

Notes Académiques de l'Académie d'agriculture de France

Academic Notes of the French Academy of agriculture

Authors:

Adrien Le Navenant, Laurent Gomez, Hélène Gautier

Title :

Etat des connaissances scientifiques concernant l'utilisation des plantes de service dans la régulation des populations du ravageur *Myzus persicae*

State of the scientific knowledge about using service plants in the control of the pest *Myzus persicae*

Year :

2023. Volume 16. Number 1. pp. 1-27

Published online: 18 septembre 2023.

<https://doi.org/10.58630/pubac.not.583827>

[Etat des connaissances scientifiques concernant l'utilisation des plantes de service dans la régulation des populations du ravageur *Myzus persicae*](#) State of the scientific knowledge about using service plants in the control of the pest *Myzus persicae* © 2023 by Adrien Le Navenant, Laurent

Gomez, Hélène Gautier is licensed under [Attribution 4.0 International](#) 

Etat des connaissances scientifiques concernant l'utilisation des plantes de service dans la régulation des populations du ravageur *Myzus persicae*

Current state of scientific knowledge concerning the use of companion plants in the regulation of Myzus persicae pest populations

Adrien Le Navenant*, Laurent Gomez, Hélène Gautier

UR1115 PSH Plantes et Systèmes de Culture Horticoles, INRAE, Avignon. 228 route de l'Aérodrome CS 40 509 - Domaine Saint Paul, Site Agroparc 84914 Avignon Cedex 9, France, 04 32 72 26 86.

Correspondance :

adrien.le-navenant@inrae.fr

Résumé

L'intensification de l'agriculture et le développement de la monoculture, depuis plusieurs années, induisent de nombreux problèmes de gestion des ravageurs, particulièrement ceux à multiplication rapide comme les pucerons, qui ont mis en place des mécanismes de résistance à la plupart des familles d'insecticides. Ces constats, accentués par le retrait progressif de produits phytosanitaires autorisés, ont guidé les réflexions vers un chan-

gement de paradigme, afin de concevoir des systèmes agroécologiques fondés sur des combinaisons de stratégies. Parmi celles-ci, l'introduction de plantes de service (PdS) est particulièrement étudiée pour lutter, de façon directe ou indirecte, contre *Myzus persicae*, le puceron vert du pêcher. Les PdS peuvent, par exemple, détourner le ravageur des zones d'intérêt économique vers des cultures pièges, ou limiter son déplacement dans les parcelles.

Elles peuvent également perturber le cycle de développement du ravageur ou modifier son comportement alimentaire, diminuant les risques de transmission de virus. Les PdS peuvent aussi réguler les ravageurs de façon indirecte, en attirant leurs ennemis naturels ou en modifiant la composition des plantes cultivées d'intérêt. Malgré les contraintes d'usage et la nécessité d'études complémentaires en vue de réduire la variabilité des réactions observées, les PdS et leurs produits dérivés sont l'un des leviers encourageants ouvrant de nouvelles possibilités de gestion de ce ravageur. La recherche sur l'intégration de plusieurs de ces leviers et la potentialisation de leurs effets combinés semblent particulièrement prometteuses, afin de dépasser les limites et contraintes individuelles et d'améliorer leur efficacité en production.

Abstract

The increase of insecticide resistance in pests, especially in *Myzus persicae*, leads to a decrease in the efficiency of the regulation mechanisms previously used in agriculture. This effect, combined with the progressive withdrawal of authorized phytosanitary products, shows the need for a paradigm shift in the design of new agrosystems. The development of these new systems is based on alternative strategies using multiple solutions. Companion plants (CP) fit perfectly into this framework of development of new control strategies against *Myzus persicae*, inducing effects that can be grouped into two main categories: direct and indirect. The first type can act on the detection and attractiveness of the crop, by diverting the pest from areas of economic interest to trap crops, or by limiting its movement in the economic crops. A disruption of the development cycle or a decrease in virus transmission can also be induced by CP. Indirect effects act through intermediaries to regulate this pest, notably by attracting natural enemies and their perpetuation in the crops, or by modifying the metabolism of the crop plant. Although some limitations are still present and require more studies to reduce the variability of

the observed responses, CP and the products derived from them are one of the promising tools, opening new possibilities for the management of this pest. Research on the integration of all these tools and the potentiation of their combined effects seems particularly promising to overcome individual limitations and constraints and to obtain a more constant efficiency in the crops.

Mots clés

Myzus persicae, puceron, plantes de service, plantes compagnes, lutte alternative, ennemis naturels, composés organiques volatils

Keywords

Myzus persicae, aphid, companion plants (CP), alternative control, natural enemies, Volatile Organic Compounds (VOC)

1. Contexte de la lutte contre le puceron vert du pêcher : vers un changement de paradigme

1.1. *Myzus persicae*, un ravageur majeur en agriculture

L'intensification de l'agriculture et le développement de la monoculture, depuis plusieurs années, induisent de nombreux problèmes de gestion des ravageurs, particulièrement ceux à multiplication rapide comme les pucerons. Il existe plus de 4 700 espèces d'Aphididae dans le monde, dont environ 10 % dans les cultures et vergers (Blackman et Eastop, 2000), et une centaine de ces espèces a des impacts économiques importants sur les cultures.

Myzus persicae (Sulzer, 1776), abrégé en *Mp* pour la suite, est, à bien des égards, une espèce exceptionnelle parmi la famille des Aphididae. Certainement originaire d'Asie (Emden et Harrington, 2007), il s'est très bien acclimaté dans les environnements anthropisés.

Cosmopolite et polyphage, il s'adapte et se reproduit très rapidement en combinant de façon atypique une reproduction sexuée et asexuée. Cela lui permet une adaptabilité génétique à son environnement *via* des individus ailés, obtenus par la reproduction sexuée, tout en permettant une colonisation très rapide du milieu par parthénogénèse. *Mp* est responsable de nombreux dégâts sur plus de 40 familles végétales (Blackman et Eastop, 1984) et plus de 400 espèces (Blackman et Eastop, 2000), ce qui en fait un des ravageurs les plus courants des cultures, notamment de pommes de terre (Radcliffe, 1982) et de betteraves (Fernandez-Quintanilla *et al.*, 2002).

Il provoque des dommages directs lors de son alimentation, par la déformation des pousses, l'enroulement des feuilles, la chute des fruits ou des fleurs, ainsi que par l'affaiblissement de la plante (Emden *et al.*, 1969 ; Verdugo *et al.*, 2016). Cependant les principaux dommages provoqués par ce ravageur restent indirects *via* la dissémination de virus (Nault, 1997). Plus de 50 % des quelques 600 virus ayant des vecteurs parmi les invertébrés sont transmis par les pucerons (Hull, 2002), et les dommages induits peuvent être très importants, provoquant des perturbations dans le développement des fruits ou, encore, une dépigmentation des feuilles, entraînant une sénescence prématurée (Castle *et al.*, 1998 ; Manachini *et al.*, 2007 ; Pinto *et al.*, 2008). En France, ces dommages peuvent même engager la viabilité économique de certaines filières et notamment de la culture de betteraves sucrières (CGB, 2021).

1.2. Les limites de la lutte chimique

Il y a encore une dizaine d'années, la gestion de ces ravageurs se faisait principalement par l'utilisation de pesticides. Cependant, suite à leur utilisation accrue, *Mp* a mis en place des mécanismes de résistance à la plupart des familles d'insecticides. À chaque introduction d'un nouveau composé insecticide, *Mp* s'est adapté en quelques années. Les premières observations de résistances ont eu lieu en

1960 ; elles concernaient une diminution d'efficacité des organophosphates après 15-20 ans d'utilisation (Russell, 1965). Ce fut ensuite le cas pour les cyclodiènes, carbamates, pyréthroides et néonicotinoïdes (Bass *et al.*, 2014), rendant le contrôle de ce puceron de plus en plus problématique, même en augmentant les doses d'utilisations des différentes matières actives.

De plus, l'application massive de ces produits phytosanitaires perturbe la biodiversité terrestre et aquatique (Mahmood *et al.*, 2016), et dégrade les sols (Kookana *et al.*, 1998), les nappes phréatiques (Leistra et Boesten, 1989), le milieu marin (Fulton et Key, 2001), ainsi que l'air ambiant (Kawahara *et al.*, 2005). Ces produits ont un impact négatif sur les auxiliaires des cultures (Decourtye *et al.*, 2005) et peuvent s'accumuler dans la chaîne trophique (Chopra *et al.*, 2011 ; Le Goff et Giraud, 2019).

Depuis quelques années, ce mode de gestion, héritier du développement de l'industrie de la chimie, est remis en cause du fait de l'adoption des plans Ecophyto successifs (Ecophyto I, II, et II+). Ces derniers répondent en effet à une demande sociétale et réglementaire de réduction des risques et des effets de l'utilisation des pesticides sur la santé humaine et l'environnement.

Dans sa dernière version, le plan Ecophyto II+ a pour objectif la réduction des intrants phytosanitaires de l'ordre de 50 % d'ici 2025. L'introduction de la lutte intégrée contre les ravageurs des cultures, ainsi que des méthodes et techniques de substitution en vue de réduire la dépendance à l'égard de l'utilisation des pesticides sont ainsi encouragées.

1.3. Un changement de paradigme nécessaire

Dans ce contexte, la transition vers des systèmes plus agroécologiques s'impose : il faut réduire les pressions sur notre environnement, préserver les ressources naturelles et maintenir les capacités de renouvellement et de production des écosystèmes. Ce constat est particulièrement

vrai dans la lutte contre les pucerons vecteurs des virus des jaunisses de la betterave sucrière, avec le retrait programmé des derniers intrants phytosanitaires autorisés dans ces grandes cultures en 2023.

De nouvelles stratégies de luttés contre les ravageurs sont ainsi actuellement testées (Verheggen *et al.*, 2022). Elles visent à diminuer la reconnaissance des cultures de rente par les ravageurs, à limiter leur attraction et déplacement dans les parcelles, leur reproduction, et à favoriser l'installation de leurs ennemis naturels. Elles couplent différents leviers pour réduire les dégâts liés aux pucerons, allant de la sélection variétale (Sauge *et al.*, 1998) à la culture en association (Lai *et al.*, 2017), en passant par la régulation biologique par le biais d'ennemis naturels (Landis *et al.*, 2000).

Dans cet article, nous nous intéressons plus particulièrement à l'utilisation des PdS. Ces dernières peuvent avoir des effets sur *Mp* en perturbant sa reconnaissance des plantes hôtes, son installation et son développement sur les cultures, et aussi son comportement alimentaire et, en conséquence, la transmission de virus.

Du fait que la synchronisation de la culture de rente et des PdS est complexe, l'utilisation des composés actifs des PdS sous forme d'extraits (EPdS) ou d'huiles essentielles (HE) en culture est aussi une piste prometteuse. Les études complémentaires sur les médiateurs chimiques de ces réactions, les composés organiques volatils (COV), permettent de mieux comprendre les modes d'actions et les effets de ces PdS sur ce ravageur.

Ce document sera donc structuré en quatre parties portant sur :

- (1) les plantes de service, levier de régulation de *Mp* et de la dissémination de virus,
- (2) l'usage de produits dérivés des PdS comme les EPdS et HE,
- (3) le rôle des médiateurs chimiques, que sont les COV, dans la régulation de *Mp*,
- (4) les PdS et produits associés, un des leviers prometteurs dans la conception de nouveaux systèmes de culture.

2. Les plantes de service, levier de régulation de *M. persicae* et de la dissémination de virus

Les publications scientifiques de ces dernières années ont présenté des résultats prometteurs en vue de réguler les populations de ravageurs, évoquant notamment les mécanismes d'action des PdS qui conduisent à réduire la pression de ces ravageurs sur les cultures. Pour cela, les PdS interagissent avec la culture de rente ou avec son ravageur (voire les ennemis naturels de celui-ci), par contacts racinaires *via* des molécules non volatiles, et aussi, à distance, *via* des médiateurs visuels et, surtout, olfactifs. Ce sont les COV libérés par la PdS qui jouent ce rôle de médiateurs chimiques. Leur action sur l'environnement est étudiée au champ et en laboratoire à l'aide de plantes entières, ou avec des huiles essentielles, des extraits végétaux ou encore des composés purs.

Plusieurs classifications des PdS ont été proposées, notamment celle de Parolin *et al.* (2012a) qui intègre différents ordres de ravageurs (lépidoptère, coléoptère, hémiptère) et se fonde sur les interactions multi-trophiques entre plante cultivée, ravageurs, ennemis naturels et diverses PdS. Cette classification, bien que très complète, n'est pas spécifique à *Mp*. Elle propose des mécanismes de régulation qui, pour certains, sont difficilement applicables à ce ravageur. La classification de Hooks et Fereres (2006) est spécifique aux PdS perturbant la transmission de virus par les pucerons. Non spécifique à *Mp*, elle n'aborde que très peu les effets indirects des PdS et, notamment, les effets sur les interactions multi-trophiques comme le biocontrôle. La classification de Ben-Issa *et al.* (2017a) se focalise principalement sur les effets des PdS dans la régulation des pucerons via les médiateurs chimiques que sont les COV.

Partant de ces trois exemples, nous proposons ici une classification spécifique aux PdS ayant des interactions avec *Mp*. Ces PdS seront réparties en deux catégories. La première regroupe les plantes ayant des effets directs sur ce ravageur, en influençant sa préférence ou son

comportement alimentaire, sa reproduction, son déplacement dans les parcelles, voir la diffusion de virus. La seconde catégorie concerne des PdS ayant des effets indirects sur *Mp* via des interactions multi-trophiques concourant à l'attraction et la pérennisation d'ennemis naturels dans la parcelle, ou encore à la modification du métabolisme des cultures de rente.

2.1. Effets directs des PdS sur le ravageur *Mp*

L'effet direct se définit comme toute action des PdS agissant sur *Mp* en modifiant son comportement ou ses performances, sans l'intermédiaire d'un autre organisme vivant. La dissuasion des PdS sur les ravageurs est l'effet le plus étudié. Elle consiste à limiter l'installation des

ravageurs dans une parcelle en utilisant des plantes répulsives ou en diminuant l'attraction des plantes de rente par exemple *via* le camouflage physique (Simons, 1957 ; Jayasena et Randles, 1985) ou olfactif (Togni *et al.*, 2010). De nombreuses plantes produisent et stockent dans leurs organes (tiges, feuilles, racines, ou fleurs) des molécules ayant un pouvoir répulsif sur certaines familles de ravageurs, lorsqu'elles sont libérées. En se focalisant sur les Aphididae, et plus particulièrement sur *Mp*, plusieurs plantes dissuasives ont été identifiées (Tableau 1). La famille des Alliacées, notamment l'ail (Potts et Gunadi, 1991 ; Lai *et al.*, 2011) a montré des effets répulsifs sur *Mp* dans des cultures de tabac (Lai *et al.*, 2011) et de pomme de terre jusqu'à deux mètres de distance (Pot et Gunadi, 1991). En outre, la présence d'ail en

Tableau 1. Plantes dissuasives sur Myzus persicae avec une action de répulsion (Rav : clone de Myzus persicae utilisé comme ravageur. PdT : Pomme de terre ; Pvr : Poivrons ; Amr : Amarante ; Abg : Aubergine). MP05 est un clone initié à partir de femelles collectées au printemps 2005 sur un pêcher à Avignon, France (Ben-Issa et al., 2016).*

Plantes dissuasives (Répulsives)		Culture de rente		Rav*	Auteurs
Ail	<i>Allium cepa</i> L.	PdT*	<i>Solanum tuberosum</i> L.	Sulzer	Potts et Gunadi, 1991
Ail	<i>Allium sativum</i> L.	Tabac	<i>Nicotiana tabacum</i> L.	NA	Lai <i>et al.</i> , 2011
Ail	<i>Allium sativum</i> L.	PdT*	<i>Solanum tuberosum</i> L.	Sulzer	Potts et Gunadi, 1991
Basilic	<i>Ocimum basilicum</i> L.	Pvr*	<i>Capsicum annum</i> L.	NA	Dardouri <i>et al.</i> , 2019a
Basilic	<i>Ocimum basilicum</i> L.	Amr*	<i>Amaranthus hybridus</i> L.	Sulzer	Yarou <i>et al.</i> , 2020
Basilic	<i>Ocimum gratissimum</i> L.	Amr*	<i>Amaranthus hybridus</i> L.	Sulzer	Yarou <i>et al.</i> , 2020
Basilic	<i>Ocimum basilicum</i> L.	Pvr*	<i>Capsicum annum</i> L.	NA	Ben-Issa <i>et al.</i> , 2017a
Cèleri	<i>Apium graveolens</i> L.	Abg*	<i>Solanum melongena</i> L.	Sulzer	Wang <i>et al.</i> , 2021
Ciboulette	<i>Allium schoenoprasum</i> L.	Pvr*	<i>Capsicum annum</i> L.	NA	Amarawardana <i>et al.</i> , 2007
Coriandre	<i>Coriandrum sativum</i> L.	Abg*	<i>Solanum melongena</i> L.	Sulzer	Wang <i>et al.</i> , 2021
Géranium	<i>Pelargonium zonale</i> L. (L'Her)	Pvr*	<i>Capsicum annum</i> L.	MP05	Ben-Issa <i>et al.</i> , 2016
Menthe	<i>Mentha haplocalyx</i> Briq	Pvr*	<i>Capsicum annum</i> L.	Sulzer	Wang <i>et al.</i> , 2021
Tagetes	<i>Tagetes erecta</i> L.	Pvr*	<i>Capsicum annum</i> L.	Sulzer	Ben-Issa <i>et al.</i> , 2016
Tagetes	<i>Tagetes patula</i> L.	Pvr*	<i>Capsicum annum</i> L.	Sulzer	Ben-Issa <i>et al.</i> , 2016
Romarin	<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	Pvr*	<i>Capsicum annum</i> L.	MP05	Ben-Issa <i>et al.</i> , 2016
Souci	<i>Calendula officinalis</i> L.	Pvr*	<i>Capsicum annum</i> L.	MP05	Ben-Issa <i>et al.</i> , 2016

inter-rang ne réduit pas la richesse des communautés d'arthropodes présentes naturellement dans les champs de tabac (Lai *et al.*, 2011). Par des tests en laboratoire, il a été établi que la ciboulette a également des propriétés dissuasives pour *Mp*. Seule, elle est répulsive sur *Mp*, et associée à la plante hôte (*Capsicum annuum* L.), ses COV neutralisent l'attractivité de celle-ci pour *Mp* (Amarawardana *et al.*, 2007).

Le basilic (*Ocimum basilicum* L.) est un très bon candidat pour une répulsion de *Mp* élevé sur poivron (Dardouri *et al.*, 2019a). Yarou *et al.* (2020) ont confirmé cet effet répulsif lors de tests de choix en conditions contrôlées avec l'amarante hybride associée ou non à du basilic. Des effets similaires ont été observés pour le basilic *Ocimum gratissimum* L. : les auteurs proposent que des mécanismes de contact puissent exister en complément de la libération de COV pour la répulsion de *Mp* par *O. basilicum* mais aussi par d'autres PdS.

Lors d'expérimentations en serre, Wang *et al.* (2021) ont constaté que le céleri (*Apium graveolens* L.), la coriandre (*Coriandrum sativum* L.) et la menthe (*Mentha haplocalyx* Briq.) avaient également des effets répulsifs sur *Mp*, avec des indices de répulsion relativement forts (respectivement 40 %, 75 % et 45 %). Ben Issa *et al.* (2016) ont également observé que le romarin (*Rosmarinus officinalis* pour une répu L.), le géranium (*Pelargonium zonale* L.) ou le souci (*Calendula officinalis* L.) avaient un effet répulsif pour *Mp* élevé sur poivron lors de tests réalisés en milieu contrôlé. L'effet répulsif du géranium (*Geranium macrorrhizum* L.) (Ameline *et al.*, 2022) ou du romarin (Dardouri *et al.*, 2019b) a été récemment confirmé, avec parfois d'importantes variations entre clones d'une même variété (Dardouri *et al.*, 2019b).

A *contrario*, certaines plantes peuvent être très attractives pour les ravageurs d'une culture et susceptibles de les en détourner. Qualifiées de plantes-pièges, elles sont utilisées à cet effet depuis les années 1990 et choisies pour leur attractivité supérieure à celle de la culture de rente. Installées le plus souvent en périphérie de celle-ci, elles concentrent ainsi les populations de

ravageurs sur des parcelles à faibles valeurs économiques, pouvant être détruites (Hokkanen, 1991). Shelton et Badenes-Perez (2006) ont hiérarchisé trois types de plantes-pièges : les plantes dites conventionnelles, qui représentent l'utilisation la plus classique des plantes-pièges, laquelle consiste à attirer et concentrer les ravageurs.

Cette technique est souvent appliquée à grande échelle dans des pays industrialisés suite au développement de la lutte intégrée (Hokkanen, 1991). On les distingue des plantes-pièges sans issue (*dead-end trap cropping*), qui constituent des sites de ponte très attractifs pour un ravageur, mais ne permettent pas la survie des larves (Shelton et Nault, 2004).

Une fois piégés, ces ravageurs sont plus faciles à éliminer par diverses techniques (fauchage, désherbage, ennemis naturels, produits phytosanitaires localisés, etc.) (Hokkanen, 1991 ; Àsman, 2002 ; Shelton et Nault, 2004). Les plantes-pièges peuvent également être utilisées comme plantes sentinelles, c'est-à-dire permettant une détection précoce des ravageurs, ou des pathogènes dont ils sont vecteurs (Parolin *et al.*, 2012b). Elles permettent de mettre en place au moment opportun d'autres mécanismes de contrôle des ravageurs, avant leur installation sur la culture principale.

À ce jour, il n'existe cependant aucun exemple documenté de plantes-pièges efficaces sur *Mp*. Cet axe de recherche ne semble pas être une solution prometteuse dans le cas spécifique de la régulation de ce ravageur généraliste, qui accepte plus de 400 hôtes secondaires (Blackman et Eastop, 2000). Il est en effet difficile de trouver une PdS produisant une attraction suffisamment forte pour détourner efficacement *Mp* d'une culture de rente, ou pour jouer un rôle de sentinelle.

Outre un effet répulsif ou attractif, certaines PdS peuvent aussi influencer les performances démographiques de *Mp* en perturbant notamment son comportement alimentaire ou sa fécondité. Ce groupe de PdS gagne en visibilité avec un nombre croissant d'études portant sur leurs effets et les mécanismes biochimiques impliqués. Les effets sur le comportement

Notes académiques de l'Académie d'agriculture de France
Academic Notes from the French Academy of Agriculture
 (N3AF)
 Note de synthèse

Tableau 2. Études par électropénétrographie (EPG) des effets des PdS sur le comportement alimentaire de Mp élevé sur poivron (VP : Virus persistants ; VNP : Virus non persistants). Durant la phase d'ingestion du xylème, le stylet du puceron se localise au niveau des vaisseaux ayant la capacité de transporter de grandes quantités d'eau et de nutriments (sève brute), assurant un transport dit ascendant du sol vers les organes photosynthétiques de la plante. Durant la phase de sondage au niveau du phloème, le stylet prélève de la sève riche en glucides tels que le saccharose et le sorbitol, synthétisés lors de la photosynthèse. Cette sève est transportée par des cellules qui assurent un transport dit « descendant », des organes photosynthétiques vers les tissus non photosynthétiques, comme les racines, ou diverses structures de stockage.

Plantes de service	Phase EPG	Type d'effet	Effet sur les virus	Auteur
Basilic	Prospection	↗ nombre	Aucun effet direct	Dardouri <i>et al.</i> , 2021
		↗ temps		
	Salivation phloème	↗ nombre	↗ transmission VP	
		↗ temps		
	Ingestion phloème	↘ temps	↘ acquisition VP	
Poireau	Ingestion xylème	↗ temps	Aucun (hydratation)	Baudry <i>et al.</i> , 2021
	Ingestion phloème	↘ temps	↘ acquisition VP	
Œillet d'Inde	Prospection	↗ nombre	Aucun effet direct	Dardouri <i>et al.</i> , 2021
		↗ temps		
	Ingestion phloème	↘ temps	↘ acquisition VP	
	Potentiel drop	↗ temps	↗ transmission VNP	

alimentaire du puceron sont particulièrement intéressants par la possibilité d'un impact direct sur la dissémination de virus lors des différentes phases de sondage (pénétration du stylet du puceron dans la plante). Il existe une dizaine de phases différentes lors de l'alimentation de *Mp*, observables par la technique de l'électropénétrographie, et certaines sont propices à l'acquisition ou la dissémination de groupes de virus (Ferrer *et al.*, 1997 ; Huang *et al.*, 2012 ; Escudero-Martinez *et al.*, 2021). Toute perturbation de ces paramètres influence donc l'acquisition et la dissémination épidémiologique. Les basilics, œillets d'inde et, aussi, certaines variétés de poireaux modifient ce comportement,

entraînant alors des effets sur la propagation des virus (Tableau 2). En perturbant l'accès aux ressources, les PdS pourraient également avoir une incidence sur la reproduction de *Mp*. Ce lien n'a pas été formellement établi, mais on note que le basilic, en plus d'agir sur le comportement de nutrition, réduit significativement la reproduction de *Mp* de 20 à 36 % selon les conditions expérimentales (Ben-Issa *et al.*, 2016 ; Ben-Issa *et al.*, 2017a ; Dardouri *et al.*, 2021).

La production olfactive d'autres plantes comme la ciboulette, la lavande, le géranium et l'œillet d'inde (Tableau 3) diminue également de 20 à 25 % la reproduction de *Mp*, celle du romarin

Notes académiques de l'Académie d'agriculture de France
Academic Notes from the French Academy of Agriculture
 (N3AF)
 Note de synthèse

Tableau 3. Plantes de service identifiées dans la bibliographie comme réduisant le taux de reproduction de Mp (Rav* : clone de *Myzus persicae* utilisé comme ravageur).

PdS		Culture de rente		Rav*	Références
Basilic	<i>Ocimum basilicum</i> L.	Poivron	<i>Capsicum annuum</i> L.	NA/MP05	Ben-Issa <i>et al.</i> , 2017a, 2016, Dardouri <i>et al.</i> , 2021
Ciboulette	<i>Allium schoenoprasum</i> L.	Poivron	<i>Capsicum annuum</i> L.	MP05	Ben-Issa <i>et al.</i> , 2016
Géranium	<i>Pelargonium zonale</i> L. (L'Hérit)	Poivron	<i>Capsicum annuum</i> L.	MP05	Ben-Issa <i>et al.</i> , 2016
Lavande	<i>Lavandula latifolia</i> Medik.	Poivron	<i>Capsicum annuum</i> L.	NA/MP05	Ben-Issa <i>et al.</i> , 2017a, 2016
Rose d'Inde	<i>Tagetes erecta</i> L.	Poivron	<i>Capsicum annuum</i> L.	MP05	Ben-Issa <i>et al.</i> , 2016, Dardouri <i>et al.</i> , 2021
Romarin	<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	Poivron	<i>Capsicum annuum</i> L.	NA/MP05	Ben-Issa <i>et al.</i> , 2017a, Dardouri <i>et al.</i> , 2021
Géranium	<i>Geranium macrorrhizum</i> L.	Poivron	<i>Capsicum annuum</i> L.	NA	Ameline <i>et al.</i> , 2022

étant la plus efficace, avec une baisse pouvant atteindre 60 % (Ben-Issa *et al.*, 2017a). Des PdS peuvent être également utilisées comme protection physique pour limiter l'accès des ravageurs aux cultures de rente. Ce sont des plantes-barrières positionnées à l'intérieur ou, préférentiellement, en bordure d'une culture primaire, qui s'opposent aux déplacements des ravageurs ou camouflent les plantes cultivées.

Ce terme de camouflage a été introduit par Deol *et al.* (1978), puis réactualisé par Parolin *et al.* (2012b), afin de prendre en compte la notion de rétention d'agents pathogènes. Au contraire des autres PdS, les plantes barrières n'ont pas été prioritaires dans les recherches, malgré un rôle potentiellement intéressant dans la dynamique de dissémination de virus par les pucerons.

Les plantes barrières constituent notamment un gêne physique pour le déplacement des pucerons ailés, diminuant le succès d'atterrissage sur la culture principale. Simons (1957) a ainsi constaté une diminution de la dissémination du virus PVY dans une culture de poivrons entourée de plants de tournesol (*Helianthus candatus*), qui ont limité le déplacement des pucerons ailés de nombreuses espèces y compris *Mp*. Quelques publications évoquent également un rôle de dissimulation des plantes cultivées par les plantes barrières. Ainsi Saucke et Döring (2004) ont mis

en évidence le rôle du paillage de champs de pommes de terre en agriculture biologique dans la réduction de la fréquence du virus PVY non persistant. En l'occurrence, la paille permettrait de camoufler les plants de pommes de terre, limitant l'accès aux pucerons aptères et la transmission de virus.

Les plantes-barrières positionnées en périphérie d'une culture peuvent également constituer une zone tampon, également nommée « puits de virus ». Cette technique consiste principalement à piéger les virus sur des PdS, lors du passage des pucerons vers la culture de rente (Ferrerres, 2000). En pratique, les pucerons virulifères traversant cette zone vont réduire la quantité de virions contenue dans leur stylet en essayant de se nourrir sur ces plantes-barrières. In fine, leur charge virale sera faible, voire inexistante, ce qui limitera fortement la transmission de virus non persistants et à transmission rapide dans la culture d'intérêt (Difonzo *et al.*, 1996). La dissémination de plusieurs virus transmis par *Mp* (Tableau 4) peut ainsi être diminuée grâce à des associations de cultures avec des PdS comme le chou, l'orge (Jenkinson, 1955), le tournesol (Simons, 1957), le blé, l'avoine (Jones, 1993), le soja, le sorgho (Difonzo *et al.*, 1996) ou le maïs (Avilla *et al.*, 1996).

Les plantes-barrières de type « puits de virus »

Notes académiques de l'Académie d'agriculture de France
Academic Notes from the French Academy of Agriculture
 (N3AF)
 Note de synthèse

Tableau 4. Plantes barrières de type « puits de virus » utilisées dans la gestion des virus propagés en partie par M. persicae (Feres, 2000).

Culture de rente	Plantes barrières	Virus	Références
Brocoli	Choux, Orge	CaMV	Jenkinson, 1955
Poivron	Tournesol	PVY	Simons, 1957
Melon musqué	Blé	WMV-2, WMV-1	Toba <i>et al.</i> , 1977
Fève	Orge	BYMV	Jayasena et Randles, 1985
Poivron	Maïs, Gombo, Sorgho, Coton	PVMV	Alegbejo et Uvah, 1987
Soja	Sorgho	SMV	Bottenberg et Irwin, 1992
Lupin	Blé, Avoine	BYMV	Jones, 1993
Pomme de terre	Soja, Sorgho, Blé	PVY	Difonzo <i>et al.</i> , 1996
Poivron	Maïs, Tournesol, Sorgho	PVY, CMV	Avilla <i>et al.</i> , 1996

obtenues par l'ingénierie génétique donnent des résultats intéressants. C'est le cas des papayes produites à Hawaï, qui sont naturellement sensibles à un virus de type non persistant (Shelton et Badenes-Perez, 2006), le virus des taches en anneaux du papayer (PRSV). Ce type de virus se transmet rapidement par le biais de vecteurs multiples comme *Mp*, mais ne peut contaminer des plantes que sur de courtes périodes (Ng et Perry, 2004). Une variété génétiquement modifiée est résistante à ce virus. Bien que cultivée pour le commerce local, le principal marché d'exportation, c'est-à-dire le Japon, n'approuve pas cette manipulation génétique. Elle est alors cultivée en bordure comme plante barrière afin de piéger le virus et de limiter sa transmission dans les cultures internes, qui sont, elles, sensibles à ce virus (Gonsalves, 2003).

2.2. Effets indirects des PdS sur le ravageur *Mp*

Certaines PdS peuvent modifier la pression du puceron sur la culture, sans agir directement sur celui-ci mais de façon indirecte en modifiant l'environnement. Leurs effets se concrétisent soit par l'attraction d'ennemis naturels plus ou moins

spécialisés, soit par une modification du métabolisme de la plante hôte, qui devient moins accueillante pour le puceron. À l'instar de bandes fleuries, ces plantes ont pour objectif d'attirer in situ, par le pollen ou le nectar, des populations d'ennemis naturels qui participent à la régulation des ravageurs. Ces insectes ont des particularités sensorielles ou morphologiques strictes, ce qui fait que les plantes seront plus ou moins adaptées comme ressources florales, en fonction de leurs couleurs, leur morphologie, des molécules émises ou encore de la quantité de nectar et de pollen produite (Landis *et al.*, 2000 ; Vattala *et al.*, 2006 ; Nafziger et Fadamiro, 2011). Afin de maintenir un grand nombre d'ennemis naturels dans une parcelle, il est donc indispensable d'avoir des ressources florales variées. Il est aussi possible d'utiliser des plantes ayant une activité florale étalée dans le temps afin de couvrir une large période, ou, au contraire, de sélectionner des plantes pour cibler une période précise afin de contrôler plus spécifiquement un ravageur (Fiedler *et al.*, 2007).

Outre l'attraction des ennemis naturels, certaines PdS permettent également de les sédentariser à moyen ou long terme. Stacey (1977) est le premier à définir le terme de plantes-banques, fondé à la fois sur le concept

Notes académiques de l'Académie d'agriculture de France
Academic Notes from the French Academy of Agriculture
 (N3AF)
 Note de synthèse

Tableau 5. Liste des ennemis naturels de *Mp* maintenus dans les cultures par des PdS. *M* (Mysus), *S* (Sitobion), *R* (Rhopalosiphum).

Ennemi naturel	Plantes-banques	Proies/hôte alternatifs	Culture de rente	Auteurs
<i>A. aphidimyza</i>	Fève	<i>M. viciae</i>	Poivron	(Hansen, 1983
<i>E. cerasicola</i>	Paprika	<i>M. persicae</i>	Poivron	Hofsvang et Hågvar, 1979
<i>A. abdominalis</i>	Coton	<i>S. avenae</i> , <i>M. dirhodum</i>	Poivron	Kuo-Sell, 1987
<i>A. abdominalis</i>	Pomme de terre	<i>M. euphorbiae</i>	Rose	Blümel et Hausdorf, 1996
<i>A. colemani</i>	Orge	<i>R. padi</i>	Poivron rouge	Goh <i>et al.</i> , 2001 ;
<i>A. colemani</i>	Orge	<i>R. padi</i>	Marguerite, Pensée	Van Driesche <i>et al.</i> , 2008

de la lutte biologique et du contrôle par la conservation, afin de réguler les populations de ravageurs. En pratique, ces PdS sont volontairement colonisées par des herbivores non ravageurs de la culture principale, aussi nommés proies/hôtes alternatifs. Ceux-ci constituent des ressources nutritionnelles alternatives pour les auxiliaires, leur permettant de se maintenir dans le système même en absence de ravageurs cibles (Bennison et Corless, 1993 ; Van Driesche *et al.*, 2008). L'incidence des plantes-banques sur les populations de pucerons a fait l'objet de plusieurs études, en particulier sur *Mp* (Tableau 5). Elles concernent principalement la présence et l'activité des parasitoïdes *Aphidius colemani* (Viereck) et *Aphelinus abdominalis* (Dalman), ainsi que l'attraction et le maintien de populations de coccinelles et de syrphes. Un mélange de ressources florales sous forme de bandes a attiré de nouvelles populations de syrphes et de coccinelles (Pollier *et al.*, 2019).

Pour les cultures autres que céréalières, une astuce consiste à utiliser *Rhopalosiphum padi* L., le puceron du merisier à grappes, comme hôte alternatif pour le parasitoïde *Aphidius colemani*. Ce puceron complète son cycle uniquement sur des plantes de la famille des *Poaceae* comme les *Triticum* (blé), *Hordeum* (orge) ou encore *Zea* (maïs). L'avoine ou l'orge seront donc les plantes-banques complémentaires de la culture de rente, choisies pour accueillir *Rhopalosiphum padi*, dont la présence attire et sédentarise les parasitoïdes.

Ceux-ci seront alors présents en nombre dans le milieu pour une régulation rapide de *Mp* dès l'installation des premières colonies dans la culture de rente (Jandricic *et al.*, 2014).

Un autre effet indirect des PdS sur le puceron passe par une modification du métabolisme de la culture principale (Parolin *et al.*, 2012a), modifiant ainsi son appétence pour ces ravageurs. A l'image de leur rôle dans les interactions entre insectes, des médiateurs chimiques permettent un échange d'informations entre les plantes (Holopainen, 2004 ; Glinwood *et al.*, 2011). Les végétaux sont donc capables de s'adapter aux modifications de leur environnement chimique avec des répercussions sur leur morphologie et leur métabolisme (Novoplansky, 2009). Lorsqu'un insecte approche d'une plante, il évalue l'adéquation de cette ressource avec ses besoins. Cette évaluation se fait de manière rapide par des stimuli positifs ou négatifs (Gurr *et al.*, 2004). À la suite d'interactions allélopathiques avec les PdS, les plantes cultivées peuvent réduire leur attractivité et faire fuir les ravageurs vers d'autres plantes (Ben-Issa *et al.*, 2017a). Alors qu'individuellement, le poivron et l'œillet d'inde ne sont pas répulsifs pour *Mp*, leur association le devient (Dardouri *et al.*, 2017). Ce peut être le fruit du mélange olfactif engendré par la combinaison des deux plantes, ou de la perception des COV des œillets d'inde par la plante hôte qui modifie alors son métabolisme et

devient répulsive pour *Mp* (Dardouri *et al.*, 2017). Cette seconde hypothèse est étayée par les travaux de Dardouri *et al.* (2019a), qui ont montré qu'une pré-exposition de plants de piments (*C. annuum* L., cv. Yolo Wonder) aux COV d'œillet d'inde (*Tagetes patula* L. cv. Nana) diminue l'installation de *Mp* sur ces plants. À l'issue d'une culture associée poivron/œillet d'Inde de 8 jours, le poivron seul a acquis un caractère répulsif pour *Mp*, observé lors de tests olfactométriques. Cela rejoint une observation antérieure avec des plants de poivrons exposés préalablement aux COV de la ciboulette, qui deviennent moins attractifs pour *Mp* que les plants non exposés (Amarawardana *et al.*, 2007). Le même phénomène est observé avec des plants de tabac (*Nicotiana attenuata* Torr. ex Wats.), qui, lorsqu'ils sont plantés en combinaison avec des *Artemisia tridentata* Nutt., acquièrent une concentration notable d'enzymes polyphénol oxydase, réduisant ainsi la présence de ravageurs (Karban *et al.*, 2000). À noter que la communication entre plantes à la base de ce phénomène n'est pas forcément aérienne et peut aussi se faire dans le sol *via* des COV (Dudareva *et al.*, 2006) ou des exsudats racinaires (Glinwood *et al.*, 2003).

2.3. Optimisation des effets et anticipation de disservices

Les études sur les PdS laissent envisager un levier prometteur dans la régulation de *Mp* et des virus dont il est vecteur. Des effets directs ou indirects ont donc été mis en évidence par des expérimentations au laboratoire ou au champ permettant la régulation des ravageurs et plus particulièrement de *Mp*. Cependant ces travaux portent le plus souvent sur un seul mode d'action des PdS, alors que des effets peuvent être multiples, et à ce titre, rangées dans plusieurs des catégories énoncées précédemment. C'est le cas, par exemple, du basilic, qui présente un effet répulsif sur *Mp*, diminue sa fécondité et perturbe son comportement alimentaire (Dardouri *et al.*, 2019a ; Dardouri *et al.*, 2021). L'ail, lui, en plus d'avoir un effet répulsif, retarde l'apparition des pics d'infestation (Lai *et al.*, 2011).

L'usage raisonné de PdS peut s'entendre comme un levier de biocontrôle des ravageurs, à combiner avec d'autres leviers. On peut ainsi combiner les effets de deux PdS pour la pratique *push-pull*, qui consiste à utiliser dans une même parcelle une PdS répulsive (*push*) et une PdS attractive (*pull*) pour maintenir les ravageurs éloignés de la culture de rente (Cook *et al.*, 2007). Le mode d'implantation des PdS dans les parcelles peut aussi moduler leurs effets sur les ravageurs.

Différentes stratégies d'aménagement (PdS en inter-rang, en patchs disséminés dans les parcelles, autour de la parcelle) sont testées en fonction des effets recherchés (Shelton et Badenes-Perez, 2006). Pour optimiser l'aménagement de la parcelle, d'autres études s'intéressent au rayon d'action des PdS, qui irait de quelques centimètres (Yarou *et al.*, 2020) à plus d'un mètre (Ben-Issa *et al.*, 2017a) selon les PdS et les conditions environnementales.

Cependant les contraintes inhérentes à l'utilisation des PdS doivent être étudiées afin d'anticiper l'apparition de disservices (Werrie *et al.*, 2020). Introduire des PdS dans un environnement agricole induit inévitablement de la compétition avec la culture de rente, ainsi que de nouvelles interactions dans le réseaux trophiques. La végétation ainsi ajoutée utilise une partie des ressources environnementales telles que l'eau, les minéraux ou la lumière (Gurr *et al.*, 2017). Il faut également éviter de générer un effet allopathique négatif des PdS envers la culture de rente (Zhang *et al.*, 2007), notamment la libération d'exsudats racinaires toxiques (Weston et Duke, 2003). Une compétition pour la pollinisation est aussi possible lorsque la période de floraison est identique entre la culture de rente et les PdS intégrées dans l'écosystème (Free, 1993). Cet effet ne doit pas être sous-estimé, car plus de 70 % de la culture alimentaire mondiale nécessite une pollinisation (Holzschuh *et al.*, 2012). Les conséquences de ces limitations de ressources peuvent ainsi se traduire par une diminution de la croissance de la culture principale (Welbank, 1963), réduisant la rentabilité.

L'introduction des PdS modifie également la

structure des réseaux trophiques et les interactions entre les espèces. Le mutualisme entre les pucerons et les fourmis en est un bon exemple. Les pucerons sont notoirement élevés par les fourmis, qui récoltent leurs miellats et les protègent de la plupart des ennemis naturels (Stadler et Dixon, 2005). Ajouter des plantes favorisant ce mutualisme pourrait exacerber les dégâts liés aux pucerons (Winkler *et al.*, 2010).

Les PdS idéales sont celles qui pourraient induire des bénéfices économiques directs par la revente de leur production et indirects *via* les effets sur les ravageurs. Cependant, dans de nombreux cas, les PdS n'apportent pas de revenu économique, et le retour sur investissement dépend uniquement des services qu'elles sont susceptibles d'offrir (Soloneski et Larramendy, 2013). Les bénéfices apportés par les PdS sont cependant difficiles à chiffrer et à valoriser auprès des producteurs, ce qui ne favorise pas leur utilisation. D'autant plus que cela peut réduire la surface dédiée à la culture de rente et générer un surcoût de production (Collins *et al.*, 2003), notamment lié à l'achat d'équipements spécifiques et de semences.

Afin de limiter la compétition avec la culture de rente, il est parfois nécessaire de détruire les PdS avant un certain stade de développement. Cette destruction demande un temps de travail supplémentaire, le plus souvent pour un désherbage mécanique ou chimique. Ce dernier point peut poser la question d'un remplacement des composés utilisés pour traiter les cultures de rente, en passant d'un insecticide à un herbicide, ce qui ne fait que retarder la transition vers une agriculture plus responsable.

Enfin il est important de se rappeler que l'utilisation des PdS induit une temporalité de la réponse. Certaines plantes n'ont pas le même effet sur les ravageurs selon leurs stades phénologiques (stade végétatif ou reproductif). Ce phénomène a été observé avec le basilic, qui n'est efficace contre *Mp* qu'au stade végétatif, l'œillet d'Inde ne l'étant qu'au stade floral (Dardouri *et al.*, 2021). Il est donc nécessaire de vérifier l'adéquation entre le stade phénologique efficace d'une PdS et la

présence des ravageurs dans la culture, afin d'optimiser son usage. Cependant il n'est pas toujours possible de disposer de PdS au stade propice au moment opportun. Il peut être alors judicieux d'envisager comme alternative la diffusion (ou la pulvérisation) d'huiles essentielles ou d'extraits de ces plantes afin de disposer des mécanismes complémentaires dans la régulation de *Mp*.

3. Effets des huiles essentielles et des extraits végétaux sur le ravageur *Mp*

Les huiles essentielles (HE) et les extraits de PdS (EPdS) peuvent être obtenus par différents procédés et différents solvants, aboutissant à des compositions hétérogènes. Cela contribue sans doute à la variabilité des effets rapportés dans les publications. Selon Hori (1998), ces effets sont comparables à ceux des PdS (répulsion, baisse de performance, toxicité) et concourent à ralentir la prolifération du ravageur dans la culture.

Utilisés par pulvérisation ou diffusion, ces HE et extraits ont régulièrement des effets répulsifs sur *Mp* (Tableau 6). C'est le cas des HE de lavande (*Lavandula latifolia* Medik.), de thym (*Thymus vulgaris* L.), de menthe poivrée (*Mentha piperita* L.), de menthe verte (*Mentha spicata* L.) et de romarin (*Rosmarinus officinalis* L.) sur *Mp* (Hori, 1998), mais aussi de la berce du caucase (*Heracleum mantegazzianum* Sommier & Levier), du cumin (*Carum carvi* L.), de l'origan (*Origanum vulgare* L. et *Origanum majorana* L.), de la sarriette (*Satureja hortensis* L.), de l'anis vert (*Pimpinella anisum* L.) et du thym (*Thymus vulgaris* L.) (Dancewicz *et al.*, 2012). Ces effets sont plus ou moins rapides, visibles entre 1 h et 24 h après exposition (1 h : berce du Caucase, sarriette et thym ; 3 h : origan ; 24 h : anis vert). L'indice de répulsion (*IR*) est ici défini après 24 h par la formule de Gutiérrez *et al.* (1997):

$$IR(\%) = 100 \left(1 - \frac{T}{C}\right)$$

où *T* est le nombre de pucerons sur la surface traitée et *C* le nombre de pucerons sur la surface témoin. Plus l'*IR* est élevé, plus la plante est

Notes académiques de l'Académie d'agriculture de France
Academic Notes from the French Academy of Agriculture
 (N3AF)
 Note de synthèse

Tableau 6. Huiles essentielles (HE) et extraits ayant un effet répulsif sur *Myzus persicae*.

HE / Extraction	PdS		Auteurs
Extraction	Absinthe	<i>A. absinthium</i>	Dancewicz et Gabrys, 2008
Extraction	Ail	<i>A. sativum</i>	Dancewicz et Gabrys, 2008
Huile	Anis vert	<i>P. anisum</i>	Cantó-Tejero <i>et al.</i> , 2021
Huile	Basilic	<i>O. basilicum</i> L.	Cantó-Tejero <i>et al.</i> , 2021
Huile	Berce du Caucase	<i>H. mantegazzianum</i>	Dancewicz <i>et al.</i> , 2012
Extraction	Ciboulette	<i>A. schoenoprasum</i>	Ikeura <i>et al.</i> , 2012
Huile	Coriandre	<i>C. sativum</i>	Cantó-Tejero <i>et al.</i> , 2021
Huile	Cumin	<i>C. carvi</i>	Dancewicz <i>et al.</i> , 2012
Huile	Fenouil	<i>F. vulgare</i>	Cantó-Tejero <i>et al.</i> , 2021
Huile	Lavande	<i>L. latifolia</i>	Hori, 1998
Huile	Lavandin	<i>L. hybride</i>	Cantó-Tejero <i>et al.</i> , 2021
Extraction	Menthe poivrée	<i>M. piperita</i>	Ikeura <i>et al.</i> , 2012
Huile	Menthe poivrée	<i>M. piperita</i>	Cantó-Tejero <i>et al.</i> , 2021
Huile	Menthe poivrée	<i>M. piperita</i>	Hori, 1998
Huile	Menthe verte	<i>M. spicata</i>	Hori, 1998
Huile	Origan	<i>O. vulgare</i>	Dancewicz <i>et al.</i> , 2012
Huile	Origan	<i>O. majorana</i>	Dancewicz <i>et al.</i> , 2012
Extraction	Poireau	<i>A. porrum</i>	Amarawardana <i>et al.</i> , 2007
Extraction	Poivre de chine	<i>H. cordata</i>	Ikeura <i>et al.</i> , 2012
Extraction	Poivron	<i>C. annuum</i>	Ikeura <i>et al.</i> , 2012
Huile	Romarin	<i>R. officinalis</i>	Hori, 1998
Huile	Sariette	<i>S. hortensis</i>	Dancewicz <i>et al.</i> , 2012
Extraction	Tanaisie	<i>T. vulgare</i>	Ikeura <i>et al.</i> , 2012
Extraction	Tanaisie	<i>T. vulgare</i>	Dancewicz et Gabrys, 2008
Huile	Thym	<i>T. vulgaris</i>	Dancewicz <i>et al.</i> , 2012
Huile	Thym	<i>T. vulgaris</i>	Hori, 1998
Extraction	Impatience	<i>I. parviflora</i>	Pavela <i>et al.</i> , 2009
Extraction	Impatience	<i>I. glandulifera</i>	Pavela <i>et al.</i> , 2009
Extraction	Impatience	<i>I. noli-tangere</i>	Pavela <i>et al.</i> , 2009

répulsive. Ce type d'indice est souvent utilisé dans la littérature pour apprécier la répulsion d'une solution, mais, aussi, celle d'un mélange olfactif (Dieudonné *et al.*, 2022). Récemment Cantó-Tejero *et al.* (2021) ont montré que les HE d'anis vert (*Pimpinella anisum* L.), de basilic (*Ocimum basilicum* L.) et de menthe poivrée (*Mentha piperita*) ont des *IR* particulièrement élevés pour *Mp* (respectivement 96 %, 94 % et 91 %). Dans une moindre mesure, les HE de citronnelle des indes orientales (*Cymbopogon flexuosus* DC.), de fenouil (*Foeniculum vulgare* Mill.), de coriandre (*Coriandrum sativum* L.) et de lavandin (*Lavandula* hybride) sont également répulsives avec un *IR* respectif de 82 %, 75 % 65 % et 60 %.

Les pulvérisations d'EPdS peuvent aussi modifier l'attractivité des cultures de rente pour *Mp*. Ainsi les EPdS d'absinthe (*Artemisia absinthium* L.), d'ail (*Allium sativum* L.) et de tanaisie (*Tanacetum vulgare* L.) sont répulsives pour *Mp* avec des *IR* maximum de 50 % (Dancewicz et Gabrys, 2008). Des effets similaires sont observables pour des extraits de poireau (Amarawardana *et al.*, 2007). L'ensemble des travaux sur les HE et les EPdS montrent que la répulsion diffère selon les techniques d'obtention des solutions et donc de la composition du mélange, mais aussi de la concentration et du temps d'exposition. Par exemple, les EPdS de trois impatiences ou balsamines (*Impatiens noli-tangere* L., *Impatiens parviflora* DC., *Impatiens glandulifera* R.) ont des effets marqués sur *Mp* avec des taux de répulsion supérieurs à 50 % après 5 h pour des concentrations de 0,1 %. L'augmentation des concentrations et du temps d'exposition porte ce taux de répulsion à 100 % au bout de 40 h (Pavela *et al.*, 2009).

En plus de ces effets répulsifs, Pavela *et al.* (2009) ont aussi mis en évidence l'effet toxique de ces EPdS d'impatiences sur *Mp*, avec une mortalité de 30 % pour les concentrations les plus fortes 24 h après exposition. Là encore la mortalité augmente avec la concentration de l'extrait, et peut être complète 54 h après exposition. D'autres EPdS ont aussi des effets toxiques, comme la tanaisie (*Tanacetum vulgare* L.) et la dokudami, ou poivre de Chine

(*Houttuynia cordata* Thunb.), qui provoquent un taux de mortalité chez *Mp* proche de 80 % (Ikeura *et al.*, 2012). La pulvérisation d'extraits d'olives, obtenus avec différents solvants (acétone, méthanol, pétroleum), sur des feuilles de poivron a un effet létal sur *Mp*. Cet effet est visible à faible concentration (0,1 %) avec une mortalité de 60 %, mais aussi avec des concentrations plus forte (10 %), entraînant des mortalités proches de 100 % (Hamouda *et al.*, 2015). Les HE d'achillée millefeuille (*Achillea millefolium* L.), d'absinthe (*Artemisia absinthium* L.), de santoline petit-cyprès (*Santolina chamaecyparissus* L.), d'œillet d'Inde (*Tagetes patula* L.) et de tanaisie (*Tanacetum vulgare* L.) sont, elles aussi, aphicides pour *Mp*. Le mécanisme d'action proposé de ces huiles est une inhibition de l'activité de l'acétylcholinestérase (AChE), une enzyme indispensable au bon fonctionnement neuronal (Czerniewicz *et al.*, 2018).

Ces huiles et ces extraits de plantes ont donc des effets répulsifs ou létaux sur *Mp* plutôt bien documentés. Cependant elles auraient d'autres effets sur le comportement alimentaire, l'oviposition ou la reproduction de ce puceron (Isman, 2020). Par exemple, la pulvérisation d'extrait aqueux d'ortie (*Urtica urens* L.) n'a pas d'effet répulsif et n'affecte pas la survie de *Mp*, mais réduirait néanmoins ses performances en augmentant le temps de développement du premier stade larvaire et en diminuant la fécondité de 27 % (Gaspari *et al.*, 2007). Il a aussi été montré que les EPdS et HE peuvent agir directement sur la transmission de virus.

Le mécanisme sous-jacent suspecté est une perturbation des sites spécifiques de liaison des virions sur le stylet ce qui réduit l'efficacité de transmission (Wang et Pirone, 1996). Cependant les principaux mécanismes permettant la régulation des virus sont probablement des mécanismes indirects ciblant le vecteur de ces virus, ici *Mp*. Ainsi toutes perturbations présentées précédemment, qui agissent sur le puceron peuvent potentiellement avoir des répercussions sur la transmission de virus.

HE et EPdS : des leviers complémentaires aux PdS ?

La régulation de *Mp* par l'utilisation de PdS directement dans les cultures, est un levier à fort potentiel. Ce levier nécessite néanmoins une bonne compréhension des interactions au sein de ces écosystèmes afin de réduire les limites d'utilisation et l'apparition de disservices comme évoqué dans les chapitres précédents. L'utilisation de produits dérivés des PdS comme les HE et extraction permettrait de s'affranchir d'une grande partie des limites énoncées précédemment. Ainsi les ressources nutritives ou florales ne sont pas affectées, tout comme les surfaces dédiées à la culture de rente. Cependant d'autres problématiques sont spécifiques à ce levier, et celles notamment liées à la persistance dans l'environnement. Les huiles sont en effet sensibles au lessivage par la pluie ou l'irrigation, et sont fortement dégradées par les UV, ce qui peut réduire leur durabilité. Par ailleurs, la phytotoxicité potentielle des HE est aussi à prendre en compte, car elle peut avoir des effets négatifs sur la culture de rente, notamment sur sa croissance et sa *fitness* (Werrie *et al.*, 2020). Des effets plus ou moins délétères sont possibles selon le mode d'application, les concentrations utilisées, la culture de rente et les paramètres physico-chimiques du milieu. Par exemple, certains monoterpènes, particulièrement le camphre et le menthol (forme chirale non spécifiée), peuvent avoir des effets délétères sur la cire cuticulaire et la dynamique des stomates, perturbant alors les phénomènes d'évapotranspiration de la plante et entraînant un phénomène de dessiccation (Schulz *et al.*, 2007). En fonction de leurs caractéristiques physico-chimiques, certains composés sont capables d'agir sur les membranes des cellules et d'entraîner leur dépolarisation. Cet effet est d'autant plus fort que les molécules présentent un faible coefficient de partage octanol/eau (*Kow*) (Maffei *et al.*, 2001). Loin d'être anodine, cette dépolarisation de la membrane peut induire une perturbation des flux d'ions et plus particulièrement des ions calcium, qui intervient dans la régulation d'enzymes et de protéines, et

comme messagers secondaires dans la transduction de signaux et l'expression des gènes (Marcec *et al.*, 2019). Des études dans des dispositifs artificiels indiquent que les monoterpènes comme le camphre, le cinéole, le thymol, le menthol et le géraniol peuvent traverser les membranes des végétaux et perturber le fonctionnement cellulaire (Turina *et al.*, 2006). Ces composés peuvent également induire la production d'espèces réactives de l'oxygène, qui pourront réagir avec les lipides et altérer les chloroplastes et les mitochondries (Turina *et al.*, 2006). Cela peut induire une diminution de la photosynthèse (Poonpaiboonpipat *et al.*, 2013) et, dans les cas les plus extrêmes, la destruction des cellules (Sunohara *et al.*, 2015).

Ainsi l'utilisation de produits dérivés des PdS est un levier prometteur dans le cadre de la régulation du ravageur *Mp*. Ce levier possède néanmoins lui aussi des limites d'utilisation qu'il convient de parfaitement maîtriser, afin d'optimiser les effets attendus et de limiter les risques d'apparition de disservices. Une solution complémentaire consiste à utiliser directement les médiateurs chimiques responsables des effets observées chez les PdS, les HE et les extractions. Ces médiateurs, que sont les COV, pourraient permettre une régulation encore plus fine et plus facilement adaptable aux cultures par le biais d'émission actives (pulvérisateurs) ou passives (diffuseurs).

4. Étude des médiateurs chimiques, les COV

Les COV produits par les PdS sont présents dans l'atmosphère. Médiateurs chimiques de la plupart des effets des PdS et, dans une moindre mesure, des effets des HE et EPdS sur *Mp*, on peut donc leur attribuer les mêmes propriétés. Ainsi des COV, seuls ou en mélange, peuvent être perçus par le puceron, agir directement sur son comportement ou ses performances, et même se révéler toxiques. Ils peuvent agir également sur la plante hôte en modifiant son métabolisme, et impacter de façon indirecte le puceron. L'identification et la quantification de

ces COV sont donc des étapes essentielles pour comprendre le mode d'action des PdS et les mécanismes biochimiques associés.

La production olfactive de la ciboulette et, plus généralement, ciboule des plantes du genre *Allium* spp., peut avoir un effet dissuasif pour *Mp* (Amarawardana *et al.*, 2007) qui semble lié à la production de COV à haute teneur en soufre (plus de 94 %) (Pino *et al.*, 2001), avec une abondance de thiosulfonates et de leurs produits de dégradation. Ils sont en partie responsables de la répulsion observée avec l'ail ou la ciboulette sur les pucerons (Auger *et al.*, 2002 ; Amarawardana *et al.*, 2007). De nombreux autres COV se sont révélés répulsifs pour *Mp* comme la carvone (Cantó-Tejero *et al.*, 2021) ou encore les molécules de (E)-anéthole, farnésol, (Z)-jasmane, citral (les deux énantiomères) et géraniol (Gutiérrez *et al.*, 1997 ; Dancewicz *et al.*, 2010 ; Cantó-Tejero *et al.*, 2021). Parmi les COV émis par le romarin ou son HE, l' α -terpineol, le terpinène-4-ol, le camphre, le linalool et le géranyl acétone se sont révélés répulsifs pour *Mp* (Hori, 1998 ; Dardouri *et al.*, 2019b). De même, parmi les principaux COV produits par le basilic et l'œillet d'inde, l'E- β -farnésène (phéromone d'alarme de *Mp*), l'eugénol, l'ocimène, la pipéritone, le β -caryophyllène, le géranyl acétone, le sabinène, le myrcène et l' α -terpinéol ont montré un effet répulsif sur *Mp* (Dardouri *et al.*, 2019a).

Les effets toxiques des plantes sont souvent reproduits et amplifiés par l'utilisation d'HE, de EPdS voire directement de COV. L'essentiel des études portant sur la toxicité des COV pour *Mp* sont ainsi réalisées à partir d'HE et d'EPdS et non de PdS. Une émulsion d'HE composée principalement d'eugénol, de thymol et de phénethylpropionate (formes chirales non spécifiées) comme ingrédients actifs provoque une forte mortalité de *Mp* à 24 h et présente une efficacité proche de 100 % pour les concentrations les plus importantes à 48 h (Isman, 2000). Le farnésol est connu pour induire de la mortalité chez *Mp* (Gutiérrez *et al.*, 1997). Son association avec l'(E)-anéthole (1:1) accroît cette toxicité, avec une mortalité atteignant 37 % en 48 h (Cantó-Tejero *et al.*, 2021). D'autres COV semblent induire des effets neurotoxiques comme

les mono- et sesquiterpénoïdes, qui agissent sur de multiples récepteurs du système nerveux (Isman, 2006 ; Isman, 2020). La plupart des HE sont composées d'un mélange de ces molécules. Par exemple, les monoterpénoïdes comme les terpinène, fenchone, linalool, S-carvone, géraniol, E-anéthole, estragole ou encore le camphre inhibent l'activité de l'acétylcholinestérase (AchE), entraînant des perturbations qui vont de la perte de locomotion à la mort des organismes (López et Pascual-Villalobos, 2010).

Les COV peuvent aussi agir sur le comportement et les performances de *Mp*. Les isoprénoïdes volatils, tels que la β -ionone et le camphène, sont produits et émis par les plantes de la plupart des groupes, des mousses aux angiospermes (Fineschi et Loreto, 2012). Ces composés perturbent l'alimentation de *Mp* (Dancewicz *et al.*, 2016). Des altérations des phases de sondage et des phases de salivation ou d'ingestion de sève élaborée sont visibles avec de nombreuses interruptions, réduisant ainsi le temps alloué à l'ingestion de sève, respectivement d'un facteur 4 et d'un facteur 20 en présence de β -ionone et de camphène. Ces perturbations peuvent donc agir sur l'acquisition et la dissémination de virus persistants (Feres *et al.*, 1997). D'autres altérations sont aussi présentes chez *Mp* à la suite d'une exposition à l'HE de carvi ou de cumin des prés. Cette huile contient près de 30 composés, parmi lesquels les principaux sont la caravone et le limonène (proportions respectivement de 40 à 80 % et de 40 à 50 %) (Sedláková *et al.*, 2011 ; Dancewicz *et al.*, 2015). En présence de la caravone, *Mp* diminue de façon notable son activité de sondage dans la sève élaborée. Le D-limonène, lui, diminue le nombre de prélèvements longue durée dans le phloème (Dancewicz *et al.*, 2015). Dans les deux cas, il y a une réduction du nombre de phases propices à l'acquisition et la dissémination de virus persistants durant l'alimentation de *Mp*. Les effets des terpènes sur *Mp* élevé sur poivron ont aussi été étudiés, et particulièrement ceux du géraniol, du farnésol et du bisabolène (Gutiérrez *et al.*, 1997). Ces composés, utilisés à la dose de 100 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, ont

réduit le nombre d'installations sur la plante hôte. Le bisabolène est le seul composé à perturber le sondage, avec une diminution de la durée de sondage total et de la durée totale des phases de *potentiel drop*, propices à l'acquisition et dissémination de virus non persistants (les phases de *potentiel drop* sont de courtes phases provoquées par la pénétration du stylet à l'intérieur de cellules localisées au niveau du parenchyme ; ces phases sont elles mêmes composées d'une étape de salivation et d'aspiration). Les COV libérés par les HE peuvent aussi avoir des effets sur la reproduction. Petrakis *et al.* (2014) montrent par exemple que les HE de *Origanum majorana* et *Melissa officinalis* réduisent la fécondité et la durée de vie de *Mp*. Les COV libérés par l'HE d'œillet d'Inde réduisent également la fécondité de *Mp* (Tomova *et al.*, 2005). En testant individuellement certains d'entre eux, les auteurs concluent que les sesquiterpènes comme le β -caryophyllène sont plus efficaces que les monoterpènes pour réduire la fécondité de *Mp*.

Les COV des PdS peuvent aussi avoir des effets indirects sur les ravageurs par stimulation de la plante hôte. Plusieurs études au champ en témoignent. Ainsi des plants de tabac (*Nicotiana attenuata* Toor. ex S. Warson) cultivés avec des *Artemisia tridentata* Nutt., acquièrent une concentration notable de polyphénol oxydase, ce qui affecte la présence de ravageurs (Karban *et al.*, 2000). L'explication avancée est le rôle du méthyljasmonate produit par *Artemisia tridentata* Nutt., qui amplifie l'émission de COV défensifs chez le tabac. Cet effet a aussi été montré pour le (E)- β -ocimène (Birkett *et al.*, 2000) et les acides hydroxamiques dans le blé (Slesak *et al.*, 2001). On dispose également d'essais en laboratoire. Après une diffusion de 24 h, le β -ocimène induit des effets sur les plants de chou chinois. La colonisation de *Mp* sur ces plants prétraités en est fortement réduite, avec une diminution de sa fécondité (Kang *et al.*, 2018). Les auteurs mettent en évidence une perturbation du comportement alimentaire, avec des phases de sondage plus nombreuses mais de durées totales plus faibles, et une diminution des phases de nutrition dans le phloème. Cela réduit potentiellement la

dissémination de virus persistants, mais augmente conjointement celle des virus non persistants, ce qui illustre bien la notion de service/disservice d'un traitement. Ces effets sur la nutrition ont une incidence sur la masse des pucerons qui est plus faible, ce qui diminue leur *fitness*, leur pouvoir de nuisance et leur potentiel de croissance démographique. Une autre possibilité d'interaction est l'adsorption des COV de PdS sur la surface foliaire des plantes cultivées. Ce mécanisme a été mis en évidence sur les feuilles de *Betula pendula* Roth. qui adsorbent les COV provenant de *Rhododendron tomentosum* avant de les réémettre (Himanen *et al.*, 2010). Certains COV agissent aussi sur le comportement des ennemis naturels, contribuant ainsi à la régulation des ravageurs. C'est par exemple le cas du farnésol qui est attractif pour les femelles d'*Aphidius colemani*, un parasitoïde de *Mp* (Cantó-Tejero *et al.*, 2021).

5. Les PdS et produits associés, un des leviers prometteurs dans la conception de nouveaux systèmes de culture

De nombreuses études laissent espérer que les PdS ou leurs produits dérivés (HE, EPdS, COV) seront utilisés dans un avenir proche pour contrôler *Mp*, principal vecteur de virus. En effet, ces PdS peuvent agir directement sur le ravageur dans la culture de rente en agissant sur la détection et l'attractivité de la culture, en détournant le ravageur des zones d'intérêts économiques vers des cultures pièges, ou en limitant son déplacement dans les parcelles. Les PdS peuvent perturber le cycle de développement de *Mp* ou limiter la transmission de virus durant les phases d'alimentation. Des effets indirects sont aussi possibles, via l'attraction d'ennemis naturels et leur pérennisation dans les cultures, ou encore la modification de la composition des plantes cultivées. Cependant l'introduction des PdS dans un environnement agricole induit inévitablement de la complexité pouvant se traduire par l'apparition éventuelle de disservices réduisant les rendements des cultures

protégées. Avant d'intégrer ces PdS dans des écosystèmes, il semble donc important de prendre en compte non plus uniquement les effets de ces PdS sur *Mp* mais aussi les interactions possibles entre les différentes niches écologiques.

La compréhension des interactions des PdS avec le système agricole passe d'abord par l'étude des modes d'actions des médiateurs chimiques que sont les COV en milieu contrôlé, complétées par des applications pratiques. L'extrapolation directe de ces observations peut néanmoins s'avérer hasardeuse vu la difficulté de reproduire au champ les effets observés en laboratoire. Les effets des PdS sur *Mp* sont souvent dépendants du contexte tels que la diversité des pathosystèmes, des PdS et des modes d'action étudiés, ainsi que la variabilité des conditions expérimentales (climat, conduite de culture, stade phénologique des plantes, clone de ravageur). Cela montre la nécessité d'intégrer dans les études ultérieures cette complexité des écosystèmes agricoles et notamment la variabilité spatiale et temporelle.

L'utilisation des PdS impliquant une installation pérenne d'ennemis naturels demande souvent des suivis à long termes avant d'en percevoir un bénéfice économique, alors que le temps consacré aux expérimentations est généralement plus court. L'obtention d'informations sur l'évolution des interactions à plus long terme, les adaptations potentielles des espèces déjà présentes ainsi que l'arrivée éventuelle de nouvelles espèces, ravageurs ou ennemis naturels, se heurtent ainsi à la difficulté d'effectuer des essais sur plusieurs années.

L'adoption et la mise en œuvre de méthodes alternatives aux pesticides, fondées sur l'utilisation des PdS, restent actuellement limitées du fait du surcoût de travail qu'elles nécessitent. En effet, le coût économique de la mise en place des PdS, avec notamment l'entretien, l'élimination, ou la diminution des surfaces de cultures, sont facilement perceptibles et quantifiables par les producteurs, alors que l'évaluation des avantages et services (y compris écosystémiques) apportés par les PdS est beaucoup plus difficile à réaliser. Un

accompagnement des producteurs pour l'utilisation des PdS semble donc indispensable, afin d'optimiser les effets attendus, d'identifier les limitations et de restreindre l'apparition de disservices.

La conception de systèmes de culture plus durables inclus nécessairement un changement de perspective. L'objectif *in fine*, n'est plus l'éradication de *Mp* conduisant au développement de populations de plus en plus résistantes, mais la diminution des dommages jusqu'à un seuil acceptable afin de garantir la rentabilité des cultures. Les PdS, seules, ne le permettront sans doute pas, et il faut donc s'orienter vers des systèmes et des conduites de cultures plus complexes, qui associent plusieurs leviers de lutte contre les ravageurs. Ainsi de nombreuses recherches portant sur la lutte contre des ravageurs des cultures, envisagent la combinaison de leviers comme l'aménagement de la culture, l'ingénierie génétique et création de nouvelles variétés, le niveau de fertilisation, l'association des PdS ou encore l'application de stimulateur de défense des plantes. Les méta-analyses de données expérimentales et les techniques de modélisation nous guideront sans doute demain dans la conception de ces nouveaux systèmes de culture, afin de les adapter aux particularités environnementales (climat, paysage) et agronomiques de chaque parcelle cultivée.

6. Conclusion

L'utilisation des PdS s'intègre parfaitement dans le cadre du développement de nouvelles stratégies de lutte contre les ravageurs et notamment *Mp*. Bien que nécessitant encore des études pour mieux comprendre les mécanismes impliqués et améliorer leur efficacité, les PdS ou leurs produits dérivés sont l'une des clefs permettant un changement de paradigme dans la gestion des ravageurs. La conception de systèmes de culture plus durables, compétitifs et rentables passera nécessairement par la mise au point de stratégies de combinaison et la potentialisation

Notes académiques de l'Académie d'agriculture de France
Academic Notes from the French Academy of Agriculture
(N3AF)
Note de synthèse

des effets de plusieurs leviers à réfléchir et à adapter en fonction de l'environnement afin de réduire les dommages de ces ravageurs à un niveau qui est économiquement acceptable.

Remerciements

Cette synthèse bibliographique a été faite durant le projet SERVIR dans le cadre du PNRI intitulé : « Vers des solutions opérationnelles contre la jaunisse de la betterave sucrière ».

Références

- Alegbejo MD, Uvah, II. 1987. Effect of intercropping pepper with tall companion crops on the incidence of Pepper vein mottle virus on pepper, *Nigerian J Entomology*, 7, 82-87.
- Amarawardana L, Bandara P, Kumar V, Pettersson J, Ninkovic V, Glinwood R. 2007. Olfactory response of *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae) to volatiles from leek and chive: Potential for intercropping with sweet pepper, *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science*, 57, 87-91.
- Ameline A, Dorland J, Werrie PY, Couty A, Fauconnier ML, Lateur M, Doury G. 2022. *Geranium macrorrhizum*, a potential novel companion plant affecting preference and performance of *Myzus persicae* on sweet pepper, *Journal of Pest Science*, 96, 671-682.
- Åsman K. 2002. Trap cropping effect on oviposition behaviour of the leek moth *Acrolepiopsis assectella* and the diamondback moth *Plutella xylostella*, *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 105, 153-164.
- Auger J, Dugravot S, Naudin A, Abo-Ghalia A, Pierre D, Thibout E. 2002. Utilisation des composés allélochimiques des *Allium* en tant qu'insecticide, *Proceedings of the working group meeting, September 25-29, Samos (GR)*, 295-306.
- Verdugo JA, Francis F, Ramírez CC. 2016. A review on the complexity of insect-plant interactions under varying levels of resources and host resistance: the case of *Myzus persicae*-*Prunus persica*, *BASE*, 20, 533-541.
- Avilla C, Collar JL, Duque M, Hernáiz P, Martín B, Fereres A. 1996. Cultivos barrera como método de control de virus no persistentes en pimiento, *Bol, San, Veg, Plagas*, 22, 301-307.
- Bass C, Puinean AM, Zimmer CT, Denholm I, Field LM, Foster SP, Gutbrod O, Nauen R, Slater R, Williamson MS. 2014. The evolution of insecticide resistance in the peach potato aphid, *Myzus persicae*, *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 51, 41-51.
- Baudry X, Doury G, Couty A, Fourdrain Y, Van Havermaet R, Lateur M, Ameline, A. 2021. Antagonist effects of the leek *Allium porrum* as a companion plant on aphid host plant colonization *Scientific Reports*, 11, 4032.
- Ben-Issa R, Gautier H, Costagliola G, Gomez L. 2016. Which companion plants affect the performance of green peach aphid on host plants? Testing of 12 candidate plants under laboratory conditions, *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 160, 164-178.
- Ben-Issa R, Gautier H, Gomez L. 2017a. Influence of neighbouring companion plants on the performance of aphid populations on sweet pepper plants under greenhouse conditions, *Agricultural and Forest Entomology*, 19, 181-191.
- Ben-Issa R, Gomez L, Gautier H. 2017b. Companion plants for aphid pest management, *Insects*, 8, 112.
- Bennison JA, Corless SP. 1993. Biological control of aphids on cucumbers: further development of open rearing units or « banker plants » to aid establishment of aphid natural

Notes académiques de l'Académie d'agriculture de France
Academic Notes from the French Academy of Agriculture
(N3AF)
Note de synthèse

- enemies, *Contributions working group meeting*, Pacific Grove, California, 5-8.
- Birkett MA, Campbell CAM, Chamberlain K, Guerrieri E, Hick AJ, Martin JL, Matthes M, Napier JA, Pettersson J, Pickett JA, Poppy GM, Pow EM, Pye BJ, Smart LE, Wadhams GH, Wadhams LJ, Woodcock CM. 2000. New roles for cis-jasmone as an insect semiochemical and in plant defense, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97, 9329-9334.
- Blackman RL, Eastop VF. 2000. *Aphids on the world's crops: an identification and information guide*, John Wiley and Sons, Ltd., New York
- Blackman RL, Eastop VF. 1984. *Aphids on the world's crops: An identification and information guide*, John Wiley and Sons, Ltd., New York
- Blümel, S, Hausdorf, H. 1996. Greenhouse trials for the control of aphids on cut-roses with the chalcid *Aphelinus abdominalis* Dalm. (Aphelinidae, Hymen.), *Anzeiger für Schädlingskunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz*, 69, 64-69.
- Bottenberg, H, Irwin, ME. 1992. Using mixed cropping to limit seed mottling induced by soybean mosaic virus, *Plant disease*, 76, 304-306.
- Cantó-Tejero M, Casas JL, Marcos-García MÁ, Pascual-Villalobos MJ, Florencio-Ortiz V, Guirao P. 2021. Essential oils-based repellents for the management of *Myzus persicae* and *Macrosiphum euphorbiae*, *Journal of Pest Science*, 95, 365-379.
- Castle SJ, Mowry TM, Berger PH. 1998. Differential settling by *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae) on various virus infected host plants, *Annals of the Entomological Society of America*, 91, 661-667.
- CGB. 2021. Rapport annuel de la Confédération générale des planteurs de betteraves 2021. <https://www.cgb-france.fr/wp-content/uploads/2021/12/Rapport-Annuel-CGB-BD.pdf>, last access 2023/07/05
- Chopra AK, Sharma MK, Chamoli S. 2011. Bioaccumulation of organochlorine pesticides in aquatic system—an overview, *Environmental Monitoring and Assessment*, 173, 905-916.
- Collins KL, Boatman ND, Wilcox A, Holland JM. 2003. Effects of different grass treatments used to create overwintering habitat for predatory arthropods on arable farmland, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 96, 59-67.
- Cook SM, Khan ZR, Pickett JA. 2007. The use of push-pull strategies in integrated pest management, *Annual Review of Entomology*, 52, 375-400.
- Czerniewicz P, Chrzanowski G, Sprawka I, Sytykiewicz H. 2018. Aphicidal activity of selected Asteraceae essential oils and their effect on enzyme activities of the green peach aphid, *Myzus persicae* (Sulzer), *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 145, 84-92.
- Dancewicz K, Gabrys B. 2008. Effect of extracts of garlic (*Allium sativum* L.), wormwood (*Artemisia absinthium* L.) and tansy (*Tanacetum vulgare* L.) on the behaviour of the peach potato aphid *Myzus persicae* (Sulz.) during the settling on plants, *Pestycydy*, 93-99.
- Dancewicz K, Gabrys B, Nowak L, Szumny A, Wróblewska-Kurdyk A. 2015. In search of biopesticides: The effect of caraway *Carum carvi* essential oil and its major constituents on peach potato aphid *Myzus persicae* probing behavior, *Acta Biologica*, 22, 51-62.
- Dancewicz K, Gliszczynska A, Halarewicz A, Wawrzencyk C, Gabrys B. 2010. Effect of farnesol and its synthetic derivatives on the settling behaviour of the peach potato aphid *Myzus persicae* (Sulz.), *Pestycydy*, 1-4, 51-57.
- Dancewicz K, Kordan B, Szumny A, Gabrys B. 2012. Aphid behaviour-modifying activity of

Notes académiques de l'Académie d'agriculture de France
Academic Notes from the French Academy of Agriculture
(N3AF)
Note de synthèse

- essential oils from *Lamiaceae* and *Apiaceae*, *Aphids and other hemipterous insects*, 18, 93-100.
- Dancewicz K, Sznajder K, Załuski D, Kordan B, Gabryś B. 2016. Behavioral sensitivity of *Myzus persicae* to volatile isoprenoids in plant tissues, *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 160, 229-240.
- Dardouri T, Gautier H, Ben-Issa R, Costagliola G, Gomez L. 2019a, Repellence of *Myzus persicae* (Sulzer): evidence of two modes of action of volatiles from selected living aromatic plants, *Pest Management Science*, 75, 1571-1584.
- Dardouri T, Gautier H, Costagliola G, Gomez L. 2017. How French marigold (*Tagetes patula* L.) volatiles can affect the performance of green peach aphid, *IOBC-WPRS*, 123,71-78.
- Dardouri T, Gomez L, Ameline A, Costagliola G, Schoeny A, Gautier H. 2021. Non-host volatiles disturb the feeding behavior and reduce the fecundity of the green peach aphid, *Myzus persicae*, *Pest Management Science*, 77, 1705-1713.
- Dardouri T, Gomez L, Schoeny A, Costagliola G, Gautier H. 2019b, Behavioural response of green peach aphid *Myzus persicae* (Sulzer) to volatiles from different rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) clones, *Agricultural and Forest Entomology*, 21, 336-345.
- Decourtye A, Devillers J, Genecque E, Menach KL, Budzinski H, Cluzeau S, Pham-Delègue MH. 2005. Comparative sublethal toxicity of nine pesticides on olfactory learning performances of the honeybee *Apis mellifera*, *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 48, 242-250.
- Deol GS, Rataul HS. 1978. Role of various barrier crops in reducing the incidence of Cucumber mosaic virus in chilli, *Capsicum annum* Linn, *Indian journal of entomology*, 40, 261-264.
- Difonzo CD, Ragsdale DW, Radcliffe EB, Gudmestad NC, Secor GA. 1996. Crop borders reduce potato virus Y incidence in seed potato, *Annals of Applied Biology*, 129, 289-302.
- Dudareva N, Negre F, Nagegowda DA, Orlova I. 2006. Plant volatiles: Recent advances and future perspectives, *Critical Reviews in Plant Sciences*, 25, 417-440.
- van Emden HF, Eastop VF, Hughes RD, Way MJ. 1969. The ecology of *Myzus persicae*, *Annual Review of Entomology*, 14, 197-270.
- van Emden HF, Harrington R. 2007. *Aphids as crop pests*, CABI Publishing, London, 2007, 717 p.
- Escudero-Martinez C, Leybourne DJ, Bos JI [, B]. 2021. Plant resistance in different cell layers affects aphid probing and feeding behaviour during non-host and poor-host interactions, *Bulletin of Entomological Research*, 111, 31-38.
- Fereres A. 2000. Barrier crops as a cultural control measure of non-persistently transmitted aphid-borne viruses, *Virus Research*, 71, 221-231.
- Fereres A, Tjallingii WF, Collar JL, Martin B. 1997. Intracellular ingestion and salivation by aphids may cause the acquisition and inoculation of non-persistently transmitted plant viruses, *Journal of General Virology*, 78, 2701-2705.
- Fernandez-Quintanilla C, Fereres A, Godfrey L, Norris RF. 2002. Development and reproduction of *Myzus persicae* and *Aphis fabae* (Hom, Aphididae) on selected weed species surrounding sugar beet fields, *Journal of Applied Entomology*, 126, 198-202.
- Fiedler A, Tuell J, Isaacs R, Landis D. 2007. Attracting beneficial insects with native flowering plants, Michigan State University, <https://www.canr.msu.edu/uploads/files/e2973.pdf>, last access 2023/05/07.

Notes académiques de l'Académie d'agriculture de France
Academic Notes from the French Academy of Agriculture
(N3AF)
Note de synthèse

- Fineschi S, Loreto F. 2012. Leaf volatile isoprenoids: an important defensive armament in forest tree species, *iForest - Biogeosciences and Forestry*, 5, 13-17.
- Free JB. 1993. *Insect pollination of crops* (2nd ed), Academic Press, London, UK, 684 p.
- Fulton MH, Key PB. 2001. Acetylcholinesterase inhibition in estuarine fish and invertebrates as an indicator of organophosphorus insecticide exposure and effects, *Environmental Toxicology and Chemistry*, 20, 37-45.
- Gaspari M, Lykouressis D, Perdakis D, Polissiou M. 2007. Nettle extract effects on the aphid *Myzus persicae* and its natural enemy, the predator *Macrolophus pygmaeus* (Hem, *Miridae*), *Journal of Applied Entomology*, 131, 652-657.
- Glinwood R, Ninkovic V, Pettersson J. 2011. Chemical interaction between undamaged plants – Effects on herbivores and natural enemies, *Phytochemistry*, 72, 1683-1689.
- Glinwood R, Pettersson J, Ahmed E, Ninkovic V, Birkett M, Pickett J. 2003. Change in acceptability of barley plants to aphids after exposure to allelochemicals from couch-grass (*Elytrigia repens*), *Journal of Chemical Ecology*, 29, 261-274.
- Goh, HG, Kim, JH, Han, MW. 2001. Application of *Aphidius colemani* Viereck for control of the aphid in greenhouse, *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 4, 171-174.
- Gonsalves, D, Ferreira, S. 2003. Transgenic papaya: A case for managing risks of papaya ringspot virus in Hawaii, *Plant Health Progress*, 4, 17.
- Gurr GM, Wratten SD, Altieri MA. 2004. *Ecological engineering for pest management: Advances in habitat manipulation for arthropods*, Csiro Publishing, Collingwood, Victoria, 244 p.
- Gurr GM, Wratten SD, Landis DA, You M. 2017. Habitat management to suppress pest populations: Progress and prospects, *Annual Review of Entomology*, 62, 91-109.
- Gutiérrez C, Fereres A, Reina M, Cabrera R, González-Coloma A. 1997. Behavioral and sublethal effects of structurally related lower terpenes on *Myzus persicae*, *Journal of Chemical Ecology*, 23, 1641-1650.
- Hansen LS. 1983. Introduction of *Aphidoletes aphidimyza* (Rond.) (Diptera: *Cecidomyiidae*) from an open rearing unit for the control of aphids in glasshouses, *Bulletin SROP* 6, 146-150.
- Hamouda AB, Boussadia O, Khaoula B, Laarif A, Braham M. 2015. Studies on insecticidal and deterrent effects of olive leaf extracts on *Myzus persicae* and *Phthorimaea operculella*, *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 3, 294-297.
- Himanen SJ, Blande JD, Klemola T, Pulkkinen J, Heijari J, Holopainen JK. 2010. Birch (*Betula spp.*) leaves adsorb and re-release volatiles specific to neighbouring plants – a mechanism for associational herbivore resistance?, *New Phytologist*, 186, 722-732.
- Hofsvang, T, Hågvar, EB. 1979. Different introduction methods of *Ephedrus cerasicola* Stary to control *Myzus persicae* (Sulzer) in small paprika glasshouses, *Zeitschrift für Angewandte Entomologie* 88, 16-23.
- Hokkanen HMT. 1991. Trap cropping in pest management, *Annual Review in Entomology*, 36, 119-138.
- Holopainen JK. 2004. Multiple functions of inducible plant volatiles, *Trends in Plant Science*, 9, 529-533.
- Holzschuh A, Dudenhöffer JH, Tschamtker T. 2012. Landscapes with wild bee habitats enhance pollination, fruit set and yield of sweet cherry, *Biological Conservation*, 153, 101-107.

Notes académiques de l'Académie d'agriculture de France
Academic Notes from the French Academy of Agriculture
(N3AF)
Note de synthèse

- Hooks CRR, Fereres A. 2006. Protecting crops from non-persistently aphid-transmitted viruses: A review on the use of barrier plants as a management tool, *Virus Research*, 120, 1-16.
- Hori M. 1998. Repellency of rosemary oil against *Myzus persicae* in a laboratory and in a greenhouse, *Journal of Chemical Ecology*, 24, 1425-1432.
- Huang F, Tjallingii WF, Zhang P, Zhang J, Lu Y, Lin J. 2012. EPG waveform characteristics of solenopsis mealybug stylet penetration on cotton, *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 143, 47-54.
- Hull. 2002. *Matthews' Plant Virology*, Academic Press, San Diego, California, 1001 p.
- Ikeura H, Kobayashi F, Hayata Y. 2012. Repellent effect of herb extracts on the population of wingless green peach aphid, *Myzus persicae* Sulzer (Hemiptera: Aphididae), *Journal of Agricultural Science*, 4, 139.
- Isman MB. 2006. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world, *Annual Review of Entomology*, 51, 45-66.
- Isman MB. 2020. Commercial development of plant essential oils and their constituents as active ingredients in bioinsecticides, *Phytochemistry Reviews*, 19, 235-241.
- Isman MB. 2000. Plant essential oils for pest and disease management, *Crop Protection*, 19, 603-608.
- Jandricic SE, Dale AG, Bader A, Frank SD. 2014. The effect of banker plant species on the fitness of *Aphidius colemani* Viereck and its aphid host (*Rhopalosiphum padi* L.), *Biological Control*, 76, 28-35.
- Jayasena KW, Randles JW. 1985. The effect of insecticides and a plant barrier row on aphid populations and the spread of bean yellow mosaic potyvirus and subterranean clover red leaf luteovirus in *Vicia faba* in South Australia, *Annals of Applied Biology*, 107, 355-364.
- Jenkinson JG. 1955. The incidence and control of cauliflower mosaic in broccoli in south-west England, *Annals of Applied Biology*, 43, 409-422.
- Jones RAC. 1993. Effects of cereal borders, admixture with cereals and plant density on the spread of bean yellow mosaic potyvirus into narrow-leaved lupins (*Lupinus angustifolius*), *Annals of Applied Biology*, 122, 501-518.
- Kang ZW, Liu FH, Zhang ZF, Tian HG, Liu TX. 2018. Volatile β -ocimene can regulate developmental performance of peach aphid *Myzus persicae* through activation of defense responses in Chinese cabbage *Brassica pekinensis*, *Frontiers in Plant Science*, 9, 708.
- Karban R, Baldwin IT, Baxter KJ, Laue G, Felton GW. 2000. Communication between plants: induced resistance in wild tobacco plants following clipping of neighboring sagebrush, *Oecologia*, 125, 66-71.
- Kawahara J, Horikoshi R, Yamaguchi T, Kumagai K, Yanagisawa Y. 2005. Air pollution and young children's inhalation exposure to organophosphorus pesticide in an agricultural community in Japan, *Environment International*, 31, 1123-1132.
- Kookana RS, Baskaran S, Naidu R. 1998. Pesticide fate and behaviour in Australian soils in relation to contamination and management of soil and water, *Soil Research*, 36, 715.
- Kuo-Sell HL. 1987. Some bionomics of the predacious aphid midge, *Aphidoletes aphidimyza* (Rond.) (Diptera: Cecidomyiidae), and the possibility of using the rose grain aphid, *Metopolophium dirhodum* (Wlk.), as an alternative prey in an open rearing unit in greenhouses, *Integrated and biological control in protected crops*. AA Balkema, Rotterdam, The Netherlands, 151-161.

Notes académiques de l'Académie d'agriculture de France
Academic Notes from the French Academy of Agriculture
(N3AF)
Note de synthèse

- Lai R, You M, Lotz LAP, Vasseur L. 2011. Response of green peach aphids and other arthropods to garlic intercropped with tobacco, *Agronomy Journal*, 103, 856-863.
- Lai R, You M, Zhu C, Gu G, Lin Z, Liao L, Lin L, Zhong X. 2017. *Myzus persicae* and aphid-transmitted viral disease control via variety intercropping in flue-cured tobacco, *Crop Protection*, 100, 157-162.
- Landis DA, Wratten SD, Gurr GM. 2000. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture, *Annual Review of Entomology*, 45, 175-201.
- Le Goff G, Giraudo M. 2019. Effects of pesticides on the environment and insecticide resistance. In *Olfactory Concepts of Insect Control - Alternative to insecticides*, Edition Picimbon Springer, 51-78.
- Leistra M, Boesten JJTI. 1989. Pesticide contamination of groundwater in western Europe, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 26, 369-389.
- López MD, Pascual-Villalobos MJ. 2010. Mode of inhibition of acetylcholinesterase by monoterpenoids and implications for pest control, *Industrial Crops and Products*, 31, 284-288.
- Maffei, M, Camusso, W, Sacco, S. 2001. Effect of *Mentha × piperita* essential oil and monoterpenes on cucumber root membrane potential, *Phytochemistry*, 58, 703-707,
- Mahmood I, Imadi SR, Shazadi K, Gul A, Hakeem KR. 2016. *Effects of pesticides on environment*. In Hakeem KR, Akhtar MSk Abdullah, SNA (eds) *Plant, Soil and Microbes*, Springer International Publishing, Cham, 253-269.
- Manachini B, Casati P, Cinanni L, Bianco P. 2007. Role of *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) and its secondary hosts in plum pox virus propagation, *Journal of Economic Entomology*, 100, 1047-1052.
- Maffei, M, Camusso, W, Sacco, S. 2001. Effect of *Mentha × piperita* essential oil and monoterpenes on cucumber root membrane potential, *Phytochemistry*, 58, 703-707.
- Nafziger TD, Fadamiro HY. 2011. Suitability of some farmscaping plants as nectar sources for the parasitoid wasp, *Microplitis croceipes* (Hymenoptera: *Braconidae*): Effects on longevity and body nutrients, *Biological Control*, 56, 225-229.
- Nault LR. 1997. Arthropod transmission of plant viruses: a new synthesis, *Annals of the Entomological Society of America*, 90, 521-541.
- Ng JCK, Perry KL. 2004. Transmission of plant viruses by aphid vectors, *Molecular Plant Pathology*, 5, 505-511.
- Novoplansky A. 2009. Picking battles wisely: plant behaviour under competition, *Plant, Cell & Environment*, 32, 726-741.
- Parolin P, Bresch C, Desneux N, Brun R, Bout A, Boll R, Poncet C. 2012a, Secondary plants used in biological control, *International Journal of Pest Management*, 58, 91-100.
- Parolin P, Bresch C, Poncet C, Desneux N. 2012b, Functional characteristics of secondary plants for increased pest management, *International Journal of Pest Management*, 58, 369-377.
- Pavela R, Vrchotová N, Šerá B. 2009. Repellency and toxicity of three *Impatiens* species (*Balsaminaceae*) extracts on *Myzus persicae* Sulzer (Homoptera: Aphididae), *Journal of Biopesticides*, 2, 48-51.
- Pino JA, Fuentes V, Correa MT. 2001. Volatile constituents of Chinese chive (*Allium tuberosum* Rottl, ex Sprengel) and Rakkyo (*Allium chinense* G, Don), *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 1328-1330.

Notes académiques de l'Académie d'agriculture de France
Academic Notes from the French Academy of Agriculture
(N3AF)
Note de synthèse

- Pinto ZV, Rezende JAM, Yuki VA, de Stefano Piedade SM. 2008. Ability of *Aphis gossypii* and *Myzus persicae* to transmit cucumber mosaic virus in single and mixed infection with two potyviruses to zucchini squash, *Summa Phytopathologica*, 34, 183-185.
- Pollier A, Tricault Y, Plantegenest M, Bischoff, A. 2019. Sowing of margin strips rich in floral resources improves herbivore control in adjacent crop fields, *Agricultural and Forest Entomology*, 21, 119-129.
- Poonpaiboonpipat T, Pangnakorn U, Suvunnamek U, Teerarak M, Charoenying P, Laosinwattana C. 2013. Phytotoxic effects of essential oil from *Cymbopogon citratus* and its physiological mechanisms on barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*), *Industrial Crops and Products*, 41, 403-407.
- Potts MJ, Gunadi N. 1991. The influence of intercropping with *Allium* on some insect populations in potato (*Solanum tuberosum*), *Annals of Applied Biology*, 119, 207-213.
- Radcliffe EB. 1982. Insect pests of potato, *Annual Review of Entomology*, 27, 173-204.
- Russell GE. 1965. Some effects of resistance to organophosphorus insecticides in *Myzus persicae* (Sulz.) on the transmission of beet yellowing viruses, *Bulletin of Entomological Research*, 56, 191-196.
- Saucke H, et Döring TF. 2004. Potato virus Y reduction by straw mulch in organic potatoes, *Annals of Applied Biology*, 144, 347-355.
- Sauge MH, Kervella J, Pascal T. 1998. Settling behaviour and reproductive potential of the green peach aphid *Myzus persicae* on peach varieties and a related wild *Prunus*, *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 89, 233-242.
- Schulz M, Kussmann P, Knop M, Kriegs B, Gresens F, Eichert T, Ulbrich A, Marx F, Fabricius H, Goldbach H, Noga G. 2007. Allelopathic monoterpenes interfere with *Arabidopsis thaliana* cuticular waxes and enhance transpiration, *Plant Signal Behav*, 2, 231-239.
- Sedláková J, Kocourková B, Lojková L, Kubáň V. 2011. The essential oil content in caraway species (*Carum carvi* L.), *Horticultural Science*, 30, 73-79.
- Shelton AM, Badenes-Perez FR. 2006. Concepts and applications of trap cropping in pest management, *Annual Review of Entomology*, 51, 285-308.
- Shelton AM, Nault BA. 2004. Dead-end trap cropping: a technique to improve management of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: *Plutellidae*), *Crop Protection*, 23, 497-503.
- Simons JN. 1957. Effects of insecticides and physical barriers on field spread of pepper veinbanding mosaic virus, *Phytopathology*, 47, 139-145.
- Slesak E, Slesak M, Gabrys B. 2001. Effect of methyl jasmonate on hydroxamic acid content, protease activity, and bird cherry-oat aphid *Rhopalosiphum padi* (L.) probing behavior, *Journal of Chemical Ecology*, 27, 2529-2543.
- Soloneski S, Larramendy M. 2013. *Weed and pest control conventional and new challenges*, BoD – Books on Demand.
- Stadler B, Dixon AFG. 2005. Ecology and evolution of aphid-ant interactions, *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 36, 345-372.
- Stacey DL. 1977. 'Banker' plant production of *Encarsia formosa* Gahan and its use in the control of glasshouse whitefly on tomatoes, *Plant Pathology*, 26, 63-66.
- Sunohara Y, Baba Y, Matsuyama S, Fujimura K, Matsumoto H. 2015. Screening and identification of phytotoxic volatile compounds in medicinal plants and characterizations of a selected

Notes académiques de l'Académie d'agriculture de France
Academic Notes from the French Academy of Agriculture
(N3AF)
Note de synthèse

- compound, eucarvone, *Protoplasma*, 252, 1047-1059.
- Toba HH, Kishaba AN, Bohn GW, Hield H. 1977. Protecting muskmelons against aphid-borne viruses, *Phytopathology*, 67, 1418-1423.
- Togni PHB, Laumann RA, Medeiros MA, Sujii ER. 2010. Odour masking of tomato volatiles by coriander volatiles in host plant selection of *Bemisia tabaci* biotype B, *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 136, 164-173.
- Tomova BS, Waterhouse JS, Doberski J. 2005. The effect of fractionated *Tagetes* oil volatiles on aphid reproduction, *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 115, 153-159.
- Turina A del V, Nolan MV, Zygadlo JA, Perillo MA. 2006. Natural terpenes: Self-assembly and membrane partitioning, *Biophysical Chemistry*, 122, 101-113.
- Van Driesche RG, Lyon S, Sanderson JP, Bennett KC, Stanek III EJ, Zhang R. 2008. Greenhouse trials of *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Braconidae) banker plants for control of aphids (Hemiptera: Aphididae) in greenhouse spring floral crops, *Florida Entomologist*, 91, 583-591.
- Vattala HD, Wratten SD, Phillips CB, Wäckers FL. 2006. The influence of flower morphology and nectar quality on the longevity of a parasitoid biological control agent, *Biological Control*, 39, 179-185.
- Verheggen F, Barrès B, Bonafos R, Desneux N, Escobar-Gutiérrez A, Gachet E, Laville J, Siegwart M, Thiéry D, Jactel H. 2022. Producing sugar beets without neonicotinoids: An evaluation of alternatives for the management of virus-transmitting aphids, *Entomologia Generalis* 42, 491.
- Wang J, Li S, Fang Y, Zhang F, Jin ZY, Desneux N, Wang S. 2021. Enhanced and sustainable control of *Myzus persicae* by repellent plants in organic pepper and eggplant greenhouses, *Pest Management Science*, 78, 428-437.
- Wang RY, Pirone TP. 1996. Mineral oil interferes with retention of tobacco etch potyvirus in the stylets of *Myzus persicae*, *Phytopathology*, 86, 820-823
- Welbank PJ. 1963. A comparison of competitive effects of some common weed species, *Annals of Applied Biology*, 51, 107-125.
- Werrie PY, Durenne B, Delaplace P, Fauconnier ML. 2020. Phytotoxicity of essential oils: Opportunities and constraints for the development of biopesticides, A Review, *Foods*, 9, 1291.
- Weston, LA, Duke, SO. 2003. Weed and crop allelopathy, *Critical Reviews in Plant Sciences*, 22, 367-389.
- Winkler K, Wäckers FL, Termorshuizen AJ, van Lenteren JC. 2010. Assessing risks and benefits of floral supplements in conservation biological control, *BioControl*, 55, 719-727.
- Yarou BB, Bokonon-Ganta AH, Verheggen FJ, Lognay GC, Francis F. 2020. Aphid behavior on *Amaranthus hybridus* L, (*Amaranthaceae*) associated with *Ocimum spp*, (*Lamiaceae*) as repellent plants, *Agronomy*, 10, 736.
- Zhang W, Ricketts TH, Kremen C, Carney K, Swinton SM. 2007. Ecosystem services and dis-services to agriculture, *Ecological Economics*, 64, 253-260.

Conflit d'intérêt :

Les auteurs confirment qu'aucun conflit d'intérêt n'est à déclarer

Edité par

Thierry Candresse, directeur de recherche INRAE, Villenave d'Ornon.

Notes académiques de l'Académie d'agriculture de France
Academic Notes from the French Academy of Agriculture
(N3AF)
Note de synthèse

Rapporteurs

1. Anonyme
2. Anonyme

Rubrique

Cet article a été publié dans la rubrique « Notes de synthèse » des *Notes académiques de l'Académie d'agriculture de France*.

Reçu

23 novembre 2022

Accepté

8 juin 2023

Publié

18 septembre 2023

Citation

Adrien Le Navenant, Laurent Gomez, Hélène Gautier. 2023. Etat des connaissances scientifiques concernant l'utilisation des plantes de service dans la régulation des populations du ravageur *Myzus persicae*. *Notes Académiques de l'Académie d'agriculture de France / Academic Notes from the French Academy of Agriculture (N3AF)*, 16(1), 1-27. <https://doi.org/10.58630/pubac.not.583827>.



Adrien Le Navenant est titulaire d'un doctorat et occupe le poste d'ingénieur d'étude à l'UR PSH (INRAE PACA). Ses thématiques de recherches portent sur l'écotoxicologie et les études comportementales des ravageurs afin de développer des méthodes de protection des cultures alternatives aux intrants phytosanitaires.

Laurent Gomez est ingénieur de recherche à l'UR PSH (INRAE PACA). Il travaille à l'identification et la compréhension des modes d'action de plantes de service utilisées pour lutter contre les ravageurs des cultures horticoles alimentaires et contribuer à la conception de systèmes de culture innovants plus durables.



Hélène Gautier est directrice de recherche à l'UR PSH d'INRAE Avignon. Elle étudie l'introduction de plantes de service et la stimulation de l'immunité des plantes pour limiter les bioagresseurs et produire des fruits et légumes de qualité de façon plus durable.