



HAL
open science

Gestion des punaises phytophages en cultures maraîchères - Le projet IMPULsE à l'heure du bilan

Alexandre Bout, Anthony Ginez, Benjamin Gard, Cécile Delamarre, Henri Clerc, Jean-Claude Streito, Jérôme Lambion, Laurent Camoin, Lucas Tosello, Sandrine Chaillout, et al.

► To cite this version:

Alexandre Bout, Anthony Ginez, Benjamin Gard, Cécile Delamarre, Henri Clerc, et al.. Gestion des punaises phytophages en cultures maraîchères - Le projet IMPULsE à l'heure du bilan. 2021, pp.19-28. hal-03841245

HAL Id: hal-03841245

<https://hal.inrae.fr/hal-03841245>

Submitted on 16 Nov 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - ShareAlike 4.0 International License

RÉSUMÉ

Débuté en 2017, le projet IMPULsE arrive à échéance à l'issue de cette année 2020. Plusieurs méthodes ont été évaluées sur tomate, aubergine et chou pour la gestion des punaises phytophages. De plus, un travail important de caractérisation des punaises appartenant au genre *Lygus* et au genre *Eurydema* a été réalisé afin de mieux connaître ces ravageurs très problématiques sur ces cultures. À ce stade, les méthodes de gestion basées sur la protection physique (filet, pièges chromatiques englués) et la lutte biologique (auxiliaires parasitoïdes et entomophages, nématodes entomopathogènes) donnent les résultats les plus intéressants, en cultures de tomate et d'aubergine sous abri. Celles établies sur la biodiversité fonctionnelle (utilisation de plantes pièges) montrent également un réel intérêt pour la gestion de la punaise du chou en plein champ. Ces différentes stratégies restent néanmoins à affiner dans le cadre de prochains projets.

MANAGEMENT OF PHYTOPHAGOUS BUGS IN VEGETABLE CROPS: ASSESSMENT OF THE 'IMPULSE' PROJECT

The IMPULsE project, that began in 2017, will end at the end of this year (2020). Several methods have been evaluated on tomato, eggplant and cabbage for the management of plant-feeding bugs. In addition, important work has been carried out to characterize plant bugs belonging to the *Lygus* and *Eurydema* genera in order to better understand these very problematic pests on the aforementioned crops. At this stage, management methods based on physical protection (nets, sticky chromatic traps) and biological control (parasitoid and entomophagous beneficials, entomopathogenic nematodes) give the most promising results in protected tomato and eggplant crops. Those based on functional biodiversity (use of trap plants) also show a promise in cabbage bug management in the field. However, these different strategies need to be refined within the framework of future projects.

GESTION DES PUNAISES PHYTOPHAGES EN CULTURES MARAÎCHÈRES

LE PROJET IMPULSE À L'HEURE DU BILAN

Dans le cadre du projet national IMPULsE¹, le CTIFL et ses partenaires ont étudié différents moyens de protection contre les punaises phytophages en tomate et aubergine sous abris ainsi que chou de plein champ. Auxiliaires parasitoïdes et entomopathogènes, filets anti-insectes, plantes de services et produits de biocontrôle sont les pistes qui ont été étudiées jusque-là, avec pour certaines des résultats prometteurs.



Eurydema ornata



Lygus rugulipennis



Nezara viridula



Nesidiocoris tenuis

> QUATRE ESPÈCES DE PUNAISES PHYTOPHAGES RENCONTRÉES EN CULTURES LÉGUMIÈRES

CONTEXTE AGRONOMIQUE ET PRÉSENTATION DU PROJET

Les punaises phytophages constituent un verrou technique important en cultures maraîchères car il existe peu ou pas de produits phytosanitaires homologués (conventionnels ou de biocontrôle) pour assurer leur contrôle. De plus, les rares produits homologués (pyréthrinoides) ont des effets délétères sur les auxiliaires utilisés pour la gestion des autres ravageurs (aleurodes, thrips...). Les applications d'insecticides visant les punaises déstabilisent la faune auxiliaire, ce qui provoque l'explosion des populations de ravageurs comme les thrips sur aubergine, ou les aleurodes sur tomate. Le projet IMPULSE avait pour but d'apporter des solutions de gestion aux producteurs, sur trois modèles ravageur/culture : *Nesidiocoris tenuis* sur tomate, *Nezara viridula* et *Lygus* sp. sur aubergine et *Eurydema* sp. sur chou.

Un premier article avait dressé un bilan à mi-parcours du projet [1]. Les résultats sur l'utilisation des filets insect-proof en serre d'aubergine, et des plaques jaunes à glu sèche pour le piégeage et le monitoring de *Nesidiocoris* y étaient présentés. Le projet IMPULSE proposait également d'approfondir les solutions de biocontrôle, et la combinaison des leviers de protection déjà existants avec les leviers étudiés dans le projet. Enfin, l'utilisation d'aménagement agroécologique avec des plantes pièges et des plantes indicatrices était testée pour la gestion des différentes punaises sous abri et en plein champ.

CARACTÉRISER LES DÉGÂTS

Les observations ainsi que des études



> PHOTO 1 : APEX FANÉ DÙ AUX PIQÛRES DE *NEZARA VIRIDULA*

bibliographiques réalisées au cours du projet ont permis de mieux caractériser les dégâts engendrés suivant l'espèce de punaise phytophage. Ce travail a été conduit sur les trois cultures étudiées.

– Sur l'aubergine, les dégâts caractéristiques dus aux punaises sont : 1) Le dessèchement de l'apex : symptôme caractéristique de la présence de punaise *Nezara viridula* (Photo 1). Les dégâts sur apex sont essentiellement dus aux larves. 2) La chute des boutons floraux néoformés : *Lygus* spp. comme *N. viridula* piquent les pédoncules des très jeunes boutons floraux [2]. Ces piqûres provoquent l'abscission des boutons floraux qui laisse une cicatrice au ras de la tige (Photo 2). La chute du bouton floral intervient donc bien avant la floraison. 3) Sur les fruits : les principaux symptômes sont l'apparition de « bosses » sur la partie apicale (Photo 3), des décolorations de la robe du fruit, des coulures (gouttes de sève) dues aux piqûres. Ces dégâts sur fruits sont attribués à *N. viridula* et non à *Lygus* spp. Ces piqûres peuvent également favoriser le développement de pathogènes secondaires comme la pourriture grise (*Botrytis*).

– Sur le chou, les piqûres effectuées



> PHOTO 2 : ABSCISSION D'UN BOUTON FLORAL PAR UNE PIQÛRE DE *LYGUS* SPP



> PHOTO 3 : DÉFORMATIONS SUR FRUITS DUES AUX PIQÛRES DE *NEZARA VIRIDULA*

par les punaises du genre *Eurydema* conduisent au jaunissement des tissus piqués, du fait de leur salive phytotoxique [3]. Des piqûres en grand nombre, notamment quand les larves sont encore regroupées (Photo 4), peuvent entraîner des déformations foliaires importantes, des retards de croissance, et des avortements précoces de l'apex de la plante.

– En culture de tomate, les piqûres de *Nesidiocoris tenuis* provoquent la formation d'anneaux nécrotiques (Photo 5) et de boursoufflures sur les apices, pétioles, pousses latérales et tiges. Des piqûres successives entraînent un flétrissement des tiges et des pétioles ce qui affaiblit



> PHOTO 4 : DÉGÂTS LIÉS AUX PIQÛRES D'*EURYDEMA* SP. SUR CHOU



> PHOTO 5 : DÉGÂTS LIÉS AUX PIQÛRES DE *NESSIDIOCORIS TENUIS* SUR TOMATE



© INRAE/Jean-Claude Streito

> PHOTO 6 : DÉTAIL DE LA PILOSITÉ SUR L'HÉMÉLYTRE DE *LYGUS RUGULIPENNIS* - PILOSITÉ FORTE



© INRAE/Jean-Claude Streito

> PHOTO 7 : DÉTAIL DE LA PILOSITÉ SUR L'HÉMÉLYTRE DE *LYGUS PRATENSIS* - PILOSITÉ FAIBLE



© INRAE/Jean-Claude Streito

> PHOTO 8 : DÉTAIL DE LA PILOSITÉ SUR L'HÉMÉLYTRE DE *LYGUS GEMELLATUS* - PILOSITÉ FAIBLE

fortement les plantes et peut bloquer leur croissance. Au niveau des boutons floraux, les piqûres provoquent des coulures de fleurs et des bouquets désorganisés. Par ailleurs, des ponctuations et un halo vert peuvent apparaître sur les fruits piqués [4].

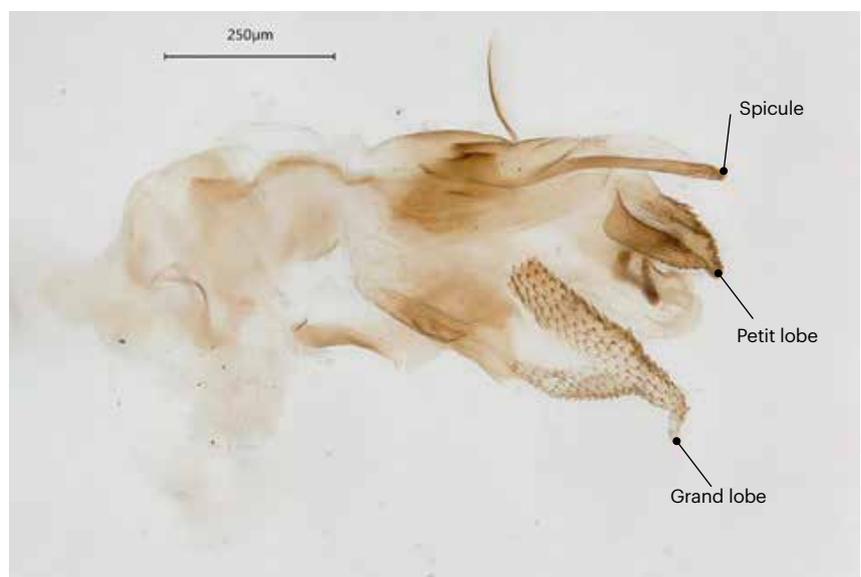
RÉVISION DES GENRES *LYGUS* ET *EURYDEMA*

INRAE-GBGP (Montpellier) a conduit des travaux de taxonomie intégrative afin de proposer une révision des genres *Lygus* et *Eurydema*. Les objectifs de cette étude étaient de clarifier la diversité réelle présente et de proposer des outils d'identification fiables pour les espèces rencontrées dans chaque genre. Pour cela, un travail bibliographique a été réalisé, accompagné d'un travail important de révision des méthodes d'identification morphologique et moléculaires, à partir des spécimens en collection, complétés par ceux prélevés sur le terrain par les partenaires du projet.

Bien que d'aspects relativement proches, la différenciation des punaises du genre *Lygus*, avec les autres genres de *Miridae* (*Adelphocoris*, *Closterotomus*) présents en culture légumière, ne pose pas de problème pour un œil exercé. Des fiches de reconnaissance ont été réalisées par le CBGP pour faciliter ces identifications par les partenaires du projet. Ces fiches seront mises à disposition plus largement dans une prochaine publication. En revanche, au niveau de l'espèce, l'iden-

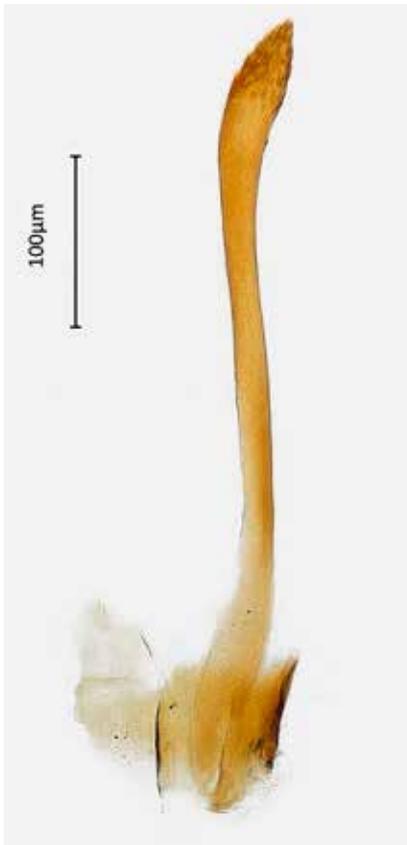
tification des *Lygus* est impossible avec les critères morphologiques actuels [5]. Trois espèces de *Lygus* sont recensées en culture légumières : *L. rugulipennis*, *L. pratensis*, *L. gemellatus*. La taxonomie du genre *Lygus* n'a jamais pu être résolue de manière satisfaisante par des critères morphologiques et leur identification est un verrou important pouvant expliquer la méconnaissance des cycles biologiques des différentes espèces. Des spécimens ont été collectés par les partenaires tout au long du projet et envoyés au CBGP pour participer à ce travail de systématique. Le principal résultat est qu'il existe peu de différences entre les espèces actuellement reconnues au sein du genre

Lygus, et ce aussi bien pour les espèces européennes que pour les espèces américaines étudiées. Sur la base de la morphologie, les caractères étudiés (forme et taille du spicule, pilosité et ponctuation sur les hémélytres) permettent de séparer *L. rugulipennis* d'un côté (*forte pilosité*, Photo 6) et deux groupes d'espèces (*à pilosité moins forte*, Photos 7 et 8) : un groupe formé des espèces *pratensis*, *punctatus*, et *wagneri* (avec un pénis à gros spicule terminé en pinceau ou spatule, Photos 9 et 10) et un groupe avec les espèces *gemellatus*, *maritimus*, *italicus* (spicule pointu plus petit, Photo 11). Les analyses moléculaires réalisées sur cinq gènes n'apportent pas de réelle infor-



© INRAE/Jean-Claude Streito

> PHOTO 9 : DÉTAIL DES PIÈCES GÉNITALES MÂLES DE *LYGUS* UTILISÉES POUR L'IDENTIFICATION MORPHOLOGIQUE



> PHOTO 10 : DÉTAIL D'UN SPICULE LARGE TERMINÉ EN SPATULE DE *LYGUS PRATENSIS*

© Inrae/Jean-Claude Streito



> PHOTO 11 : DÉTAIL D'UN SPICULE FIN DE *LYGUS GEMELLATUS* - PILOSITÉ FAIBLE

© Inrae/Jean-Claude Streito

mation complémentaire. Elles séparent assez clairement *L. rugulipennis* des autres espèces européennes et montrent que cette espèce est plus proche des espèces d'Amérique du Nord. Aucun des gènes étudiés ne permet de séparer les six autres espèces qui forment des clades variant d'un gène à l'autre et qui sont mal supportés. De toute évidence, certaines des espèces de *Lygus* étudiées sont de simples formes de coloration et n'ont pas d'existence biologique (*id* est mêmes espèces). Aussi, il sera proposé d'en mettre plusieurs en synonymie.

Les conséquences agronomiques de cette étude seraient une diminution du nombre d'espèces à prendre en compte et donc une simplification de l'identification. D'un point de vue pratique, il semble important de différencier *L. rugulipennis* des autres espèces qui ne seraient plus qu'au nombre de deux (*L. pratensis* et *L. gemellatus*). Cela est possible morphologiquement mais reste difficile (dissection des pièces génitales obligatoire). Moléculairement, une analyse basée sur l'étude d'un fragment de gène de la Cytochrome Oxydase I (COI), permet en général de

séparer *L. rugulipennis* mais pas *L. pratensis* de *L. gemellatus*. Par ailleurs, il est possible que des hybridations puissent avoir lieu entre toutes ces espèces, ce qui complique encore l'identification moléculaire. Une clé d'identification morphologique a été rédigée pour différencier ces trois espèces. Elle permettra l'identification des espèces et de poursuivre de façon plus rationnelle la mise au point de méthode de protection et les études sur la biologie de ces espèces.

Concernant le genre *Eurydema*, en France, huit espèces étaient recensées (Lupoli et Dusoulier, 2015) auxquelles il faut ajouter une espèce ibérique découverte dans les Pyrénées-Orientales durant le projet (Sannier, 2019). Six d'entre elles sont relativement rares et ne se rencontrent généralement pas en cultures, les trois autres *Eurydema ornata*, *E. oleracea* et *E. ventralis* sont très fréquentes et peuvent parfois se trouver en mélange sur la même plante. Ces trois espèces causent régulièrement des dégâts aux cultures de la famille des Brassicaceae. Les clés de détermination prennent en compte des critères sur la couleur du dos et du ventre, ainsi que les

pièces génitales des mâles. Si le genre *Eurydema* ne pose pas de problème de reconnaissance majeur aux entomologistes et agronomes, l'identification de ces espèces est basée sur des critères de coloration que l'on sait être très peu stables et sujets à d'importantes variations liées notamment à des conditions environnementales. Il était donc important de vérifier moléculairement la validité des déterminations.

Les analyses moléculaires (barcoding) basées sur le gène mitochondrial COI permettent de discriminer toutes les espèces d'*Eurydema* d'intérêt agronomique ainsi que les espèces potentiellement invasives *Bagrada hilaris* et *Murgantia histrionica*. La validation des séquences va permettre de compléter la base de données Arthemis du CBGP et Qbank de l'OEPP et fournir, en cas de nouvelles découvertes des séquences permettant d'identifier n'importe quel stade de ces espèces et avec une bonne fiabilité. Il reste pourtant plusieurs problèmes non résolus avec le COI pour le genre *Eurydema*. Il est notamment difficile de différencier *E. oleracea* des espèces sans intérêt agronomique comme *E. herbacea* et *E. sea*, ou encore de différencier des espèces pour lesquelles la diversité génétique est très élevée comme *E. ornata* et *E. fieberii*. Cependant, dans un contexte agronomique où la diversité des *Eurydema* est réduite à trois espèces, le gène COI permet une identification fiable des espèces d'*Eurydema* : ce qui a pu être vérifié au cours du projet IMPULSe. Le fait de circonscrire ainsi l'emploi du barcoding à un contexte particulier permet d'en améliorer la fiabilité même en présence de problèmes taxonomiques non résolus. Le seul problème taxonomique découvert grâce au projet, et qui pourrait avoir des conséquences agronomiques, est l'existence de deux clades géographiques au sein d'*E. ornata*. Cette espèce est en effet une des plus dommageables aux cultures de choux. Si les distances génétiques observées au niveau du COI sont associées à des traits biologiques particuliers, l'introduction d'*E. ornata* de la péninsule ibérique ou d'Afrique du Nord (soit par les transports soit par le réchauffement climatique) pourrait avoir des conséquences en santé des plantes.

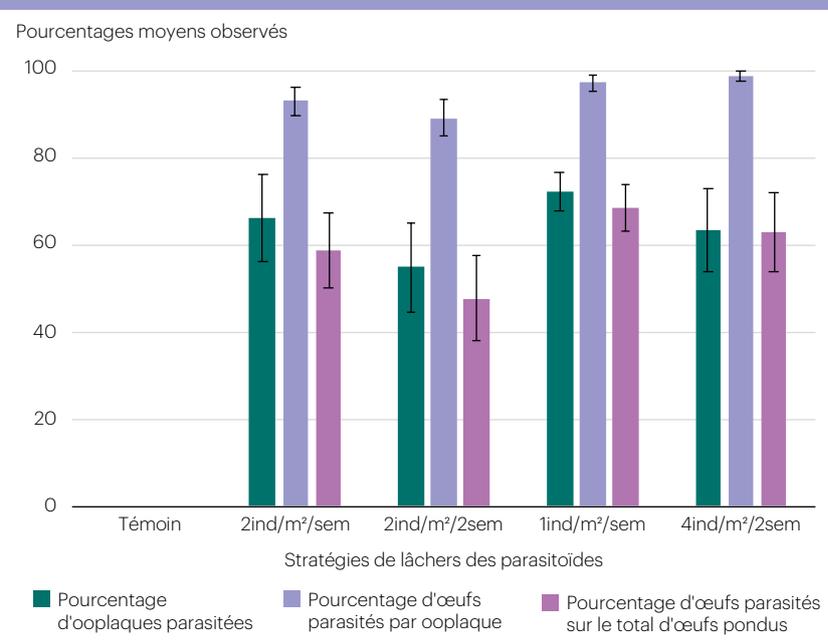
D'un point de vue agronomie et risque phytosanitaire, IMPULSe a donc permis de disposer d'une base de séquences validées qui permet à présent une identi-

fication de tous les stades des *Eurydema* d'intérêt agronomique en Europe occidentale et la surveillance de deux espèces de la tribu des *Strachiini* (« punaises des choux ») potentiellement invasives (*B. hilaris* et *M. histrionica*).

TRISSOLCUS BASALIS : UN PARASITOÏDE EFFICACE CONTRE NEZARA VIRIDULA

En 2018 et 2019, le parasitoïde oophage *Trissolcus basalis* identifié et produit dans le cadre d'IMPULSe par l'équipe RDLB de l'UMR ISA (INRAE PACA) a été évalué en serre expérimentale sur le centre CTIFL de Balandran. Ce parasitoïde des œufs de punaises Pentatomidae, parasite entre autres efficacement la punaise verte *Nezara viridula* [6]. Les essais ont été conduits en culture d'aubergine hors sol. Plusieurs doses et fréquences de lâchers ont été testées pour déterminer une stratégie de protection biologique optimale. Trois indicateurs du parasitisme ont été mesurés pour identifier la stratégie la plus intéressante : 1) le taux d'œuf parasités sur l'ensemble des œuf observés, 2) le nombre d'œuf parasités par œuf parasité et 3) le nombre d'œuf parasités sur le nombre total d'œuf observés. La comparaison statistique des différentes stratégies ne met pas en évidence de différence significative entre les indicateurs mesurés, cependant on observe des tendances fortes. La moda-

FIGURE 1 : Mesure de l'efficacité du parasitisme (% moyen observé pour les 3 indicateurs mesurés en fonction de la stratégie de lâchers étudiés)

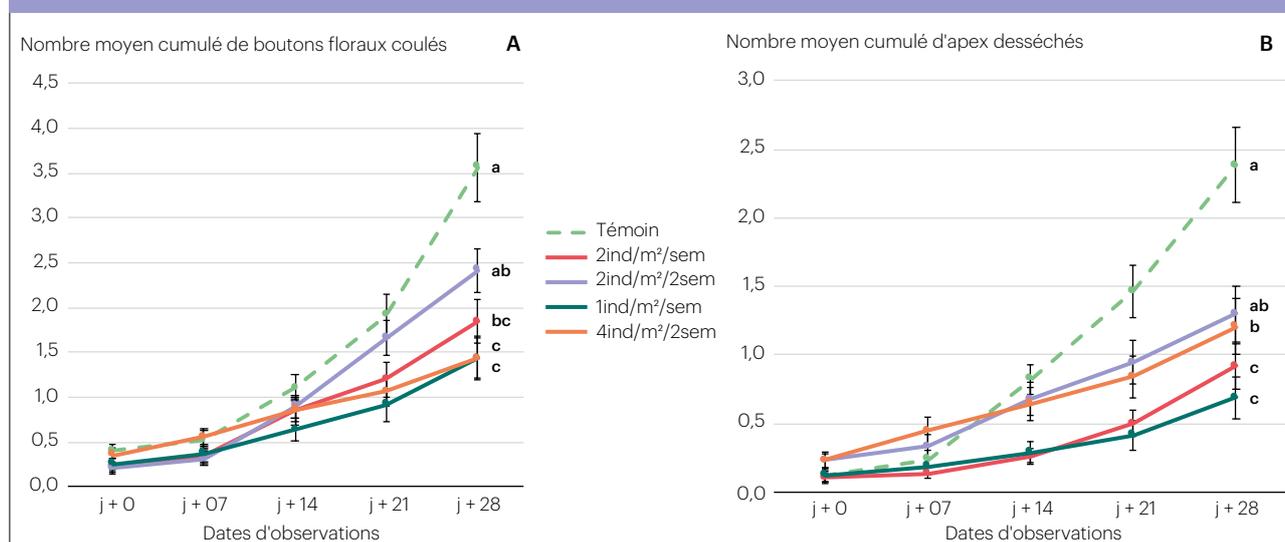


Les barres d'erreurs représentent l'erreur standard

lité avec l'introduction de 2 individus/m² toutes les deux semaines présente systématiquement les résultats les plus faibles pour les trois indicateurs mesurés. En revanche, la modalité avec l'introduction des parasitoïdes à la dose d'1 individu/m²/semaine présente les résultats les plus élevés sur 2 des 3 indicateurs, avec respectivement 72 % d'œuf parasités et 68 % d'œuf parasités au total (Figure 1). De plus, les dégâts recensés sur la culture

étaient significativement plus faibles dans cette stratégie en comparaison des autres stratégies testées. En effet, 28 jours après l'introduction des parasitoïdes à la dose d'1 individu/m²/semaine, on observe une réduction de 60 % du nombre de boutons floraux détruits ou touchés (Figure 2A) et une réduction de 71 % du nombre d'apex desséchés (Figure 2B) par rapport au témoin sans lâcher de parasitoïdes. Cette stratégie semble donc être la plus

FIGURE 2 : Évolution des dégâts liés aux piqûres de punaises en fonction de la stratégie de lâcher des parasitoïdes



Avec A, les dégâts sur boutons floraux et, B, les dégâts sur apex. Les lettres indiquent les groupes statistiquement différents au seuil de 5 %

intéressante d'un point de vue coût/bénéfice. L'augmentation de la dose d'individus lâchés (2 individus/m²/semaine ou 4 individus/m² toutes les deux semaines) ne permet pas d'améliorer la régulation de la punaise. Ceci pourrait s'expliquer par une compétition entre les femelles pour les hôtes disponibles.

En ce qui concerne le développement de cet auxiliaire parasitoïde, les travaux conduits par l'équipe RDLB permettent d'envisager la faisabilité d'une production de masse de *T. basalis* sur un hôte alternatif, dans une optique de lutte biologique par augmentation, notamment contre les Pentatomidae ravageurs des cultures et en particulier contre *N. viridula*. En effet, la production de *N. viridula* en masse est soumise à des chutes brusques de populations (observées dans différents laboratoires), difficiles à expliquer, rendant complexe une production de masse fiable et constante du parasitoïde sur cet hôte. L'utilisation de pontes issues d'un hôte de substitution, apparaît comme une solution techniquement viable et fiable, permettant une stabilité de production dans nos conditions de laboratoires. Les études conduites sur l'effet de ce changement d'hôte suggèrent toutefois que cela pourrait avoir un impact sur la qualité du parasitisme. En effet, les œufs de *N. viridula* sont parasités de façon plus efficace par les parasitoïdes élevés sur les ooplaques de *N. viridula* que ceux élevés sur hôte de substitution. Les effets, positifs et négatifs de ce changement d'hôtes sont complexes et doivent encore être approfondis. Cependant la facilité à produire, et donc à améliorer la disponibilité potentielle du parasitoïde (production plus importante) pourrait compenser l'efficacité moindre par des lâchers plus massifs.

NESIDIOCORIS TENUIS : DES NÉMATODES ENTOMOPATHOGÈNES POUR UNE STRATÉGIE DE GESTION

Nesidiocoris tenuis (autrefois appelé aussi *Cyrtopeltis*) est une problématique importante en culture de tomate dans les régions du Sud de la France, d'autant plus prégnante en culture hors sol. Les producteurs appliquent déjà une stratégie de gestion qui combine des méthodes physiques : aspiration, frappage et collage sur des bandes engluées, filet aux ouvrants, et

FIGURE 3 : Corrélation entre le nombre de *Nesidiocoris tenuis* piégés sur les panneaux englués et le nombre d'individus moyens observés par plante

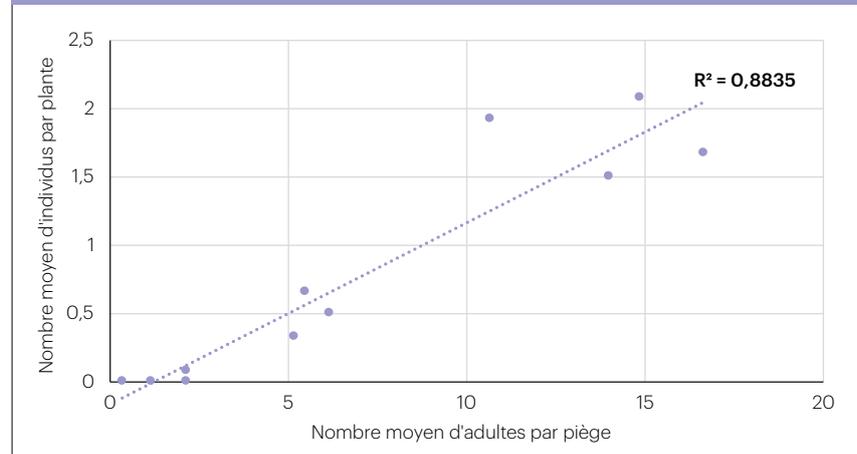
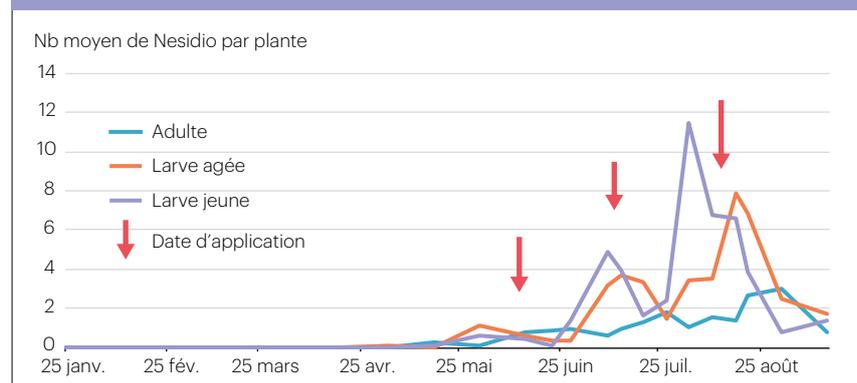


FIGURE 4 : Impact des applications de nématodes entomopathogènes *Steinernema carpocapsae* (Capsanem) sur les différents stades de *Nesidiocoris tenuis*



des méthodes chimiques avec l'application de traitements insecticides en tête de plante. Une évaluation de cette stratégie a été faite dans le cadre du projet IMPULsE. De plus, plusieurs techniques ont été expérimentées vis-à-vis de ce ravageur : panneaux englués de couleurs et auxiliaires (nématodes entomopathogènes). Les premiers essais ont montré l'intérêt des panneaux jaunes à glu sèche pour le piégeage de *N. tenuis* (INFOS-CTIFL n° 355, 2019). Ce travail a été poursuivi et a permis de montrer l'intérêt de ces panneaux pour la réalisation du piégeage de détection précoce, en culture hors sol chauffée et en sol à froid. En effet, il existe une corrélation forte entre le nombre d'individus observés sur les panneaux et le nombre d'individus observés sur les plantes (Figure 3). Il est possible de détecter des adultes de *N. tenuis* sur les panneaux alors qu'aucun adulte n'est observé sur les plantes. Cette technique peut donc

être utile pour déclencher des traitements très tôt sur des foyers identifiés et limiter précocement le développement des populations. En revanche, les essais de piégeage massif n'ont pas été concluants. Toutefois, les partenaires APREL et chambre d'agriculture des Bouches-du-Rhône envisagent de poursuivre ces essais afin d'affiner cette stratégie de piégeage massif. Par ailleurs, en complément de traitements insecticides et de mesures prophylactiques, le produit de biocontrôle à base de nématodes entomopathogènes *Steinernema carpocapsae* (Capsanem-Koppert) a été testé deux années successives en conditions de production, en 2018 et 2019. Le produit, fourni par la société Koppert, a été appliqué en pulvérisation au niveau de la tête des plantes sur environ 60 cm à la dose de 3 millions de nématodes par litre. L'application était effectuée avec l'adjuvant Squad, pour améliorer l'efficacité du traitement. Deux

interventions (essai 2019) et trois interventions (essai 2018) ont été réalisées. Les applications successives permettent de limiter le développement des larves de *N. tenuis* ce qui a pour conséquences de limiter de fortes augmentations de la population (Figure 4). Le constat est identique en 2018 et 2019, *S. carpocapsae* confirme son intérêt pour contenir *N. tenuis*, avec une mortalité induite en particulier sur les larves. Cependant, on observe 15 jours après un traitement, une nouvelle augmentation du nombre de larves. Il est donc important de répéter les applications. Les observations réalisées en 2018 et 2019 par l'APREL suggèrent que les conditions d'application sont essentielles pour une bonne efficacité. Des conditions trop sèches semblent défavorables à l'action des nématodes. De plus, un effet de Capsanem est observé sur *Macrolophus*. Les applications doivent donc être raisonnées en prenant en compte cet auxiliaire. Une pulvérisation localisée en tête permet notamment de limiter l'impact sur *Macrolophus*.

À noter que le partenaire Koppert France travaille également au développement des nématodes entomopathogènes pour la gestion des punaises *Lygus* et *Nezara*. Plusieurs screenings ont été réalisés au laboratoire au cours du projet.

LES FILETS DE PROTECTION : INTÉRÊTS ET LIMITES

SUR AUBERGINE

Les filets insect-proof ont été étudiés par le CTIFL sur le centre de Balandran et par INVENIO sur le site de Sainte-Livrade, en culture d'aubergine sous tunnel de 8 m (Photo 12). Sur les deux sites, une modalité (un tunnel Sainte-Livrade) sans filet a été comparée à une modalité (un tunnel) avec filet de protection Texinov TIP1000 avec aération latérale, et une maille carrée de 950 µm. Cette maille est adaptée pour bloquer les adultes de *Lygus* spp, et a fortiori ceux de *Nezara viridula*, de taille plus grande. D'autres ravageurs peuvent aussi être bloqués comme les doryphores et les papillons de noctuelles.

Au total, sur les trois années du projet, quatre essais ont donné des résultats exploitables, et satisfaisants en termes de contrôle. La technique confirme son efficacité. Sur l'ensemble de ces essais, les résultats montrent une réduction signi-



> PHOTO 12 : TUNNEL 8 M À AÉRATION PAR RELEVAGE LATÉRAL ÉQUIPÉ D'UN FILET INSECT-PROOF (TIP1000, TEXINOV) SUR LES OUVRANTS ET D'UN SAS DEVANT LA PORTE SUR LE CENTRE CTIFL DE BALANDRAN

ficative du nombre de punaises dans les tunnels équipés de filet (Figure 5).

Ce résultat concerne à la fois les punaises *N. viridula* et *Lygus* spp. Le niveau de dégâts est corrélé au niveau de population des punaises dans les tunnels. Ainsi, les dégâts sur les apex et les boutons floraux sont significativement plus faibles dans les tunnels équipés de filet que dans les tunnels sans filet (Figure 6). En moyenne, sur les deux sites et les trois années d'essais, nous avons observé 3 % de boutons floraux néoformés sectionnés par les punaises dans les tunnels avec filet contre 18 % dans les tunnels témoin sans filet.

Les rendements ont également été évalués à la fin de chaque essai, pour 3 essais sur les 4 réalisés. Dans 2 essais sur 3, il était

supérieur dans les tunnels protégés avec les filets par rapport aux tunnels sans filet. La production d'aubergine était supérieure de 1 kg/m² en 2017, et de 7 kg/m² en 2019 dans les tunnels avec filet. À noter qu'en 2018, malgré une différence de production moins importante (la production était inférieure de 1 kg/m² dans le tunnel avec filet), le niveau de dégâts était significativement plus important dans le tunnel sans filet. Il est possible que la plante puisse, dans une certaine mesure, compenser les fleurs détruites par les punaises mais cela ne permet pas d'éviter les « trous » de production liés à l'absence de fleurs à un moment donné. Cette technique nécessite cependant quelques préalables et présente certaines limites :

FIGURE 5 : Impact de la protection des filets insect-proof sur les populations de punaises phytophages

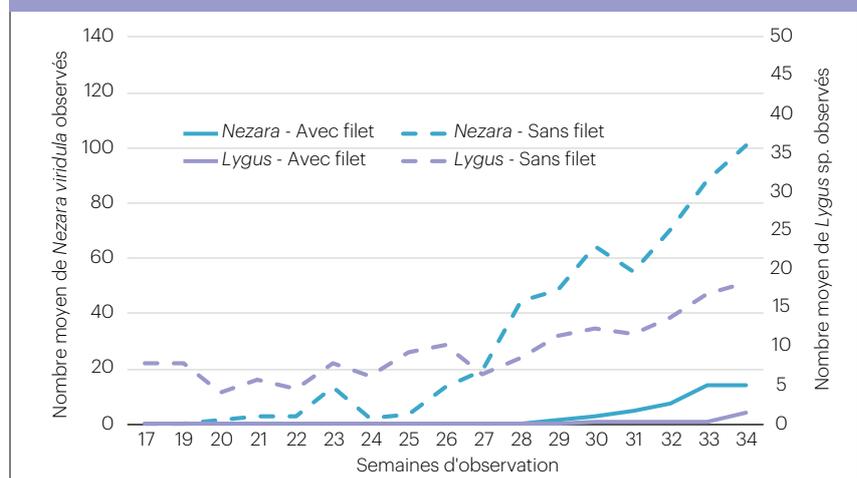
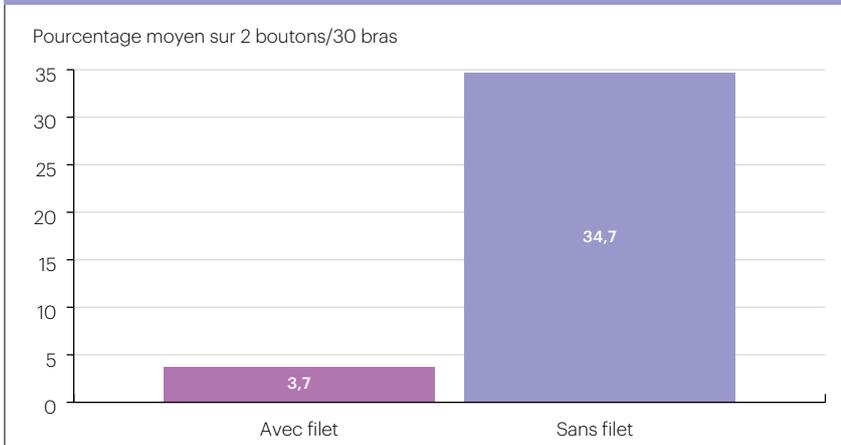


FIGURE 6 : Pourcentage de boutons floraux détruits par les punaises dans les modalités avec et sans filet



Essai conduit par INVENIO en 2019 sur aubergine, en tunnel plastique 8 m. Observations réalisées du 23/04/2019 au 15/10/2019

- Il est indispensable de s'assurer de l'absence de punaises sur la culture avant la fermeture du filet et notamment de bien vérifier qu'il n'y ait pas d'insectes ravageurs hivernants pouvant être source de nouvelles populations.
- Garantir une étanchéité maximale de l'abri. La moindre entrée (déchirures, mauvais recroisement des filets...) peut mettre à mal la technique.
- Optimiser les portes d'entrée dans l'abri pour faciliter les différentes interventions culturales à réaliser par le personnel dans les abris, avoir des sas d'entrée comme en serre de pépinière.
- Le filet peut réduire les entrées de certains auxiliaires et pollinisateurs naturels. Il faudra donc en tenir compte dans la conduite culturale et l'élaboration des stratégies de protection.
- Positionner des ruches à bourdons dans les serres avec filets pour améliorer la nouaison potentiellement restreinte par le manque de circulation d'air ?
- Le filet réduit l'entrée de l'air dans l'abri. En conséquence, il est essentiel de poser des filets sur des abris possédant une surface d'aération importante sous peine d'avoir de fortes répercussions sur le comportement général des plantes (emballage végétatif, défaut de nouaison, développement de maladies cryptogamiques dont *Botrytis* sp.). Dans le Sud-Ouest, Les tunnels avec écarteurs de bâches semblent peu adaptés à cette technique en raison du faible renouvellement d'air alors que les tunnels équipés d'aération latérale permettent une aération correcte. Dans le Sud-Est,

les deux systèmes donnent des résultats satisfaisants.

SUR CHOU

La chambre d'agriculture des Bouches-du-Rhône avait mis en évidence l'efficacité des filets sur les cultures de choux, lors d'essais conduits avec l'APREL [7]. C'est une méthode de protection intéressante contre les punaises du genre *Eurydema*, mais également contre les altises et les chenilles (piérides, noctuelles...), à condition que la pose du filet soit réalisée correctement (étanchéité complète) et de manière préventive.

Les filets sont déployés dès la plantation sur la culture. Pour cela, les choux sont plantés sur des planches paillées et irriguées au goutte-à-goutte. Des arceaux sont placés de façon à enjamber les planches, pour maintenir le filet au-dessus de la culture. Le filet est déroulé à la main ou mécaniquement sur les arceaux, les bordures doivent être enterrées pour assurer que le filet ne s'envole pas et qu'aucun ravageur ne puisse pénétrer à l'intérieur. Les filets sont généralement retirés à la fin de la période d'activité des punaises (octobre). Ils peuvent toutefois être enlevés avant si la culture se développe trop. L'essai a montré que le filet ne modifie pas le climat dans des proportions pénalisant la culture. Les températures moyennes sont identiques entre les parcelles avec et sans filet. On observe toutefois des températures maximales supérieures sous les filets. Par conséquent, le climat était légèrement plus sec sous les filets. En revanche, le

filet a eu un grand intérêt dans la protection de la culture. Les modalités de l'essai avec filet étaient exemptes de punaises et d'altises jusqu'à leur retrait, contrairement aux modalités témoin, où les ravageurs étaient présents très tôt et en forte densité, induisant des dégâts conséquents. Les filets permettent donc de protéger les choux en début de culture, lors de la période la plus délicate pendant laquelle ces ravageurs sont les plus actifs et transpirent depuis les adventices qui dépérissent avec l'été. La protection intervient également au moment le plus important, quand les plantes sont peu développées et les plus vulnérables aux attaques des punaises qui peuvent provoquer l'avortement de l'apex. Il faut cependant s'assurer de mettre en place les filets le plus tôt possible et de la manière la plus étanche possible, pour éviter un développement des ravageurs à l'intérieur des filets.

Une étude technico-économique approfondie réalisée par la chambre d'agriculture des Bouches-du-Rhône dans le cadre du projet IMPULS E a permis de montrer que cette protection est néanmoins coûteuse. La majorité de la dépense vient du filet, mais aussi du coût d'achat et d'utilisation des machines pour mécaniser la pose. En effet, la mécanisation représente un investissement, mais c'est une solution très vite rentabilisée par des économies de temps de travail et donc de coût de main-d'œuvre, d'autant plus que la surface est importante. La pose manuelle est difficilement réaliste pour être considérée, elle se réserve à de petites surfaces non mécanisables. Les surcoûts générés par cette protection font qu'elle n'est pas rentable en agriculture conventionnelle. Cependant, elle peut s'avérer intéressante dans des cas particuliers, pour des exploitations : 1) souffrant de beaucoup de dégâts de punaises sur choux [lors de plantations précoces (juin à mi-août)] ; 2) avec peu de moyens de protection et ; 3) commercialisant à des prix assez élevés. Idéalement, le prix de vente moyen doit être au minimum de 1,45 €/pièce (type choux-fleurs ou choux-pommés) pour obtenir une rentabilité satisfaisante. Dans le contexte conjoncturel actuel, les cultures en agriculture biologiques seraient donc les plus à même d'être protégées par des filets. Enfin, deux critères supplémentaires ont été identifiés comme favorisant la protection physique par filets : la mécanisation de l'exploitation

et les surfaces cultivées. Plus elles sont importantes, mieux l'exploitation rentabilisera les charges des machines, en les utilisant davantage sur les cultures de choux, mais aussi d'autres espèces pour la pose de paillage plastique (melon, courgette, salade, etc.).

LES PLANTES PIÈGES : UNE PISTE À POURSUIVRE

Il s'agit d'attirer les punaises phytophages sur des végétaux plus attractifs que la culture en place, puis de les éliminer, évitant ainsi que les ravageurs ne pénètrent dans la culture à protéger. Sur un site de la station d'INVENIO, une bande de luzerne a été implantée de chaque côté d'un tunnel d'aubergine. Les punaises Pentatomidae (comme *N. viridula*) sont moyennement attirées et colonisent davantage les aubergines. En revanche, les punaises Miridae sont fortement attirées par la luzerne. Cependant les espèces retrouvées en grand nombre ne sont pas celles que l'on souhaite piéger. En effet, on trouve en majorité des punaises du genre *Adelphocoris*, peu présentes sur l'aubergine ; *Lygus* est finalement peu présent dans la luzerne dans les conditions de l'essai. En 2018, l'essai est reconduit mais associé à la mise en place de plantes potentiellement répulsives, comme la tanaïse au sein de la culture, couplée à la présence de plantes pièges (vesce-phacélie) en bordure de parcelle. Cependant, la tanaï-

sie a fortement attiré la punaise *N. viridula* au lieu de la repousser. Il va donc falloir revoir le rôle de cette plante dans la stratégie et réfléchir à d'autres espèces végétales d'intérêt.

Cette approche a également été utilisée en culture de chou de plein champ, afin de réduire les dégâts causés par les punaises du genre *Eurydema*. En 2017, le GRAB a testé la moutarde et le colza implantés à l'extérieur de la parcelle de chou. Le colza s'est révélé être la plante piège la plus intéressante car il est plus attractif et présente une durée de vie plus longue que la moutarde (Photo 13). En effet la moutarde monte vite à graine et ne permet pas de couvrir la totalité du cycle cultural du chou. En 2018, l'implantation a été modifiée en insérant les plantes dans les rangs de chou à protéger sans réduire la densité de ces derniers ; la date de plantation des plantes pièges a été décalée pour une implantation en même temps que la culture à protéger et afin que les plantes pièges ne jouent pas le rôle de « réservoir à punaises phytophages » comme en 2017, où le semis avait été plus précoce (1 mois avant la culture). Les résultats obtenus confirment l'intérêt du colza par rapport à la moutarde. Dans les parcelles protégées avec le colza, il a été observé une réduction des populations de punaises et une réduction des dégâts de piqûres sur les choux. En 2019, la moutarde a été écartée et les planches de chou étaient protégées avec des plants de colza uniquement, co-plantés avec la



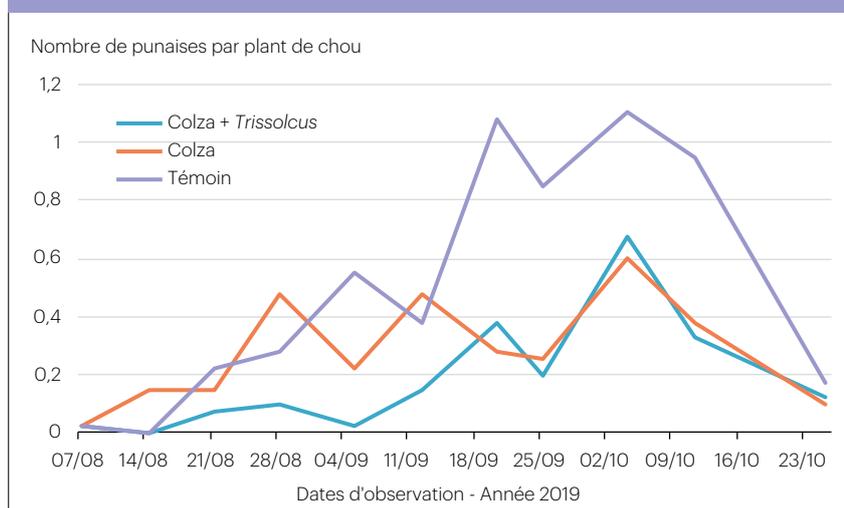
> PHOTO 13 : PUNAISE EURYDEMA SP. PRÉSENTE SUR UNE PLANTE PIÈGE DE COLZA

© GRAB

culture. Autre modification, une modalité combinant la plante piège de colza et des lâchers du parasitoïde *T. basalis* (en 2018 observation d'un bon taux de parasitisme sans lâcher) a été testée, en comparaison de la modalité avec les plantes pièges uniquement. Dans un contexte de pression altises et punaises plus faible qu'en 2018, le colza en tant que plante-piège a confirmé son intérêt : les punaises sont moins nombreuses dans les parcelles co-plantées en colza, et les dégâts, déjà faibles dans le témoin ont encore été réduits. Il a été difficile de mettre en évidence l'intérêt des lâchers du parasitoïdes *T. basalis*. Très peu de pontes ont pu être détectées et repérées dans les parcelles, ce qui n'a pas permis d'évaluer le taux de parasitisme des ooplaques. Jusqu'au 12/09, les effectifs de punaises étaient inférieurs dans la modalité colza + parasitoïdes, comparée à la modalité colza seul. Il est difficile d'attribuer cet effet, non statistiquement significatif, aux lâchers effectués (Figure 7). Il s'agit là d'une première année d'évaluation pour cette combinaison de méthodes qui devra être étudiée de nouveau pour confirmer son intérêt.

Outre l'attractivité des plantes de service, l'efficacité de cette technique dépend également de la destruction efficace des individus piégés afin qu'ils ne réinfestent pas la culture. En 2017, la régulation des

FIGURE 7 : Évolution de la population de punaises *Eurydema* sur la culture de chou en fonction des modalités de protection testée (plantes pièges seules ou plantes pièges + *Trissolcus basalis*)



CE QU'IL FAUT RETENIR

Les filets insect-proof et le parasitoïde *Trissolcus basalis* sont des méthodes efficaces pour la gestion de la punaise *Nezara viridula* en culture d'aubergine. Concernant les punaises du genre *Lygus*, les filets représentent également la méthode la plus intéressante. En culture de tomate, l'utilisation des panneaux jaunes englués à glu sèche pour la détection, et des nématodes entomopathogènes pour le contrôle représentent une combinaison efficace pour la gestion de *Nesidiocoris tenuis*. Enfin, le colza piège efficacement les punaises du genre *Eurydema*, réduisant ainsi les dégâts sur chou. Cette stratégie demande à être affinée : notamment le contrôle des populations de punaises phytophages sur la plante piège de colza.

populations de punaises sur les plantes pièges a été réalisée par aspiration, en 2018, à l'aide d'un filet fauchoir. L'aspiration est une technique efficace mais peu persistante dans le temps. Elle demande également un temps de travail important. À ce stade, cette technique semble difficilement transférable en production pour traiter des surfaces importantes, bien qu'il existe des exemples dans d'autres cultures légumières [8]. Quant à la régulation grâce au filet fauchoir, elle s'est révélée tout aussi efficace que l'aspiration mais reste également à adapter pour envisager un transfert de la technique en production. Il existe donc encore un verrou technique pour le traitement des plantes pièges qui doit être levé pour parvenir à diffuser plus largement cette technique.

POURSUITES EXPLORATOIRES

Les punaises entomophages du genre *Nabis* pourraient constituer une autre piste pour le contrôle biologique des punaises phytophages. Des prélèvements d'individus ont été réalisés sur le terrain en 2017, ils ont donné lieu à des tests de prédation préliminaires en conditions contrôlées sur *N. viridula* et *Lygus*. Les premières observations par le CTIFL et INVENIO montrent que la prédation de *Nabis* en condition de non-choix sur *N. viridula* (c'est-à-dire pas de proie alternative à *N. viridula*) est importante, aux stades L1 et L2. C'est également le cas pour *Lygus* jusqu'au stade L4. Ce prédateur pourrait donc avoir un rôle intéressant sur la régulation des larves des punaises phytophages en culture d'aubergine. Parmi les prédateurs échantillonnés et testés, l'INRAE CBGP a identifié l'espèce *Nabis pseudoferus*. Il est probable que les espèces du genre *Nabis* soient polyphages. Il faut maintenant étu-

dier leur biologie, leur comportement, les interactions avec d'autres auxiliaires et confirmer leur innocuité sur la plante.

De nouveaux projets, pour développer les méthodes de contrôle de punaises *Miridae* notamment *Lygus* spp., sont en cours de préparation. Les méthodes étudiées incluent notamment les parasitoïdes de *Lygus*, les méthodes physiques comme l'aspiration, les produits de biocontrôle et les plantes de services (plantes pièges et réservoirs à auxiliaires). Ces nouvelles orientations font suite d'une part, au besoin d'affiner les stratégies de protection qui se sont avérées intéressantes au cours du projet IMPULSe, et d'autre part de répondre aux difficultés rencontrées pour la collecte et la mise en élevage du parasitoïde indigène de *Lygus* sp. : *Peristenus relictus*. Ces projets s'intéressent également à d'autres *Miridae* phytophages comme ceux du genre *Orthops* problématiques sur production de semences par exemple, ou *Liocoris tripustulatus* sur fraise. L'objectif est de préciser les éléments de biologie de ces punaises phytophages (dynamiques, espèces de plantes hôtes réservoirs, etc.), et rechercher des parasitoïdes en vue de les évaluer comme agents de lutte biologique dans une optique de lâchers inondatifs.

Un autre projet a été déposé pour travailler sur les punaises de la famille des Pentatomidae. Il concernera les couples ravageurs - culture suivants : *Nezara viridula* sur aubergine et concombre, *Eurydema* sp sur choux et *Halyomorpha halys* sur kiwi. Suivant les cultures, il est prévu de conduire des travaux avec comme objectif une meilleure connaissance de la biologie des ravageurs (lieux d'hivernation, suivi de la maturité ovarienne...) pour mieux appréhender les stades d'intervention sur ces punaises. De même il est prévu de rechercher des pontes naturelles pour compléter la

gamme des auxiliaires naturels potentiels. Ainsi différentes solutions de contrôle pourront être testées : l'introduction de parasitoïdes (*Trissolcus basalis* entre autres), la destruction d'adultes hivernants et la protection mécanique, des solutions de biocontrôle et la combinaison de différentes méthodes. ■

¹ Le projet IMPULSe est réalisé avec le soutien financier de l'OFB et du Casdar (2017-2020), sous l'égide des ministères de l'Agriculture et de l'Environnement et du plan Ecophyto 2. Le projet est labellisé par le GIS PICléG. Les partenaires techniques impliqués sont : CTIFL, INVENIO, APREL, Koppert France, INRAE PACA UMR ISA-RDLB, INRAE Montpellier CBGP, GRAB, chambres d'agriculture 47 et 13, Lycée agricole 47.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Gard, B., Pierre, P., Bardel, A., (2019). Gestion des punaises phytophages en cultures maraîchères. Bilan du projet IMPULSe à mi-parcours. INFOS-CTIFL n° 355 octobre, p. 47-51.
- [2] Pierre, P., Gard, B., Trottin-Caudal, Y., (2017). Maîtrise des punaises en cultures légumières - Les méthodes innovantes du projet Impulse. INFOS-CTIFL n° 337 décembre, p. 25-32.
- [3] Bohinc T., Hrstar R., Košir I. J., Trdan S. 2013. Association between glucosinolate concentration and injuries caused by cabbage stink bugs *Eurydema* spp. (Heteroptera: Pentatomidae) on different Brassicas. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 35(1), p. 1-8.
- [4] Arnó J, Castañé C, Riudavets J, Gabarra R (2010) Risk of damage to tomato crops by the generalist zoophytophagous predator *Nesidiocoris tenuis* (Reuter) (Hemiptera: Miridae). *Bulletin of Entomological Research* 100, p. 105-115.
- [5] Bout, A., Le Goff, I., Cesari, L., Genson, G., Gard, B., Ris, N., Streito, J. C. (2019). Solutions de lutte biologique pour maîtriser les punaises. *Phytoma*, 723, p. 22-27.
- [6] B. S. Corrêa-Ferreira, F. Moscardi, 1996. Biological control of soybean stink bugs by inoculative releases of *Trissolcus basalis*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 79(1), p. 1-7.
- [7] Camoin, L., Ginez, A., Sanlaville, C., Chauprade, M. (2013). Chou - protection physique contre les punaises. Fiche APREL 13-079, 13 pp.
- [8] Swezey S. L., Nieto D. J., Bryer J. A., 2007. Control of Western Tarnished Plant Bug *Lygus hesperus* Knight (Hemiptera: Miridae) in California Organic Strawberries Using Alfalfa Trap Crops and Tractor-Mounted Vacuums. *Environ. Entomol.* 36(6), p. 1457-1465.