



RÉSUMÉ

L'effet de bandes fleuries sur la colonisation des cultures par le puceron *Aphis gossypii* et ses ennemis naturels a été étudié dans le cadre du projet AGATH, soutenu par le ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et de la Forêt (Casdar) et porté par le Ctifl de 2013 à 2015. Un mélange fleuri conçu par l'Inra pour attirer les ennemis naturels de pucerons à proximité des parcelles de melon sans exercer en parallèle d'effet délétère sur les cultures a été évalué dans un réseau de parcelles réparties dans les trois principaux bassins de production de melons. L'attractivité de ce mélange fleuri vis-à-vis des principaux ennemis naturels de pucerons a été caractérisée. Les densités des populations d'*A. gossypii* et d'arthropodes prédateurs et/ou parasitoïdes de pucerons mesurées dans des parcelles de melon bordées par ce mélange fleuri et dans des parcelles identiques en termes d'itinéraire technique mais bordées par une surface de sol nu ont été comparées.

APHID POPULATIONS IN MELON CROPS : USING FLOWER STRIPS AS A MEANS OF CONTROL

The impact of flower strips on the colonization of crops by the aphid *Aphis gossypii* and its natural enemies was studied from 2013 et 2015 within the framework of the AGATH project, funded by the Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et de la Forêt (Casdar) and led by the Ctifl. A mix of flowers, tailored by the INRA (French National Institute for Agricultural Research) to attract natural enemies of aphids in the proximity of melon crops without having a negative impact on the crops, was assessed in a network of plots throughout the three main melon production areas. The attractivity of this mix of flowers to natural enemies was characterized. The density of *A. gossypii* and of arthropod predator and/or parasitoid populations was compared in melon plots with these flower strips and in identical plots in terms of crop management but with bare soil.

LA COLONISATION DE PUCERONS EN CULTURES DE MELON

L'EMPLOI DES BANDES FLEURIES COMME OUTIL DE RÉGULATION

*La mise en place de bandes fleuries au bord des parcelles de melon pourrait permettre d'attirer les prédateurs et/ou parasitoïdes de pucerons et y favoriser la régulation naturelle des populations d'*Aphis gossypii*.*



> UNE BANDE FLEURIE EN BORDURE DE MELONNIÈRE



LA PROBLÉMATIQUE « APHIS GOSSYPPII » EN CULTURES DE MELON

Le puceron *Aphis gossypii* peut provoquer des dégâts très importants en culture de melon. Pour protéger leurs cultures contre ce ravageur, les producteurs ont essentiellement recours à la lutte chimique, pas toujours efficace et parfois difficile à mettre en œuvre dans un contexte réglementaire en pleine évolution. La recherche de méthodes de lutte alternatives et/ou complémentaires (pratiques culturales perturbant le développement des ravageurs dans les cultures, contrôle biologique), permettant non seulement de limiter les dégâts directs (piqûres de nutrition) ou indirects (sécrétion de miellat, développement de champignons saprophytes, transmission de virus) tout en assurant la durabilité des autres méthodes de lutte (notamment génétiques), constitue aujourd'hui un enjeu majeur. Avec plus de 650 plantes-hôtes répertoriées, *A. gossypii* est un ravageur très largement répandu qui peut entraîner d'importants dégâts en culture de melon. Les dégâts sont soit directs (arrêt de la croissance des jeunes pousses, crispation des feuilles) soit indirects en gênant l'assimilation chlorophyllienne (développement de champignons saprophytes) et en transmettant différents virus (CMV, WMV, ZYMV, CABYV...) (Ebert & Cartwright, 1997). La protection chimique est largement utilisée en agriculture conventionnelle mais des baisses d'efficacité sont régulièrement observées, s'expliquant souvent par l'apparition de phénomènes de résistances aux insecticides (Furk & Hines, 1993 ; Delorme *et al.*, 1997 ; Nauen & Elbert, 2003 ; Herron & Wilson, 2011). En France, les premiers clones d'*A. gossypii* résistants à un insecticide (pyrimicarbe) ont été mis en évidence à la fin des années 1980. Parallèlement, le gène de résistance Vat, identifié au début des années 1980 (Pitrat and Lecoq, 1980), est aujourd'hui déployé dans plusieurs variétés commerciales (première variété commercialisée au début des années 1990). Ce gène confère, d'une part, une résistance à la colonisation de la plante par *A. gossypii* et, d'autre part, une résistance à la transmission des



> Foyer d'infestation d'une culture de melon par le puceron *Aphis gossypii*

virus lorsqu'ils sont portés par ce puceron (Boissot *et al.*, 2016). Cependant, la pression de sélection exercée par un déploiement croissant des variétés possédant Vat peut mettre en péril cette résistance génétique comme en témoigne l'observation de quelques foyers localisés d'*A. gossypii* capables de se développer sur melons résistants.

LUTTE BIOLOGIQUE PAR CONSERVATION DES HABITATS

Certaines pratiques agroécologiques favorisant la régulation naturelle des pucerons pourraient avantageusement compléter les moyens de protection et/ou les mesures prophylactiques mises en œuvre par les producteurs de melons. L'une de ces pratiques est le contrôle biologique par conservation des habitats. Ce type de contrôle consiste à attirer, à maintenir et à amplifier (augmentation du nombre d'individus et amélioration de leur fécondité, de leur longévité et de leur sex-ratio notamment) à proximité des cultures les populations de prédateurs et/ou parasitoïdes naturellement présentes dans l'environnement via la mise en place d'infrastructures agroécologiques (IAE) en bordure de parcelle (mélanges fleuris, bandes enherbées). Ces infrastructures constituent en effet une zone refuge (site d'hibernation et/ou d'accouplement, protection contre les pesticides et/ou les intempéries...) ainsi qu'une source de nutriments

importante pour de nombreux auxiliaires des cultures (Lambion, 2013). Pour les individus adultes, le nectar des fleurs, riche en carbohydrates, est par exemple une source d'énergie importante (Pinheiro *et al.*, 2013) et leur pollen est un nutriment essentiel pour la production d'œufs. Les infrastructures agroécologiques peuvent également héberger des proies alternatives pour les prédateurs (collembes par exemple) ou des hôtes (certaines espèces de lépidoptères, de diptères ou d'hyménoptères par exemple) pour les parasitoïdes en général et les micro-hyménoptères en particulier. Toutes les infrastructures agroécologiques ne favorisent toutefois pas les mêmes types d'auxiliaires (Picault, 2011). Les mélanges fleuris attirent plutôt les prédateurs et/ou parasitoïdes consommateurs de nectar et de pollen à un moment donné de leur cycle biologique (*Syrphidae*, *Coccinellidae*, micro-hyménoptères parasitoïdes...) alors que les bandes enherbées hébergent plutôt les arthropodes appréciant la structure compacte et complexe d'une végétation dense (*Staphylinidae*, *Arachnidae*, certaines espèces de *Carrabidae*). Plusieurs travaux ont mis en évidence l'attractivité de différents types de mélanges fleuris vis-à-vis des auxiliaires de culture, ceux constitués à base de fleurs sauvages étant souvent les plus attractifs (Altieri, 2004 ; Meek *et al.*, 2002 ; Marshall and Moonen, 2002).



En complément, des travaux réalisés par Bertolaccini et al. (2011) ont montré que les plantes de la famille des Brassicaceae, Asteraceae et Chenopodiaceae permettraient de favoriser le développement ou le maintien des populations d'auxiliaires du puceron à proximité des cultures légumières, notamment les populations de *Syrphidae* et de *Coccinellidae*. L'effet de mélanges fleuris sur la régulation naturelle des populations de ravageurs dans les cultures est toutefois difficile à évaluer. Des travaux menés en cultures de laitue ont par exemple montré que certaines espèces d'auxiliaires attirées par ce genre de dispositif étaient capables de diffuser dans la culture adjacente (espèces de la famille des *Syrphidae* ou des *Coccinellidae* par exemple) et d'y exercer un contrôle biologique significatif (Picault, 2011 ; Alomar et al., 2008). Selon les cas, celui-ci peut se traduire par une réduction des ravageurs en deçà d'un seuil de nuisibilité économique ou bien par une réduction de la durée de colonisation des cultures par les ravageurs. Une large gamme

d'auxiliaires a été identifiée comme pouvant avoir une action sur les populations d'*A. gossypii* en cultures sous abri (Ven Steenis, 1992). Les larves de coccinelles, par exemple, sont des prédateurs importants de ce ravageur : en fonction des espèces entre 240 et 480 pucerons peuvent être consommés par larve. Le micro-hyménoptère *Aphidius colemani*, parasitoïde du puceron commercialisé par certains fournisseurs d'auxiliaires, a également montré des résultats encourageants suite à des lâchers en culture de concombre sous abri (Burgio et al., 1994). Il est aussi déjà utilisé par quelques producteurs de melon biologique sous abri dans le Sud-Est de la France, son introduction dans les cultures se faisant par l'intermédiaire de plantes-relais. D'autres auxiliaires tels qu'*Aphelis asychis* (*Aphelinidae*) sont aussi reconnus comme parasitoïdes du puceron *A. gossypii* mais ils ne permettent pas à eux seuls d'avoir une régulation suffisante des populations. En culture de plein champ, plusieurs études ont montré l'existence d'ennemis naturel-

lement présents dans les parcelles (Yard, 1995 ; Ferrari et al., 1994) mais le délai entre l'apparition des premières populations de pucerons et la mise en place des ennemis naturels est souvent trop long, entraînant des dégâts sur les stades jeunes de la culture.

Des lâchers massifs peuvent être envisagés et permettre de pallier cela, mais le coût élevé de cette technique rend pour le moment son développement difficile. De plus, l'utilisation actuelle de moyens de protection chimique peu sélectifs limite l'installation des populations d'auxiliaires entraînant une différence nette en termes de réussite des lâchers entre des

parcelles traitées et des parcelles non traitées (Torres and Yard, 1994).

LE PROJET AGATH

L'aménagement des abords de parcelles avec des bandes florales peut permettre dans certaines conditions d'attirer, de maintenir et d'amplifier les populations autochtones d'ennemis naturels de pucerons à proximité des cultures et par conséquent de favoriser les processus de régulation naturelle. L'objectif d'une telle mesure est à terme de se rapprocher d'un écosystème naturel complexe et résilient, afin de retrouver un équilibre ravageurs/auxiliaires bénéfique pour la production. L'effet de bandes fleuries sur la colonisation des cultures de melon par *A. gossypii* et ses ennemis naturels a ainsi été étudié par l'ACPEL, le CEFEL, le GRAB et l'INRA dans le cadre du volet « melon » du projet Casdar AGATH (2013-2015) coordonné par le Ctifl et labellisé par le GIS PIClég. Les travaux mis en œuvre dans ce projet ont permis de concevoir un mélange fleuri adapté aux cultures de melon et d'évaluer l'efficacité de ce mélange fleuri en termes d'attraction pour les prédateurs et/ou parasitoïdes de pucerons et de régulation des populations d'*Aphis gossypii* dans un réseau de parcelles réparties dans le Sud-Est, le Sud-Ouest et l'Ouest de la France.

CONCEPTION D'UN MÉLANGE FLEURI ADAPTÉ AUX CULTURES DE MELON

Les espèces végétales pouvant être implantées au bord des cultures de melon pour attirer les ennemis naturels du puceron *A. gossypii* doivent être choisies dans le but d'optimiser les effets régulateurs tout en minimisant les éventuels effets non intentionnels. En effet, une augmentation de la diversité dans les agrosystèmes peut, dans certains cas, réduire les populations de bioagresseurs mais peut également les favoriser ou avoir un impact neutre. Il est ainsi important de bien choisir les espèces végétales pouvant être utilisées dans le cadre d'une stratégie de lutte biologique par conservation. En cultures de melon, ces espèces doivent en particulier remplir deux conditions afin d'éviter la



© GRAB

> CAGE À ÉMERGENCE ADAPTÉE POUR LA COLLECTE DES ENNEMIS NATURELS DE PUCERONS DANS LES CULTURES DE MELON



création de foyers d'infestation par les pucerons et de sources d'inoculum viral à proximité des cultures :

- être non-hôtes des principales espèces de pucerons s'attaquant au melon ;
- être non-hôtes des principaux virus du melon.

Dans le cadre du projet AGATH, l'INRA (Unité de Pathologie Végétale, Avignon-Montfavet) a poursuivi les expérimentations initiées en 2011 pour concevoir un mélange fleuri adapté aux cultures de melon (Schoeny *et al.*, 2014). Des expérimentations en conditions contrôlées ont permis de caractériser douze espèces végétales potentiellement intéressantes pour attirer les ennemis naturels d'*A. gossypii* à proximité des cultures de melon : ammi élevé, aneth, basilic, bleuet, gesse, marjolaine, œillet d'Inde, pimprenelle, romarin, sainfoin, souci des champs et souci officinal. Le choix de ces espèces végétales s'est appuyé sur la bibliographie (plantes sécrétant du nectar ou hôtes de pucerons spécifiques pouvant servir de proies aux ennemis naturels). L'objectif était de :

- caractériser, par des tests d'acceptation d'hôte et des tests d'antibiose (voir encadré ci-dessous), le statut hôte/non-

TABLEAU 1 : COMPOSITION DES MÉLANGES FLEURIS TESTÉS PAR LE GRAB, L'ACPEL, LE CEFEL ET L'INRA EN 2013, 2014 ET 2015 DANS LE PROJET AGATH

| ACPEL, CEFEL et INRA | GRAB |
|---|--|
| <i>Onobrychis viciifolia</i> (sainfoin) <i>Lathyrus sativus</i> (gesse) <i>Sanguisorba minor</i> (pimprenelle) <i>Centaurea cyanus</i> (bleuet) <i>Origanum majorana</i> (marjolaine) | <i>Onobrychis viciifolia</i> (sainfoin) <i>Lathyrus sativus</i> (gesse) <i>Sanguisorba minor</i> (pimprenelle) <i>Centaurea cyanus</i> (bleuet) <i>Origanum majorana</i> (marjolaine) <i>Calendula officinalis</i> (souci) <i>Matricaria discoidea</i> (matricaire) <i>Ammi majus</i> (grand ammi) <i>Anethum graveolens</i> (aneth) |

hôte des espèces végétales vis-à-vis des principales espèces de puceron décrites sur melon (*A. gossypii*, *A. craccivora* et *M. persicae*) ;

- caractériser, par des tests de transmission virale (voir encadré ci-dessous), le statut hôte/non-hôte des espèces végétales vis-à-vis des principaux virus infectant les cultures de melon (CMV, WMV, ZYMV et CABYV) ;

Concernant le risque de création de foyers d'infestation aphidienne à proximité de la culture de melon, les résultats montrent que, contrairement à ce que la littérature laissait penser initialement, les pucerons *A. craccivora* et *M. persi-*

cae ne semblent pas être des colonisateurs majeurs du melon car les taux d'acceptation et les potentiels biotiques mesurés sur melon sont très faibles. Par conséquent, les espèces végétales hôtes de ces deux espèces aphidiennes ne présentent pas de risque pour la culture de melon. En ce qui concerne *A. gossypii*, quelques espèces végétales présentent des taux d'acceptation proches de ceux observés sur melon (ammi majus, basilic, œillet d'inde, bleuet, marjolaine) mais les potentiels biotiques mesurés sur ces espèces sont trop faibles pour représenter un risque pour la culture de melon.

Concernant le risque de création de foyers d'inoculum viral à proximité de la culture de melon, les résultats montrent que certaines espèces sont hôtes du CMV (basilic, bleuet, marjolaine, œillet d'Inde, souci des champs, souci officinal), du WMV (ammi élevé, aneth, souci des champs), du ZYMV (ammi élevé, aneth) et du CABYV (aneth) en conditions contrôlées.

À partir de ces éléments, un mélange fleuri minimisant les risques de foyers d'infestation aphidienne et d'inoculum viral a été conçu par l'INRA. Ce mélange composé de bleuet, de gesse, de marjolaine, de pimprenelle et de sainfoin a été évalué par l'ACPEL, le CEFEL et l'INRA. Un mélange plus complexe a été évalué au GRAB (Tableau 1).

TESTS D'ACCEPTATION D'HÔTE ET DE TRANSMISSION VIRALE

Tests d'acceptation d'hôte et de potentiel biotique

Le degré d'acceptation de la plante-hôte ainsi que le potentiel biotique des 3 principales espèces de pucerons rencontrées sur melon (*A. gossypii*, *A. craccivora* et *M. persicae*) ont été évalués en conditions contrôlées pour chaque espèce végétale sélectionnée dans cette étude pour attirer les ennemis naturels de puceron à proximité des cultures de melon. Pour cela, 10 femelles aptères adultes d'*A. gossypii*, d'*A. craccivora* ou de *M. persicae* ont été déposées sur une plantule de chacune de ces espèces. Au bout de 24 heures, ces femelles ont été dénombrées puis retirées des plantes, et le taux d'acceptation a été calculé. Les descendants adultes ont été dénombrés sept jours plus tard afin de calculer le potentiel biotique. Au total, les tests d'acceptation de la plante-hôte et de potentiel biotique ont été répétés dix fois pour chaque couple puceron-plante-hôte.

Tests de transmission virale

Le statut hôte/non-hôte de chaque espèce végétale sélectionnée dans cette étude pour attirer les ennemis naturels de puceron à proximité des cultures de melon a été caractérisé, en conditions contrôlées, vis-à-vis des principaux virus infectant les cultures de melon (CMV, WMV, ZYMV et CABYV). Pour cela, les virus non persistants CMV, WMV et ZYMV ont été inoculés mécaniquement sur une plantule de chacune de ces espèces végétales, et le virus persistant CABYV a été inoculé via le vecteur *A. gossypii*. Au bout de trois semaines, la présence de ces virus à l'intérieur des plantes a été recherchée à l'aide d'un test ELISA. Au total, les tests de transmission virale ont été répétés 6 fois pour chaque couple virus-plante-hôte.

DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL DU PROJET AGATH

PARCELLES D'ÉTUDE

L'effet du mélange fleuri conçu par l'INRA sur la colonisation des cultures de melon par le puceron *A. gossypii* et



TABLEAU 2 : CARACTÉRISTIQUES DES DISPOSITIFS EXPÉRIMENTAUX MIS EN PLACE PAR L'ACPEL, LE CEFEL, LE GRAB ET L'INRA EN 2013, 2014 ET 2015 DANS LE PROJET AGATH

| Part. | Année | Surf. (m ²) | Variété | Plantation | Surf. IAE (m ²) | Semis IAE |
|-------|-------|-------------------------|-------------------------|------------|-----------------------------|-----------|
| ACPEL | 2013 | 7194 | Hugo ⁽¹⁾ | 03/06/13 | 110 (2 x 55 x 1) | 03/04/13 |
| | 2014 | 1900 | Escorial ⁽¹⁾ | 30/05/14 | 110 (2 x 55 x 1) | 02/04/14 |
| | 2015 | 9 075 | Vigo | 18/06/15 | 110 (2 x 55 x 1) | 09/04/15 |
| CEFEL | 2013 | 5 000 | Cisco ⁽¹⁾ | 27/05/13 | 330 (2 x 55 x 3) | 22/03/13 |
| | 2014 | 5 000 | Cisco ⁽¹⁾ | 27/05/14 | 330 (2 x 55 x 3) | 18/03/14 |
| | 2015 | 2 700 | Cisco ⁽¹⁾ | 21/05/15 | 270 (2 x 45 x 3) | 11/03/15 |
| GRAB | 2013 | 6 200 | Anasta ⁽¹⁾ | 30/05/13 | 150 (2 x 50 x 1,5) | 15/04/13 |
| | 2014 | 1 900 | Anasta ⁽¹⁾ | 30/04/14 | 150 (2 x 50 x 1,5) | 31/03/14 |
| | 2015 | 2 200 | Anasta ⁽¹⁾ | 25/05/15 | 120 (2 x 40 x 1,5) | 12/05/15 |
| INRA | 2013 | - | - | - | - | - |
| | 2014 | 3 464 | Cisco ⁽¹⁾ | 27/05/14 | 330 (2 x 55 x 3) | 18/03/14 |
| | 2015 | 3 464 | Cisco ⁽¹⁾ | 28/05/15 | 330 (2 x 55 x 3) | 30/03/15 |

Part. : partenaire ; Surf. : surface de la parcelle d'étude ; Surf. IAE : surface de l'infrastructure agro-écologique étudiée ; IAE : infrastructure agro-écologique.

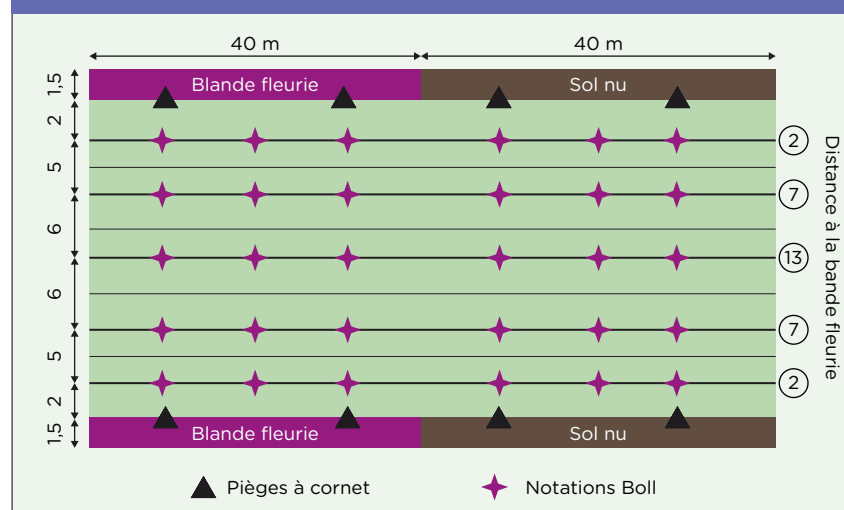
⁽¹⁾ Variété sans gène Vat.

ses principaux ennemis naturels a été évalué en 2013, 2014 et 2015 par l'ACPEL, le CEFEL, le GRAB et l'INRA dans le cadre d'essais de plein champ menés en station d'expérimentation ou bien chez les producteurs (Tableau 2). Au total, 11 essais ont été mis en place dans le projet AGATH : 3 dans la Vienne (parcelles de producteurs suivies par l'ACPEL), 3 dans le Tarn-et-Garonne (parcelles expérimentales du CEFEL), 3 dans le Gard (parcelles de producteurs suivies par le GRAB) et 2 dans le Vaucluse (parcelles expérimentales de l'INRA). Chacune des parcelles a été divisée en deux parties de façon à créer une zone bordée sur deux de ses côtés par le mélange fleuri étudié (zone dite « melon BF ») et une zone sans mélange fleuri sur ses abords (zone dite « melon témoin »). Dans tous les essais, le mélange fleuri était composé de sainfoin, de gesse, de pimprenelle, de bleuet et de marjolaine. Dans les parcelles d'essai suivies par le GRAB (Figure 1), ce mélange comprenait en plus du souci officinal, de la matricaire, de l'ammî élevé et de l'aneth. La stratégie choisie a été de semer la bande fleurie le plus tôt possible en saison, de sorte que la bande fleurie soit suffisamment développée (idéalement avec au moins une espèce en fleur), au moment où la culture de melon est plantée. En fonction des années et des sites, les bandes fleuries ont pu être semées entre 2 et 10 semaines avant la plantation des melons. Sur certains sites, les bandes fleuries ont été arrosées (goutte à goutte ou aspersion).

Chaque bande fleurie avait une longueur comprise entre 40 et 50 m et une largeur comprise entre 1 et 3 m et occupait une surface totale comprise entre 110 et 330 m² selon le lieu et l'année de l'expérimentation. Les plants de melon ont été plantés sur paillage plastique entre le 30 avril et le 3 juin selon le lieu et l'année de l'expérimentation. Dans tous les essais, les variétés de melon étaient dépourvues du gène Vat (gène de résistance à *A. gossypii*) sauf dans la parcelle suivie par l'ACPEL en 2015 où la variété Vigo, dotée du gène Vat, a été utilisée. Les parcelles suivies par le GRAB ont été cultivées selon le cahier

des charges de l'agriculture biologique : aucun traitement insecticide n'a été réalisé, la fertilisation a été effectuée à l'aide de fertilisants organiques et les maladies fongiques ont été gérées avec du Cuivrol. Les parcelles suivies par l'ACPEL, le CEFEL et l'INRA ont été cultivées de façon conventionnelle : elles n'ont reçu aucun traitement insecticide, la fertilisation a été effectuée avec des engrais minéraux (engrais NPK, kiésérite et/ou urée) et les maladies ont été gérées avec du Cuivrol et/ou avec des fongicides de synthèse (Fongil FL, Hurricane, Acrobat M DG et/ou Heliosol).

FIGURE 1 : Exemple de dispositif expérimental : parcelle de melon suivie par le GRAB en 2015 constituée d'une zone « aménagée » sur sa partie Ouest (zone bordée sur deux de ses côtés par un mélange fleuri) et d'une zone « témoin » sur sa partie Est (zone bordée par un espace de sol nu)





TABEAU 3 : MESURES ET OBSERVATIONS EFFECTUÉES PAR LE L'ACPEL, LE CEFEL, LE GRAB ET L'INRA EN 2013, 2014 ET 2015 DANS LES PARCELLES D'ÉTUDE

| Part. | Année | Zone | Technique (nb/zone) | Période | Nb dates |
|-------|-------|--------------------------------|------------------------|--|----------|
| ACPEL | 2013 | Melons BF/Melons SN BF | Boll (10) Piège (6) | 12/07/13-26/08/13 27/06/13-12/08/13 | 4 4 |
| | 2014 | Melons BF/Melons SN BF/SN | Boll (10) Piège (4) | 24/06/14-07/08/14 24/06/14-30/07/14 | 4 2 |
| | 2015 | Melons BF/Melons SN BF/SN | Boll (10) Piège (4) | 01/07/15-10/08/15 24/06/15-10/08/15 | 4 4 |
| CEFEL | 2013 | Melons BF/Melons SN | Boll (12) | 26/06/13-21/08/13 | 5 |
| | 2014 | Melons BF/Melons SN BF/SN | Boll (12) Piège (2) | 13/06/14-29/07/14 23/06/14-21/08/14 | 5 6 |
| | 2015 | Melons BF/Melons SN BF/SN | Boll (12) Piège (2) | 12/06/15-26/06/15 04/06/15-26/06/15 | 3 3 |
| GRAB | 2013 | Melons BF/Melons SN | Boll (10) | 27/06/13-12/08/13 | 5 |
| | 2014 | Melons BF/Melons SN BF/SN | Boll (16) Piège (4) | 12/06/14-16/07/14 12/06/14-24/07/14 | 4 4 |
| | 2015 | Melons BF/Melons SN BF/SN | Boll (15) Piège (4) | 22/06/15-03/08/15 22/06/15-03/08/15 | 5 4 |
| INRA | 2014 | Melons BF/Melons SN BF - SN | Boll (4) Piège (2) | 05/06/14-10/07/14 13/06/14-18/07/14 | 5 5 |
| | 2015 | Melons BF/Melons SN BF/SN | Boll (12) Piège (2) | 26/06/15-07/07/15 29/05/15-10/07/15 | 2 6 |

MESURES ET OBSERVATIONS DANS LES AMÉNAGEMENTS

Caractérisation des populations d'ennemis naturels de pucerons

Le potentiel de régulation des aménagements (bande fleurie/sol nu) a été estimé à l'aide de pièges à insectes volants positionnés à proximité immédiate des aménagements (entre 0 et 1,5 m) et dont l'ouverture était orientée vers les aménagements afin de capter les flux aménagement culture (Tableau 3). Les captures ont été réalisées sur des périodes de 4 à 13 jours consécutifs, à différentes dates selon les essais. Pour chaque capture, les coccinelles, syrphes et névroptères ont été dénombrés. Les abondances ont été exprimées en nombres d'auxiliaires capturés par piège et par semaine

MESURES ET OBSERVATIONS DANS LA CULTURE

Densité des populations de pucerons

Les niveaux d'infestation des melons par *A. gossypii* ont été estimés dans chaque modalité d'aménagement parcellaire. Selon les essais, 2 à 5 notations ont été effectuées, dans 4 à 16 quadrats de 1 m² en utilisant une version simplifiée de la méthode proposée par Boll et al. 2002 (voir encadré ci-contre).

LA MÉTHODE DE BOLL SIMPLIFIÉE

La méthode de Boll et al. (2002) est une méthode d'extrapolation qui permet d'estimer la taille des populations de pucerons *Aphis gossypii* dans une culture de melon à partir d'un plan d'échantillonnage particulier. Dans cette étude, nous avons utilisé une version simplifiée de la méthode. Elle consiste, pour chaque date d'observation et pour chaque point de mesure, à déposer sur les melons un grand cadre de 100 x 100 cm, dans lequel est déposé un petit cadre de 25 cm x 25 cm. Les feuilles jeunes et les feuilles âgées sont dénombrées dans le petit cadre, puis 5 feuilles jeunes et 5 feuilles âgées sont choisies aléatoirement dans le grand cadre afin d'être notées. Le niveau d'infestation aphidienne est noté à l'aide d'un système à 5 classes (classe 0 : aucun puceron ; classe 1 : 1 à 10 pucerons ; classe 2 : petites colonies ou nombreux pucerons isolés ; classe 3 : plusieurs colonies et présence de miellat ; classe 4 : grosses colonies et feuilles déformées).

Le nombre moyen de pucerons/m² ($N_{\text{moy./m}^2}$) est calculé de la manière suivante :

$$N_{\text{moy./m}^2} = N_{\text{moy./m}^2 \text{ FJ}} + N_{\text{moy./m}^2 \text{ FA}}$$

Avec :

$N_{\text{moy./m}^2 \text{ FJ}}$: le nombre moyen/m² de pucerons présents sur les feuilles jeunes :

$$N_{\text{moy./m}^2 \text{ FJ}} = 16 \times \text{FJ} \times N_{\text{moy. FJ}}$$

Où :

$$N_{\text{moy. FJ}} = (0,006 \times n_0) + (3,3 \times n_1) + (21 \times n_2) + (169 \times n_3) + (637 \times n_4) / 5$$

FJ : le nombre de feuilles jeunes dans le cadre de 25cmx25cm

$N_{\text{moy./m}^2 \text{ FA}}$: le nombre moyen/m² de pucerons présents sur les feuilles âgées :

$$N_{\text{moy./m}^2 \text{ FA}} = 16 \times \text{FA} \times N_{\text{moy. FA}}$$

Où :

$$N_{\text{moy. FA}} = (0,03 \times n_0) + (3 \times n_1) + (27,7 \times n_2) + (336 \times n_3) + (968 \times n_4) / 5$$

FA : le nombre de feuilles âgées dans le cadre de 25 cm x 25 cm



Densité des populations d'ennemis naturels

Les feuilles de melon choisies aléatoirement pour les notations « pucerons » ont également servi aux notations « auxiliaires ». Les auxiliaires spécifiques (adultes et larves de coccinélidés, larves de syrphidés et de névroptères) ont été comptés. Les pucerons momifiés témoignant de l'activité des parasitoïdes ont également été comptés.

PRINCIPAUX RÉSULTATS

POPULATIONS D'AUXILIAIRES À PROXIMITÉ DES AMÉNAGEMENTS PARCELLAIRES

Les trois taxons d'auxiliaires aphidiphages suivis dans le cadre de cette étude (coccinelles, névroptères, syrphes) ont été interceptés entre le sol nu et la culture pour tous les sites-années, à l'exception de l'essai ACPEL 2013 où la modalité SN n'a pas été suivie (Figure 2). Leur présence est donc naturelle dans l'environnement des parcelles. Dans un environnement « pauvre » tel que le sol nu, les coccinelles représentent le taxon le plus abondant pour la majorité des sites-an-

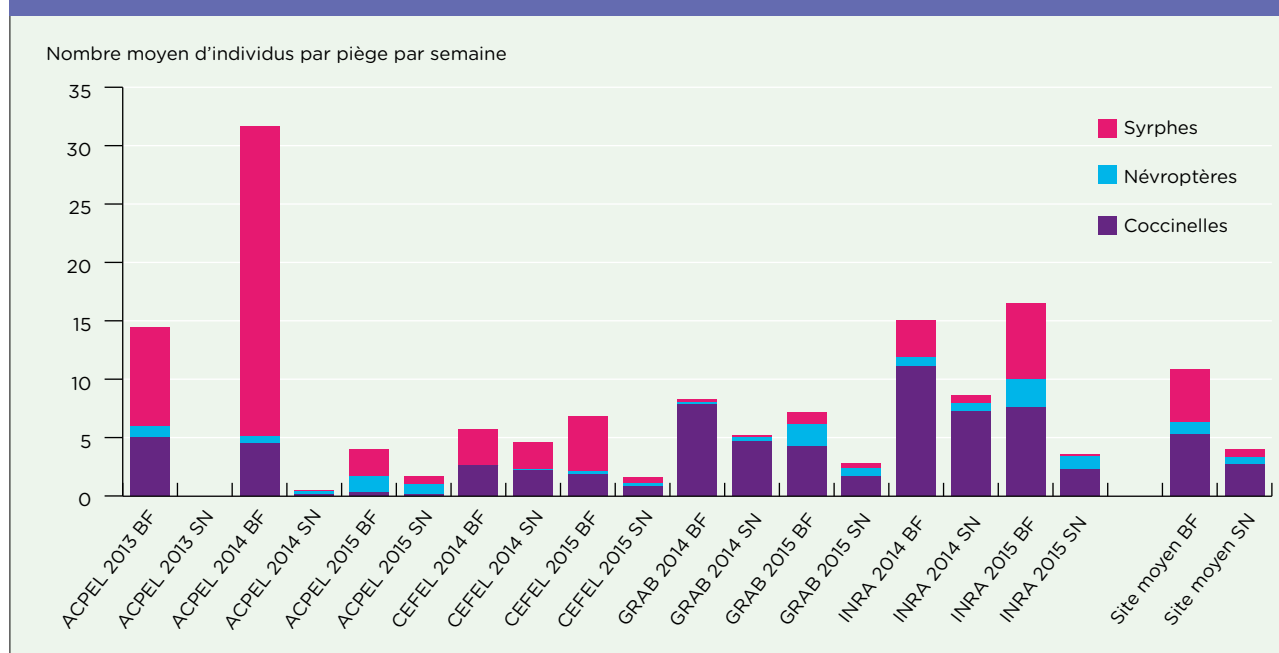


> NYMPHE DE SYRPHÉ

nées. L'implantation de bandes fleuries a favorisé l'abondance des trois taxons, avec des accroissements variables selon les essais. En moyenne, les piégeages de coccinelles et de névroptères sont deux fois supérieurs du côté de la bande fleurie par rapport au sol nu, tandis que les piégeages de syrphes sont 6 fois supérieurs du côté de la bande fleurie. L'effet de la bande fleurie sur

les piégeages est hautement significatif ($p < 0,001$, test de Wilcoxon signé) pour les coccinelles et les syrphes qui sont les auxiliaires les plus interceptés entre la bande fleurie et la culture. Pris globalement, l'effet de la bande fleurie est significatif pour les auxiliaires aphidiphages (piégeages environ trois fois plus nombreux du côté de la bande fleurie) ($p < 0,05$, test de Wilcoxon signé).

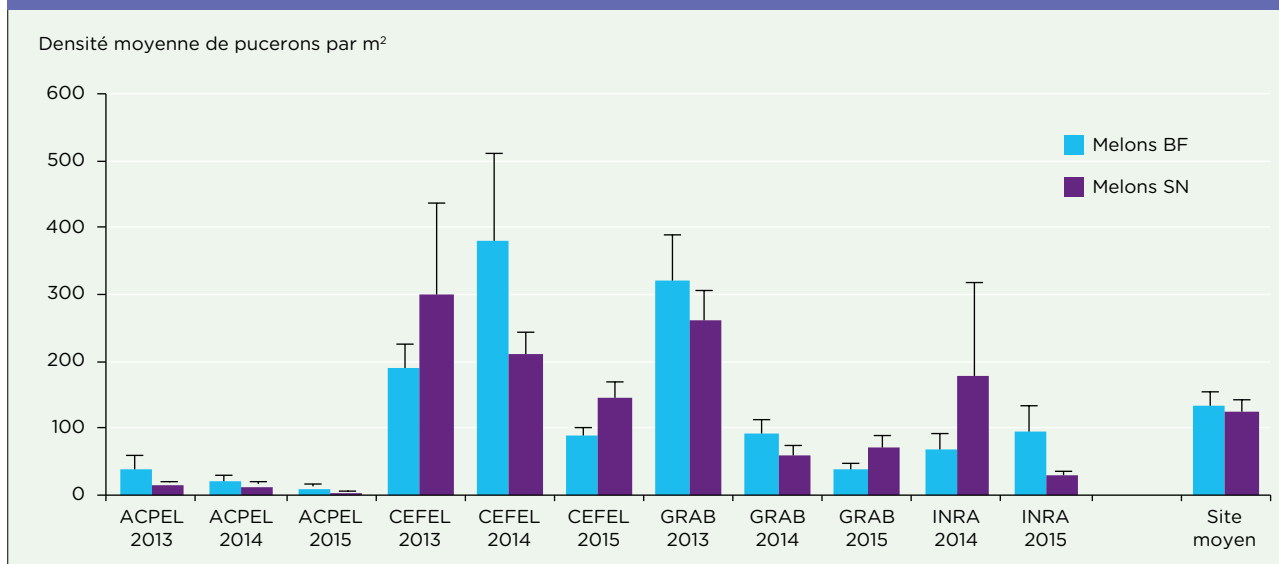
FIGURE 2 : Principaux auxiliaires aphidiphages piégés à proximité des aménagements parcellaires (BF = bandes fleuries ; SN = sol nu) pour différents essais suivis entre 2013 et 2015



Le site moyen illustre la compilation des sites-années.

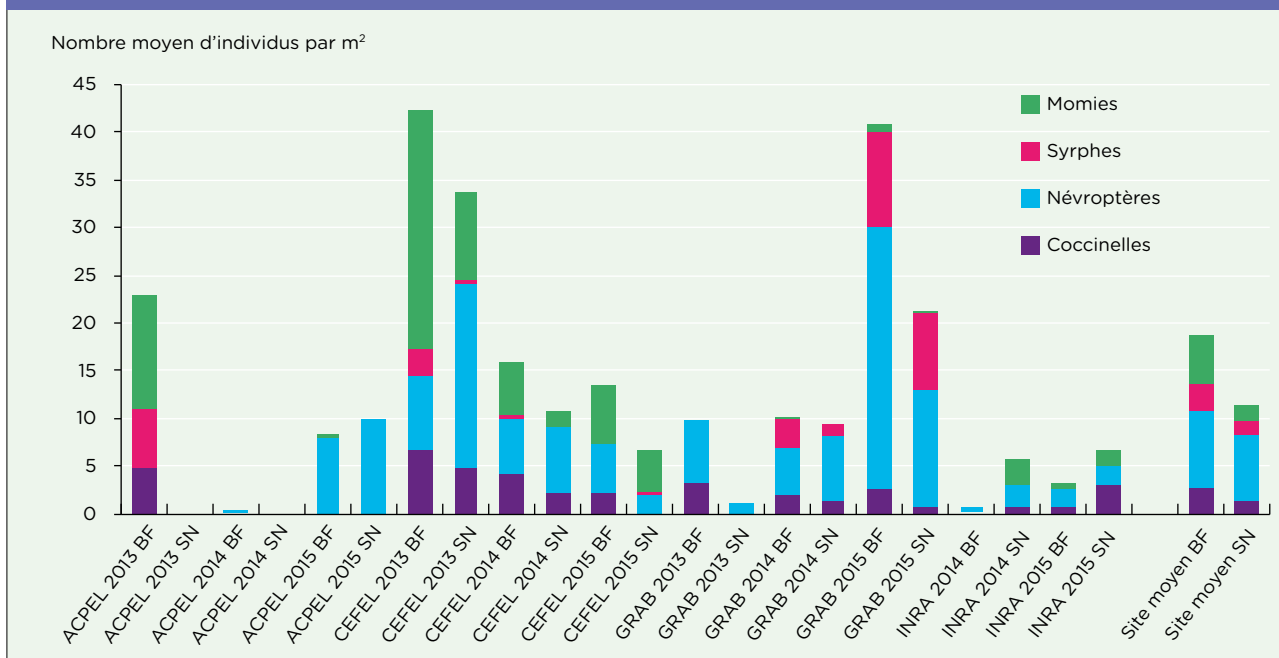


FIGURE 3 : Densité de population de pucerons *Aphis gossypii* sur le feuillage de melons bordés de bandes fleuries (BF) ou de sol nu (SN) pour différents essais suivis entre 2013 et 2015 (+/- erreur-type)



Le site moyen illustre la compilation des sites-années.

FIGURE 4 : Densité de population des principaux auxiliaires aphidiphages présents sur le feuillage de melons bordés de bandes fleuries (BF) ou de sol nu (SN) pour différents essais suivis entre 2013 et 2015



Le site moyen illustre la compilation des sites-années.

NIVEAUX D'INFESTATION DES MELONS PAR LE PUCERON APHIS GOSSYPYII

Dans l'ensemble, les essais ont été réalisés dans des conditions de pression en pucerons faibles. En effet, les niveaux moyens d'infestation observés dans la modalité SN ont été inférieurs à 300 pu-

cerons par m² (environ deux pucerons par feuille) pour tous les sites-années (Figure 3). Des niveaux d'infestations très faibles sont en général peu propices à la mise en évidence d'un éventuel effet significatif du facteur expérimental étudié. Conformément à cet attendu, l'effet de l'aménagement parcellaire sur

la densité de population de pucerons n'a pas été significatif dans cette étude ($p > 0,05$, test de Wilcoxon signé).

POPULATIONS D'AUXILIAIRES DANS LES CULTURES DE MELON

En dépit des faibles densités de population de pucerons observées, de nom-



breux auxiliaires aphidiphages ont colonisé les cultures de melon, quel que soit le type d'aménagement parcellaire (Figure 4). Dans la majorité des essais, les névroptères (quasi exclusivement des chrysopes) ont été les auxiliaires les plus abondants sur melons bordés de sol nu. En moyenne, ils représentent 60 % des comptages, soit 4 et 5 fois plus que les autres taxons (coccinelles, syrphes, microhyménoptères parasitoïdes). Pour quasiment tous les essais, les auxiliaires ont été plus abondants sur melons bordés de bandes fleuries que sur melons bordés de sol nu. Globalement l'effet des bandes fleuries est significatif sur l'abondance totale des taxons suivis ($p < 0,05$, test de Wilcoxon signé). L'effet est significatif pour les coccinelles et les syrphes (doublement des populations) ainsi que pour les micro-hyménoptères (triplement des populations). Les

névroptères, taxon le mieux représenté, n'augmente que de 20 % avec un aménagement de type bandes fleuries, et cet effet n'est pas significatif ($p > 0,05$, test de Wilcoxon signé).

ENSEIGNEMENT DES EXPÉRIMENTATIONS MENÉES

Les bandes fleuries, en comparaison d'un sol nu, ont attiré dans la culture plus d'auxiliaires spécifiques du puceron, essentiellement des coccinelles. Ces résultats confirment les observations de la bibliographie selon lesquelles les mélanges fleuris fournissent des sources de nourriture par complémentation (nectar, pollen) et supplémentation (proies alternatives) susceptibles d'attirer un grand nombre d'auxiliaires différents. En effet, les périodes de flo-

raison des différentes espèces se sont étalées sur la saison et des pucerons spécifiques ont été observés sur bleuet. Dans certains cas, la bande fleurie a en outre permis une présence continue des auxiliaires dans la culture, alors que les auxiliaires n'ont colonisé la parcelle témoin qu'une fois les pucerons installés dans la culture. Les essais réalisés en conditions de production ont permis de montrer que l'implantation des bandes fleuries doit être soignée : des faux semis, une irrigation doivent être mis en place pour améliorer leur installation et ainsi optimiser leur potentiel régulateur. Même si l'effet sur la réduction des populations de pucerons en culture de melon est encore difficile à mettre en évidence, ces travaux ont permis de montrer la faisabilité de ces bandes fleuries, et leur capacité à renforcer la présence d'auxiliaires dans la culture. ■

BIBLIOGRAPHIE

Alomar, O., Arnó, J., & Gabarra, R. (2008). Insectary plants to enhance the biological control of *Nasonovia ribisnigri* and *Frankliniella occidentalis* in lettuce. *IOBC/WPRS Bull*, 34 : p. 9-12.

Altieri, M., & Nicholls, C. (2004). *Biodiversity and pest management in agroecosystems*. CRC Press.

Bertolaccini, I., Núñez-Pérez, E., & Tizado, E. J. (2011). Alternative plants hosts of legume aphids and predators in the province of León, Spain. *Ciencia e Investigación Agraria*, 38(2) : p. 233-242.

Boll, R., Franco, E., Geria, A. M., Moutin, J. B., Rochat, J., & Lapchin, L. (2002). Visual counting of *Aphis gossypii* Glover aphid in field melon crop. *Phytoma. La Défense des Végétaux (France)*.

Boissot, N., Schoeny, A. & Vanlerberghe-Masutti, F. (2016). Vat, an amazing gene conferring resistance to aphids and viruses they carry: from molecular structure to field effects. *Frontiers in Plant Science*, 7 (1420) : p. 1-18.

Delorme, R., Augé, D., Béthenot, T. & Villatte, F. (1997). Insecticide resistance in a strain of *Aphis gossypii* from southern France. *Pesticide Science*, 49 : p. 90-96.

Ebert, T.A. & Cartwright, B. (1997).

Biology and ecology of Aphis gossypii Glover (Homoptera : Aphididae). *Southwestern Entomologist*, 22(1) : p. 116-153.

Furk, C. & Hines, C.M. (1993). Aspects of insecticide resistance in the melon and cotton aphid, *Aphis gossypii* (Homoptera : Aphididae). *Annals of Applied Biology*, 123 : p. 9-17.

Herron, G.A. & Wilson, L.J. (2011). Neonicotinoid resistance in *Aphis gossypii* Glover (Aphididae : Hemiptera) from Australian cotton. *Australian Journal of Entomology*, 50: p. 93-98.

Lambion, J. (2013). Flower strips as winter shelters for predatory miridae bugs. *Acta Horticulturae (ISHS)*, 1041 : p. 149-156.

Marshall, E. J. P., & Moonen, A. C. (2002). Field margins in northern Europe: their functions and interactions with agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 89(1) : p. 5-21.

Meek, B., Loxton, D., Sparks, T., Pywell, R., Pickett, H., & Nowakowski, M. (2002). The effect of arable field margin composition on invertebrate biodiversity. *Biological Conservation*, 106(2) : p. 259-271.

Pfiffner, L. & Wyss, E. (2004). Use of sown wildflower strips to en-

hance natural enemies of agricultural pests. In: G.M. Gurr, S.D. Wratten, M.A. Altieri (eds.), *Ecological engineering for pest management. Advances in habitat manipulation for arthropods*, p. 167-188.

Picault, S. (2011). Biodiversité fonctionnelle : régulation naturelle des populations de pucerons en cultures de laitue. *Infos Ctifl*, n° 275 octobre 2011, p. 27-35.

Pinheiro, L. A., Torres, L., Raimundo, J., & Santos, S. A. (2013). Effect of floral resources on longevity and nutrient levels of *Episyrphus balteatus* (Diptera : Syrphidae). *Biological Control*, 67(2) : p. 178-185.

Nauen, R. & Elbert, A. (2003). European monitoring of resistance to insecticides in *Myzus persicae* and *Aphis gossypii* (Homoptera : Aphididae) with special reference to imidacloprid. *Bulletin of Entomological Research*, 93 : p. 47-54.

Schoeny, A., Boissot, N., Lambion, J., Wipf-Scheibel, C., Mistral, P., Gognalons, P., Nozeran, K. & Lecoq, H. (2014). Conception d'associations en maraîchage de plein champ : exemple de production de melons associés à des bandes fleuries pour lutter contre les pucerons et les virus. *Innovations Agronomiques* 40, p. 113-124 ;