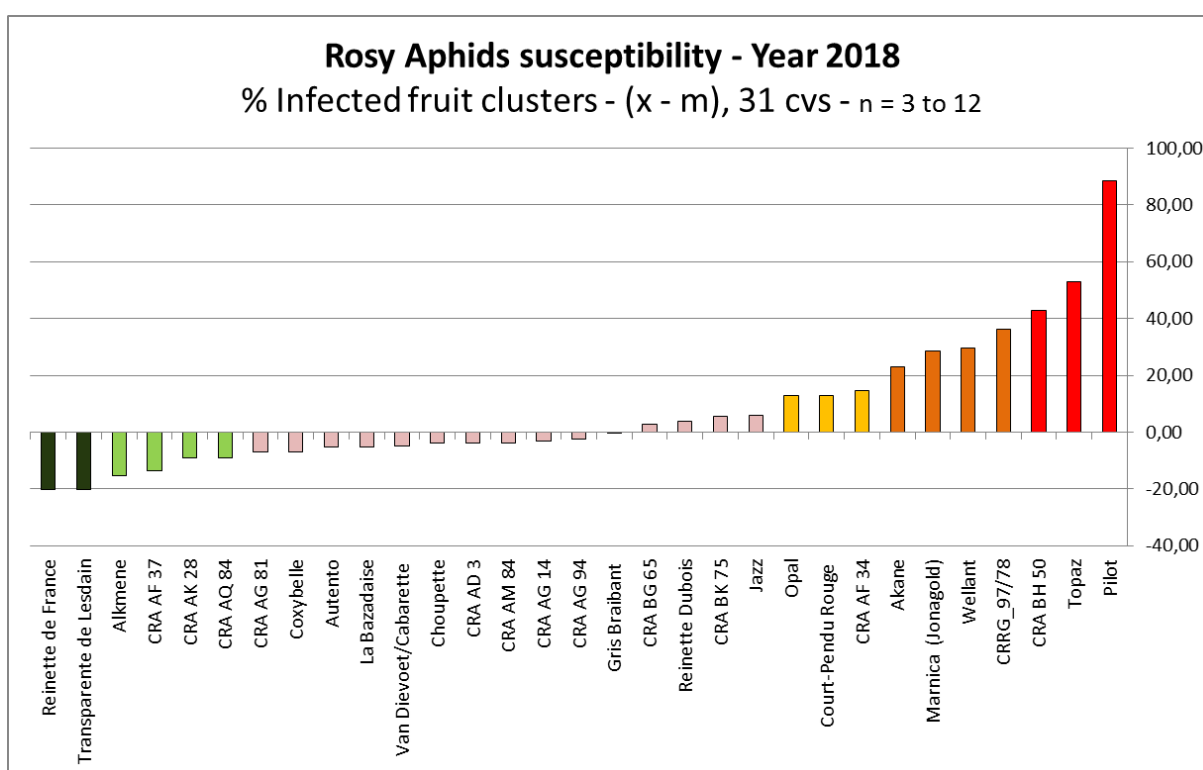


Figure 8 : Pourcentage de dégâts de pucerons cendrés sur fruits en fonction de la variété par rapport à la moyenne générale du verger

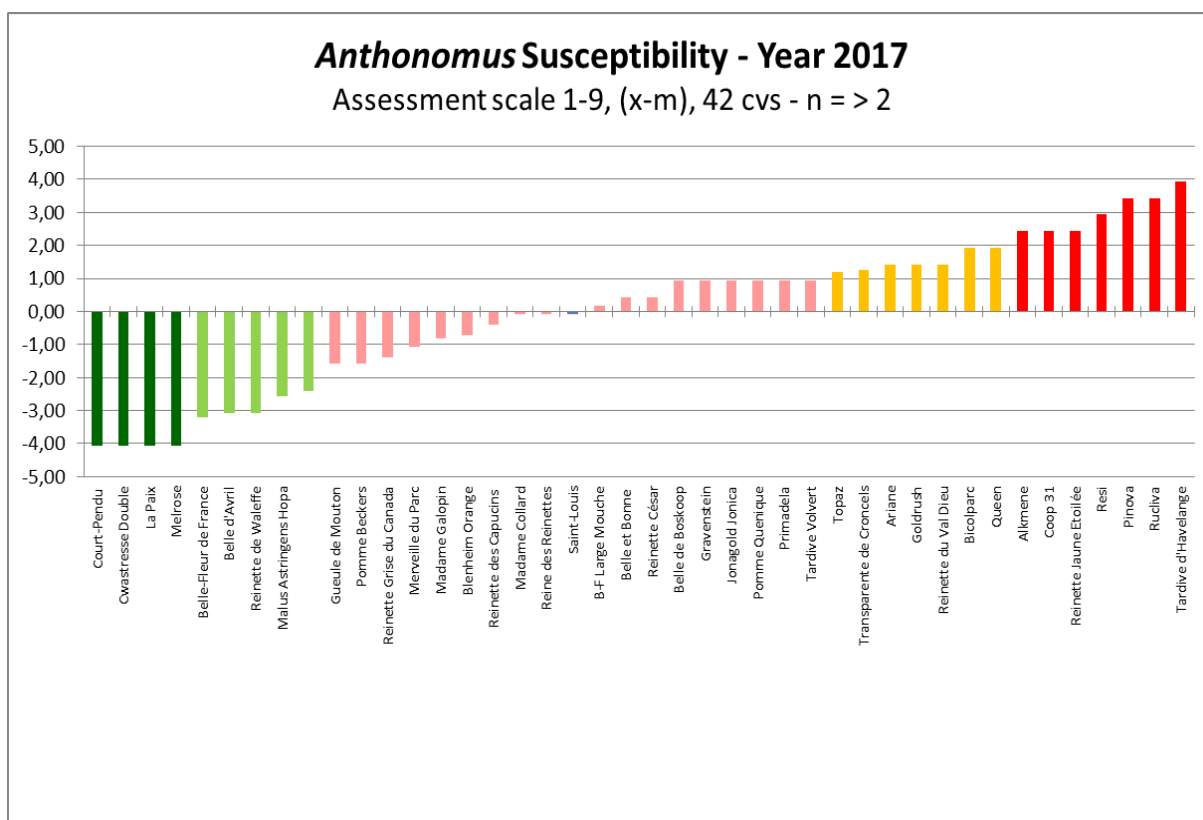


Figure 9 : Sévérité des dégâts d'anthronome sur fruits en fonction de la variété par rapport à la moyenne générale du verger

c) Conclusions et perspectives

La méthode utilisée a permis de mettre en évidence une influence significative de la variété sur le taux de dégâts sur fruits en 2017 pour l'anthronome et en 2018 pour le puceron cendré. La répétition de ces observations au cours des années suivantes garantira de mettre en évidence de manière plus fine les variétés les moins sensibles à ces ravageurs. L'usage de la moyenne générale du verger comme référence permet une indépendance des aléas climatiques et des fluctuations de populations de pucerons et d'anthonomes. Une étude devrait être effectuée afin d'évaluer la corrélation entre la phénologie de la floraison et la sensibilité des variétés.

- 2- Évaluation de l'influence de bandes fleuries sur le taux de dégâts sur fruits dus aux pucerons cendrés et à l'hoplocampe.

a) Méthodologie

L'influence de bandes fleuries sur le taux de dégâts sur fruit a été évaluée pour le puceron cendré et l'hoplocampe. Le verger expérimental est composé de six sous parcelles de six lignes de 24 arbres. Trois de ces sous-parcelles ont été aménagées avec des bandes fleuries dans les interlignes. Le verger comprend 5 variétés réparties par groupe de six arbres selon un schéma de blocs randomisés.

L'évaluation des dégâts sur fruits a été réalisée selon une échelle de sévérité de 9 classes (tableau 4). Tous les arbres du verger ont reçu une note individuelle en fonction de l'estimation visuelle du taux de dégâts observé sur les fruits qu'ils portent.

L'évaluation des dégâts sur fruits n'a pu permettre de montrer une influence des bandes fleuries sur le taux de dégâts engendrés par les pucerons cendrés et les hoplocampes. Quelle que soit la variété la sévérité moyenne est similaire en présence ou non de bandes fleuries et la variabilité est importante.

b) Résultats

Les figures 10 et 11 montrent que les variétés 'Reinette Hernaut' et 'Reinette des Capucins' sont légèrement plus impactées par le puceron cendré. Au niveau de l'hoplocampe, très peu de différence de sensibilité est visible. Par ailleurs, mis à part un léger effet sur 'Reinette Hernaut' par rapport au puceron cendré, l'effet des bandes fleuries n'est pas du tout mis en évidence.

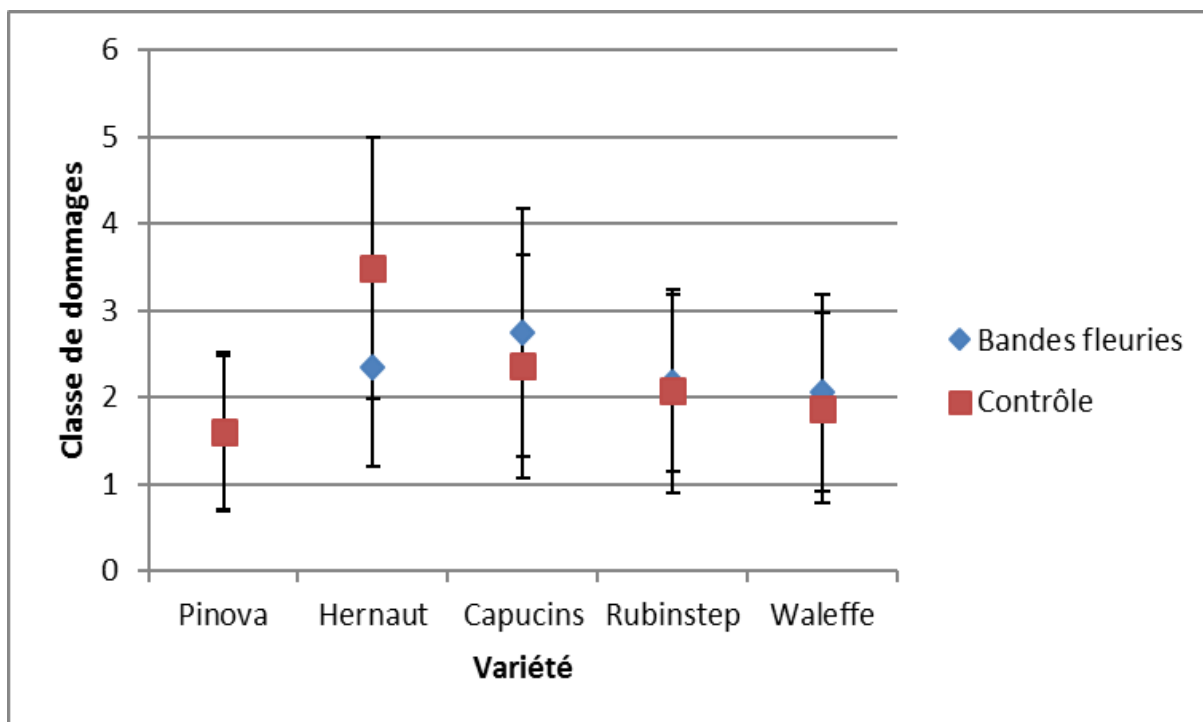


Figure 10 : Sévérité moyenne des dégâts de pucerons cendrés sur les fruits en fonctions de la variété en présence ou non de bandes fleuries dans les interlignes

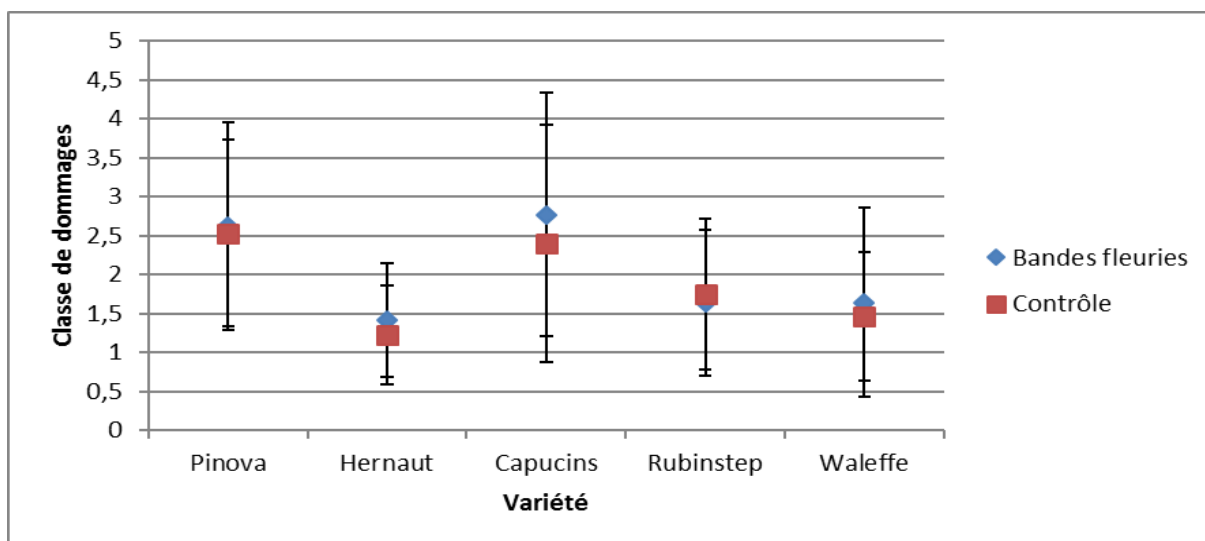


Figure 11 : Sévérité moyenne des dégâts d'hoplocampes sur les fruits en fonction de la variété en présence ou non de bandes fleuries dans les interlignes

c) Conclusions et perspectives

Pour l'année 2018, aucune différence du taux de dégâts n'a été observée sur les fruits des arbres situés à proximité d'une bande fleurie ou non et ce quelle que soit la variété. Pour pouvoir tirer une conclusion ces observations doivent toutefois être répétées pendant plusieurs années. La forte variabilité observée laisse cependant penser qu'un autre facteur que celui étudié influence les attaques d'une manière plus prépondérante que la variété ou la présence de bandes fleuries.

3- Essai préliminaire de piégeage de masse de carpocapses au moyen de pièges lumineux.

a) Méthodologie

Deux pièges lumineux ont été installés dans un verger conservatoire non traité du CRA-W. Le premier piège est muni d'une ampoule blanche et le second d'une ampoule bleue. Les pièges ont été placés sur des mats dépassant la cime des arbres afin de les dominer. Une soucoupe jaune remplie d'eau savonneuse est disposée en dessous de chaque piège afin de récolter les papillons attirés par la lumière. Des pièges à phéromones sexuelles ont également été disposés afin de contrôler la présence de carpocapses et de détecter les vols.

b) *Résultats*

Au cours des deux années d'essais, très peu de carpocapse ont été capturés par ces pièges. Or des vols ont bien eu lieu car les pièges à phéromones ont permis de capturer des individus.

c) *Conclusions et perspectives*

Des recherches bibliographiques approfondies ont permis de mettre en évidence que les carpocapses seraient plus attirés par des pièges lumineux munis d'ampoule de longueur d'onde situées dans l'ultraviolet. Néanmoins certaines études tendent à démontrer qu'un piégeage massif par la lumière utilisé seul, ne réduit pas sensiblement les risques de dégâts. Ce type de piège était parfois utilisé pour la surveillance des vols et l'étude des populations.

Le piégeage des adultes semble à lui tout seul ne pas être entièrement efficace car rien ne garantit que les adultes ne se soient pas déjà accouplés et que la ponte ne se soit pas déjà produite lorsque les individus sont piégés. Capturer et détruire les carpocapses avant qu'ils n'aient l'occasion de se reproduire serait plus efficace. Les bandes cartonnées disposées autour des troncs et capturant les chenilles semblent être une piste intéressante.

Une autre piste de piégeage du carpocapse est l'utilisation de Kairomones, par exemple le Pear esther.

4- Piégeage de l'hoplocampe – test préliminaire.

a) *Méthodologie*

Quatre types de pièges ont été testés afin d'évaluer leur potentiel de capture en vue d'élaborer un essai de piégeage massif l'an prochain. Il s'agit de pièges englués de couleur blanche disposés dans la canopée des arbres. Ces pièges diffèrent par leur forme et leur configuration (seau, assiette en plastique, Feuille et piège Rebell). Cinq répétitions de chaque piège ont été installées dans un verger conservatoire et relevés à deux reprises à une semaine d'intervalle. Le nombre d'hoplocampes capturés a été compté et la moyenne par type de piège a été calculée.

b) Résultats

Le piège de type Rebell est le modèle qui a en moyenne capturé le plus d'hoplocampes. Le seau est par contre celui qui est en moyenne le moins efficace (Figure 12).

Il est à noter que les assiettes en plastique ont tendance à être arrachées et emportées par le vent.

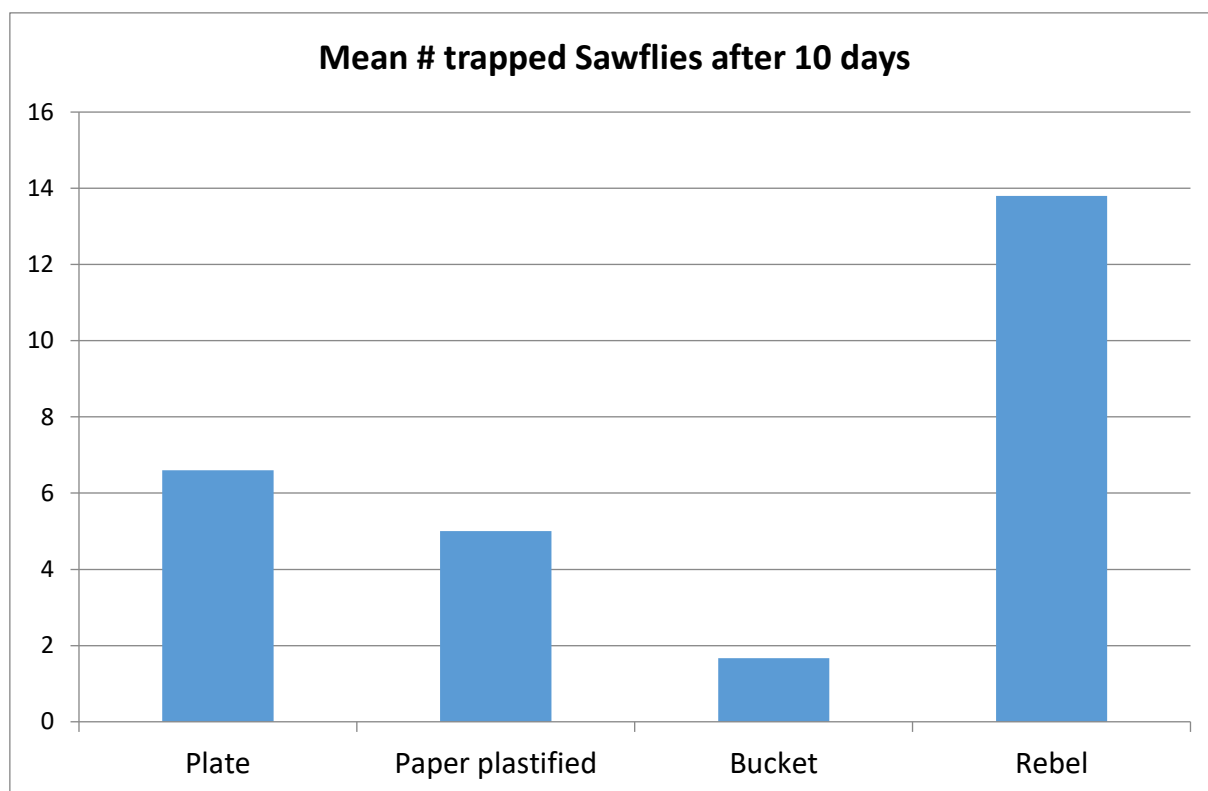


Figure 12 : Moyenne des hoplocampes capturés par les différents types de pièges – Printemps 2018

c) Conclusions et perspectives

Le piège de type Rebell est donc celui qui convient le mieux à un test de piégeage massif contre les hoplocampes. Ce type de piège sera donc retenus pour les essais futurs de piégeage.