



# COLLOQUE FINAL

Appel à projet de recherche 2017

**“ Protection durable des cultures sans néonicotinoïdes : améliorer l’émergent et ouvrir des perspectives innovantes ”**

**MARDI 13 DÉCEMBRE 2022**

**AU MINISTÈRE DE L’ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE**

**AMPHITHÉÂTRE POINCARÉ,**

**25 RUE DE LA MONTAGNE ST GENEVIÈVE, PARIS**

<b>Introduction</b>	<b>3</b>
<b>Programme</b>	<b>4</b>
<b>Fiches Projets</b>	<b>5</b>
<b>AphidInnov</b> Des solutions biologiques adaptées pour le contrôle des pucerons des cultures protégées	<b>6</b>
<b>PLANTSERV</b> Impact des plantes de service sur le contrôle des ravageurs de grandes cultures céréalières	<b>9</b>
<b>STARTAUP</b> Stratégies Alternatives pour la maîtrise de la nuisibilité des TAUPins sur culture de maïs	<b>12</b>
<b>AGRONICOLEG</b> Mise au point de stratégies de protection sans néonicotinoïdes des cultures légumières mettant en jeu des techniques alternatives	<b>16</b>
<b>PALPuF</b> Exploitation des leviers biocontrôle et fertilisation pour la proposition de stratégies de protection alternatives contre les pucerons du fraisier	<b>19</b>
<b>REGULEG</b> Contrôle des ravageurs des cultures légumières à l'aide de plantes de service	<b>22</b>
<b>ABCD-B</b> ABCD de la protection contre les viroses transmises par les pucerons : Biocontrôle et variétés	<b>26</b>

La présente brochure regroupe, sous forme de fiches, les projets présentés dans le cadre du séminaire final et de restitution des projets issus de l'APR : Protection durable des cultures sans néonicotinoïdes : Améliorer l'émergent et ouvrir des perspectives innovantes.

Comité d'organisation : Sibylle DE TARN, Éléonore PASCAL, Sonia LEQUIN & Caroline BOTTOU de l'équipe d'animation Ecophyto (INRAE), Marie-Camille SOULARD (Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires), Antoine LE GAL (Ministère de l'agriculture et de la souveraineté alimentaire) et Xavier REBOUD (INRAE), et Laurence Fontaine (GEVES)

Crédit photo de la couverture : INRAE

Mise en page : Caroline BOTTOU (INRAE)

Colloque financé sur des crédits issus de la redevance pour pollutions diffuses affectés à l'Agence Française pour la Biodiversité pour appuyer les actions du plan Ecophyto.



## Présentation de l'axe Recherche et Innovation du plan Ecophyto II+

**L'axe Recherche et Innovation (axe R&I ou axe 2 du plan Ecophyto II+), intitulé « Améliorer les connaissances et les outils pour demain et encourager la recherche et l'innovation »** vise à mobiliser et structurer les différentes communautés de recherche-innovation pour produire et améliorer les connaissances et les outils nécessaires pour atteindre les objectifs de réduction de l'utilisation des produits phytopharmaceutiques et des risques associés. Il est copiloté par la DRI du CGDD/ MTECT, la DGER/ MASA, la DGS/ MSP et la DGRI/ MESR<sup>1</sup>.

L'axe R&I vise ainsi à mobiliser et orienter l'ensemble du système de recherche-innovation avec de fortes incitations pour la formation et la vulgarisation scientifique, afin d'apporter les connaissances nécessaires pour répondre aux défis posés par la réduction de l'usage des produits phytopharmaceutiques et de leurs impacts, sur la santé et l'environnement.

Pour définir, piloter et mettre en œuvre l'ensemble de ces actions, il s'appuie sur un Comité Scientifique d'Orientation « Recherche et Innovation » (CSO R&I), composé d'une trentaine d'experts de différentes disciplines, nommés intuitu personae et reconnus pour leurs travaux ou leurs engagements sur tous les aspects relatifs à la protection des cultures et à la réduction des produits phytopharmaceutiques, ainsi que de leurs risques et impacts sur la santé et l'environnement.

Son ambition est de poursuivre le décloisonnement disciplinaire afin de porter une vision globale des enjeux et des solutions pour atteindre les objectifs du plan Ecophyto.

### Appel à projets de Recherche & Innovation « Protection durable des cultures sans néonicotinoïdes : améliorer l'émergent et ouvrir des perspectives innovantes »

Lancé en 2017 dans le cadre de la programmation de l'axe 2 « Améliorer les connaissances et les outils pour demain et encourager la recherche et l'innovation » du plan Ecophyto II+ par les ministères chargés de la transition écologique et de l'agriculture, cet appel à projets de recherche et innovation a été **financé par l'Office Français de la Biodiversité (OFB)** à partir des crédits issus de la redevance pour pollutions diffuses, pour des projets d'une **durée maximale de 36 mois**. La dotation financière prévisionnelle de cet appel était initialement de 1,5 M€.

L'appel est structuré autour de deux axes formant un continuum mais portant a priori sur des pas de temps et des consortiums différents :

- ▶ Les solutions émergentes pas encore totalement adoptées et pour lesquelles une amélioration des techniques et des modalités d'utilisation, un accompagnement technique et des référentiels manquent pour leur pleine appropriation sur le terrain et la fiabilisation de leur efficacité .
- ▶ Des nouvelles pistes d'innovation pour étendre les solutions à disposition et poursuivre la spirale vertueuse de moindre dépendance et de moindre impact attaché aux activités de production agricole.

Cet appel a permis de financer 3 types de projet :

- ▶ 6 projets de grande ampleur scientifique et d'interdisciplinarité
- ▶ 4 projets de démonstration ou incubation
- ▶ 2 projets exploratoires

Le présent colloque restitue les résultats des 7 projets d'une durée de réalisation supérieure à 24 mois. Les résultats des projets plus courts ont déjà été restitués lors du séminaire intermédiaire du 18 novembre 2019 ([lien vers la brochure](#)).

De plus amples informations, ainsi que l'accès aux fiches de présentation des projets sont disponibles sur la [page EcophytoPIC](#) dédiée à cet appel.

### Le colloque final des sept projets lauréats

Les objectifs généraux de ce séminaire sont de :

- ▶ Favoriser l'interconnaissance : restituer les résultats des projets lauréats à un public élargi (CSO R&I, Ministères, intervenants du plan Ecophyto) en englobant ce qui a émergé depuis
- ▶ Réfléchir collectivement aux enjeux portés par cet appel, afin d'envisager les plus-values du programme pour répondre aux objectifs de la politique publique Ecophyto, réaffirmer en particulier la nécessité des approches intégrées de gestion à l'échelle des systèmes et des territoires
- ▶ Ouvrir des perspectives et identifier les besoins de consolidation des connaissances et des outils

<sup>1</sup> MTECT : le ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires, MASA : le ministère de l'agriculture et de la souveraineté alimentaire, MESR : le ministère de l'Enseignement supérieur et de la recherche), MSP : le ministère de la santé et de la prévention



Entre 09h00 et 09h30 : Arrivée des participants

**09h30** Accueil et introduction par les copilotes ministériels et Xavier Reboud (Président du CSO RI)

**09h55** Lutte biologique : présentation d'un projet

**AphidInnov** : Des solutions biologiques adaptées pour le contrôle des pucerons des cultures protégées – Anne Le Ralec (Institut Agro)

**10h30** Gestion intégrée à l'échelle des territoires et des paysages : présentation de deux projets

**PLANTSERV** : Impact des plantes de service sur le contrôle des ravageurs de grandes cultures céréalières – Cécile Le Lann (Université de Rennes)

**STARTAUP** : conception de STratégies Alternatives pour la maîtrise de la nuisibilité des TAUPins sur culture de maïs – Ronan Le Cointe (INRAE)

**11h05** Témoignage DEPHY Expé

**Projet AGROSEM** « Actionner les leviers de l'AGROécologie pour produire des SEMences de qualité sans pesticide » : Laura Brun

**11h45** Protection agroécologique des cultures : une approche ordonnée multi-leviers à La Réunion

Jean-Philippe Deguine (CIRAD)

**12h30** Pause déjeuner

**14h00** Combiner les leviers : présentation de 4 projets

**AGRONICOLEG** : Mise au point de stratégies de protection sans néonicotinoïdes de cultures légumières mettant en jeu des techniques alternatives – Damien Penguilly et Jean-Michel Collet (station Caté)

**PAIPuF** : Exploitation des leviers biocontrôle et fertilisation pour la proposition de stratégies de Protection Alternatives contre les Pucerons du Fraisier - Maria-Martha Fernandez (CTIFL)

**REGULEG** : Utilisation de plantes de service pour le contrôle des ravageurs en cultures légumières – Sébastien Picault (CTIFL)

**ABCD\_B** : ABCD de la protection contre les viroses transmises par les pucerons : Biocontrôle et variétés – Nathalie Robin (Arvalis)

**15h00** Pause-café

**15h20** Table ronde « Comment associer les leviers dans des systèmes cohérents dans le cadre élargi des filières et des territoires ? »

Animée par Jean-Noël Aubertot (INRAE, président du CST Ecophyto)

Guy Richard (INRAE) – PNRI

Christian Lannou (INRAE) – Plan Phosmet

Olivier Mora (INRAE) - Prospective Agriculture européenne sans pesticides

**16h40** Tour de table de fin et conclusion de la journée

**17h00** FIN



Projet de grande ampleur scientifique ou d'interdisciplinarité

### Responsable scientifique

**LE RALEC Anne,**  
anne.leralec@agrocampus-ouest.fr,  
Équipe EGI / UMR INRAE  
Institut Agro Rennes Angers  
Université de Rennes 1 IGEPP

### Partenaires

- ▶ Terre d'Essais
- ▶ OBS
- ▶ Savéol Nature CMO
- ▶ If Tech

### Financements

**Coût total du projet :** 404 684 €

**Montant de la subvention Ecophyto :** 211 326 €

### Mots-clés

Cultures sous abri

Pucerons

Parasitoïdes

Spécialisation

Méthodes d'apport

### En bref

La lutte biologique utilisant des insectes auxiliaires produits par des entreprises spécialisées s'est beaucoup développée en cultures sous abris. Certains ravageurs comme les pucerons restent mal contrôlés, les auxiliaires n'étant pas assez efficaces ou pas disponibles. L'hypothèse d'une inadaptation des parasitoïdes commercialisés aux pucerons ravageurs de trois systèmes (semences de brassicacées, cultures de concombres et fraises, en conventionnel et AB) a été testée. Les résultats obtenus permettent la sélection d'espèces et de populations plus efficaces, adaptées aux différents contextes. L'apport précoce, la combinaison parasitoïdes - chrysopes et l'adoption de pratiques culturales favorables à l'installation de la lutte biologique sont des facteurs de renforcement de leur efficacité.

### CONTEXTE ET OBJECTIFS

De nombreuses cultures sous abri rencontrent des problèmes de régulation de populations de pucerons, accentués par la disparition des insecticides néonicotinoïdes et l'augmentation des températures hivernales, qui provoque des attaques précoces.

La lutte biologique, par l'apport d'ennemis naturels des ravageurs est une solution bien adaptée aux cultures sous abri. Ces auxiliaires sont produits et distribués par des entreprises spécialisées et appliqués directement par les producteurs. Cette solution est aussi applicable en agriculture biologique où les pucerons constituent fréquemment une impasse technique.

Sur les cultures ciblées par le projet (semences de choux, fraises, concombres), les principaux auxiliaires utilisés contre

les pucerons sont des hyménoptères parasitoïdes. Mais les espèces commercialisées ne sont pas suffisamment efficaces sur le terrain. AphidInnov a pour objectif de comprendre les causes de cette inefficacité et de proposer des solutions d'amélioration (sélection de populations spécialisées, modalités d'apport, combinaisons d'auxiliaires).

### PRINCIPAUX INTÉRETS ET RÉSULTATS POUR LE PLAN ECOPHYTO

Les communautés de pucerons ont été décrites en culture de concombres et de fraises, où leur composition, leur phénologie et leur variabilité spatio-temporelle étaient mal connues. La culture présentant la plus grande diversité spécifique est la fraise, suivie du concombre et du chou. Les parasitoïdes colonisant spontanément les abris ont

également été identifiés sur les différentes cultures. Certaines espèces font partie des auxiliaires commercialisés pour la lutte biologique sous serre. Ce sont le plus souvent des espèces supposées généralistes, comme *Aphidius ervi* ou *Aphidius matricariae*. L'utilisation de marqueurs moléculaires a cependant montré des différences de structure et de variabilité génétiques entre les individus sauvages ou issus d'élevages de masse, pour plusieurs d'entre elles. Ces différences pourraient s'accompagner d'une spécialisation trophique, autrement dit de spectres d'hôtes différents entre ces entités. Les tests d'efficacité parasitaire réalisés confirment des différences d'adéquation entre les hôtes cibles et les parasitoïdes sauvages ou commercialisés.



Figure 1 : *Aphidius colemani* parasitant le puceron *Aphis gossyli*,  
crédit photo : Bernard Chaubet, INRA.

La mise en évidence de populations sauvages adaptées aux pucerons cibles permet d'envisager le développement de produits commerciaux plus efficaces. D'autre part, des parasitoïdes spécialistes non commercialisés et présentant un intérêt potentiel élevé pour le contrôle de certaines espèces de pucerons ont été identifiés. L'acquisition des connaissances biologiques nécessaires au développement d'un élevage de masse d'un parasitoïde spécifique du puceron du fraisier *Chaetosiphon fragaefolii* a permis de conclure à la faisabilité d'une telle production.

Des essais d'efficacité du parasitoïde *Diaeretiella rapae* pour contrôler les populations du puceron cendré du chou en production de semences de Brassicacées pour l'agriculture biologique ont démontré la nécessité d'une installation précoce du parasitoïde dans les tunnels, dès la plantation des choux à l'automne. La combinaison de ces lâchers précoces avec des apports d'œufs de chrysopes par un atomiseur adapté (Pulzor®) conduit à un meilleur contrôle des pucerons obtenu, mais à un niveau encore insuffisant pour assurer la production de graines. La nécessaire augmentation des doses d'apport du parasitoïde implique le développement d'un élevage de masse.

En culture de concombre, la ré-évaluation de la nuisibilité effective des pucerons et la combinaison de méthodes culturales (mode de palissage, effeuillage), d'apports de parasitoïdes bien identifiés (*Aphidius ervi*, *Aphidius colemani*, *Praon volucre*) et la gestion différenciée des feuilles coupées pour favoriser leur installation aboutissent à des niveaux de dégâts faibles.

Ce projet va permettre d'apporter des solutions biologiques, à court et moyen termes, pour lever le verrou technique représenté par les pucerons dans les cultures sous abris étudiées, avec des réductions d'IFT sur fraise et des résultats transférables aux productions conventionnelles pour le concombre et les semences de choux.

## GÉNÉRICITÉ DES RÉSULTATS

L'intérêt des entreprises produisant les insectes auxiliaires est de privilégier des espèces à caractère généraliste pour la lutte biologique par augmentation, méthode utilisée majoritairement dans les cultures sous abris. Les résultats du projet AphidInnov soulignent l'importance de considérer la diversité spécifique et intra-spécifique des ravageurs ciblés et des auxiliaires utilisés pour atteindre une efficacité satisfaisante de cette méthode. Ils montrent aussi la nécessité d'adapter les techniques culturales pour rendre l'environnement serre favorable à l'installation des auxiliaires sur plusieurs générations. Ces pratiques doivent être compatibles avec les mesures prophylactiques visant elles, à limiter le développement des populations de bioagresseurs. Les cas d'étude du projet AphidInnov ont produit des références méthodologiques et techniques pour réaliser ces adaptations.



Figure 2 : Momies de puceron *Brevicoryne brassicae* parasité par le parasitoïde *Diaeretiella rapae*, crédit photo : Bernard Chaubet, INRA.

## VALORISATIONS ET TRANSFERT

### Transfert

L'identification et la caractérisation d'insectes parasitoïdes potentiellement aptes à contrôler les populations de pucerons sur fraisiers a conduit la profession (AOPn Fraises de France & CMO) à créer en 2021 une nouvelle structure de production d'auxiliaires pour les producteurs affiliés à l'AOP, l'entreprise Frais'Nat à Guipavas (29). Elle produira une espèce spécialiste d'un des pucerons les plus nuisibles sur fraisier, identifiée dans AphidInnov, et des populations d'au moins une espèce généraliste, efficaces contre d'autres pucerons.

### Recherche

Un projet collaboratif (*Aphidius 2.0*) porté par l'entreprise Frais'Nat, avec l'UMR IGEPP, Savéol Nature et la coopérative Scafel pour partenaires, a été retenu dans le cadre de l'appel à projet Ecophyto Maturation 2021. Il vise à confirmer la relation entre variabilité génétique et efficacité parasitaire et à définir les conditions d'élevage permettant de conserver durablement une variabilité adéquate dans des élevages de parasitoïdes commerciaux garantissant leur adaptabilité et leur efficacité. Par ailleurs, une thèse CIFRE financée par l'AOPn Fraises de France et encadrée à l'IGEPP a débuté en octobre 2022 ; elle concerne l'influence relative des pratiques culturales et de l'environnement des serres de

production sur les communautés d'insectes phytophages et auxiliaires au sein des abris.

## Livrables et évènements de valorisation

### PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

- ▶ Postic E., Le Ralec A., Buchard C., Granado C., Outreman Y. 2020, a. *Variations in community assemblages and trophic webs between aphids and parasitoids in protected crops*. Ecosphere, 11(5): e03126. 10.1002/ecs2.3126
- ▶ Postic E., Le Ralec A., Buchard C., Granado C., Outreman Y. 2020, b. *Variable impacts of prevalent bacterial symbionts on a parasitoid used to control aphid pests of protected crops*. Biological Control, 148, 104302.
- ▶ Postic E., Outreman Y., Derocles S.A.P., Granado C., Le Ralec A. 2021. *Genetics of wild and mass-reared populations of a generalist aphid parasitoid and improvement of biological control*. PlosOne, 16(4): e0249893

### ARTICLE(S) DE VULGARISATION

- ▶ Floury H., *Concombre en agriculture biologique, la lutte contre les pucerons se «systémise»*, Aujourd'hui et Demain, Février 2019, n°138.

### JOURNEE(S) TECHNIQUE(S) ET COLLOQUES SCIENTIFIQUES(S)

- ▶ Postic E., Outreman Y. & Le Ralec A., (2018). *Bacterial endosymbionts compromise the efficiency of aphid biological control in strawberry crops*. International conference on Ecological Science (SFEcologie 2018). Rennes, France.
- ▶ Postic E., Buchard C., Outreman Y. & Le Ralec A., (2019). *Unravelling trophic webs between aphids and parasitoids in strawberry greenhouses to improve a biological control program*. Uk-France Joint Meeting on Aphids. Harpenden, UK, 2019/04/03-05.
- ▶ Le Ralec A. 2020. *Lutte biologique contre les pucerons des fraises sous abris : quelles pistes d'amélioration ?* Introduction. SIVAL 2020, Angers (Conférence invitée).
- ▶ Postic E. 2020. *Lutte biologique contre les pucerons des fraises sous abris : quelles pistes d'amélioration ?* SIVAL 2020, Angers (Conférence invitée).
- ▶ Postic E., Saliou C., Outreman Y., Le Ralec A. 2020. *Les insectes parasitoïdes commercialisés pour lutter contre les pucerons en cultures sous abris sont-ils bien adaptés à leur cible ?* Webinaire Ctifl «Les légumes en agriculture biologique» (03/12/21).
- ▶ Postic E., 2021 *Lutte biologique avec des parasitoïdes : de l'étude de l'écologie des insectes à l'optimisation d'un programme de lutte biologique*. Entomo21, Rennes, novembre 2021.

### PRESENTATIONS A DES INSTANCES PROFESSIONNELLES OU DE DECISION

- ▶ Assemblée générale AOPn « *Fraises de France* » 2018, 2019, 2020. Public : producteurs de fraises, techniciens des organisations de producteurs
- ▶ Commission technique régionale « *BIO sous abri* ».
- ▶ Compte-rendu d'essais concombre en AB. Terre d'essais. Public : producteurs et techniciens des coopératives

et des stations d'essais.

### AUTRE(S) VALORISATION(S)

- ▶ « *Des pistes pour améliorer la lutte biologique en fraisier* », Réussir Fruits et Légumes, 17 mars 2020.
- ▶ « *C'est la guerre dans les fraisiers* », Science Ouest, n°383, 2020
- ▶ « *Légumes sous abri : une lutte biologique à améliorer contre les pucerons* », Réussir Fruits et Légumes, 9 août 2021.

Projet de grande ampleur scientifique ou d'interdisciplinarité

### Responsable scientifique

**LE LANN, Cécile,**  
cecile.lelann@univ-rennes1.fr, UMR CNRS 6553  
ECOBIO

### Financements

**Coût total du projet :** 746 183 €  
**Montant de la subvention Ecophyto :** 199 274 €

### Partenaires

- ▶ UMR INRA 1049 IGEPP Agrocampus Ouest, Rennes UMR INRA 1069 SAS Agrocampus Ouest, Rennes
- ▶ University of Greenwich, Natural Resources Institute (NRI), Medway Campus, Grande Bretagne
- ▶ ARVALIS- Institut du végétal - Pôle Systèmes de culture innovants & Durabilité, Boigneville
- ▶ Initiative Bio Bretagne – PAIS, Suscinio
- ▶ Chambre d'agriculture de Bretagne
- ▶ Chambre d'agriculture des Pays de la Loire

### Mots-clés

Plantes de service

Pucerons

Jaunissante de l'orge

Plantes répulsive

Cultures de céréales

Automne-hiver

Régions

Couverts fleuris

### En bref

Les pucerons des céréales transmettent des virus de la jaunisse nanisante de l'orge (JNO) aux céréales à l'automne- hiver. L'augmentation des températures hivernales entraîne une augmentation de l'abondance des pucerons à cette période, qui continuera de s'accentuer avec le réchauffement climatique et l'interdiction des néonicotinoïdes. Il est donc prévu une augmentation des dégâts liés à la JNO. Ce projet vise à étudier l'efficacité de méthodes alternatives de lutte contre les pucerons, en implantant des plantes de services qui favorisent les ennemis naturels des pucerons ou sont répulsives pour ces derniers, dans des couverts hivernaux d'interculture à proximité de cultures céréalières.

### CONTEXTE ET OBJECTIFS

Les pucerons des céréales transmettent différents virus de la jaunisse nanisante de l'orge (JNO) à l'automne, voire en début d'hiver selon les régions. Suite aux changements climatiques, une augmentation des températures hivernales est observée, et l'abondance des pucerons dans les champs à cette période augmente, ce qui sera renforcé par l'interdiction des néonicotinoïdes. Il est donc prévu une augmentation des dégâts liés à la JNO dans les années à venir. Pour les limiter, il est nécessaire de mettre au point une méthode de lutte alternative contre les pucerons dès leur arrivée dans les champs de céréales (fin septembre à novembre). Ce projet s'inscrit ainsi dans les objectifs du plan Ecophyto car il vise à identifier les apports potentiels de plantes de service (refuge et nourriture pour les insectes auxiliaires, répulsion des pucerons) dans la lutte contre les pucerons des céréales et les virus dont ils sont les vecteurs.

Ces plantes pourraient participer à la réduction des effectifs de pucerons lors de la colonisation des parcelles et apporter ainsi un appui substantiel à d'autres méthodes de lutte non chimiques et à efficacité partielle pour la protection des plantes cultivées.

Les objectifs de ce projet qui a débuté en mars 2019 étaient de déterminer si (1) les couverts fleuris hivernaux permettent de réduire directement et indirectement (via les auxiliaires des cultures) les dynamiques des pucerons ravageurs des céréales (2) la proportion des pucerons virosés dans les céréales en début d'hiver est corrélée aux dégâts de JNO (3) la baisse de la dynamique des populations de pucerons en présence de plantes de service permet une diminution effective des dégâts et des pertes de rendement liés à la JNO.

## PRINCIPAUX INTÉRETS ET RÉSULTATS POUR LE PLAN ECOPHYTO

Une analyse comparée des abondances et de la diversité en espèces de pucerons et en auxiliaires ainsi que le taux régulation biologique des ravageurs a été effectuée en réseaux de parcelles agricoles dans deux régions : Pays de la Loire (départements de la Vendée et Maine et Loire) et En Bretagne (département de l'Ille et Vilaine) durant trois années (2019-2022) permettant d'analyser l'efficacité des plantes de service sur un gradient de complexité paysagère.



Figure 1 : Parasitoïde consommant du nectar de sarrasin, crédit photo : Bernard Chaubet.

Les couverts fleuris hivernaux peuvent directement et indirectement (via des ennemis naturels) réduire les densités de vecteurs des virus de la JNO dans le champ de céréale adjacent. Cette réduction des populations de vecteurs entraîne une diminution de l'incidence du virus dans les plantes céréalières, mais cette réduction n'a pas été associée à des niveaux plus faibles de symptômes de la JNO ni à des rendements agricoles plus élevés. Il faut toutefois noter que les dégâts et pertes de rendement sont globalement relativement faibles dans nos parcelles (notamment en contexte paysager complexe).



Figure 2 : Parasitoïde attaquant un puceron des céréales, crédit photo : Sonia Dourlot.

## GÉNÉRICITÉ DES RÉSULTATS

En combinaison avec d'autres leviers (semis tardifs des céréales, variétés tolérantes/résistantes à la JNO, préservation de paysages agricoles riches en haies et boisements), les couverts fleuris pourraient permettre de réduire les bioagresseurs vecteurs de la JNO efficacement.

Il reste toutefois à démontrer, si dans des régions avec une incidence virale et des dégâts plus forts que ceux observés dans notre étude, ces couverts pourraient peut-être permettre de réduire les dégâts occasionnés par la JNO et d'améliorer les rendements. La diversification végétale via l'utilisation de plantes de service pour la protection des plantes peut s'appliquer à d'autres régions et à d'autres types de cultures, pour une meilleure régulation des ravageurs (et dans notre cas précis des pucerons vecteurs de jaunisses). Pour cela, la composition des mélanges fleuris doit être adaptée en fonction du climat pour assurer un maintien et une floraison continue des couverts mais aussi en fonction du type de ravageur (et de la culture) afin d'augmenter durablement les ennemis naturels (mélanges fonctionnels) visés tout en limitant les risques de favoriser les ravageurs via l'implantation de plantes de services. Les études futures devraient viser à évaluer la contribution des plantes de services et des ennemis naturels à la réduction de l'incidence des virus et à la protection des plantes dans d'autres cultures (ex : betterave), un domaine qui reste encore sous-évalué.

## VALORISATIONS ET TRANSFERT

### Transfert

Des partenariats ont été mis en place pour donner suite à ce projet à une échelle européenne.

Le projet VIRLOW (Virus Yellows) visant à produire des méthodes de management durables et innovantes pour lutter contre la ré-émergence des jaunisses à l'échelle européenne dans les cultures de céréales et de betteraves, a été déposé début septembre dans le cadre de l'appel à projet de la ferme à la fourchette Horizon 2022. Il rassemble des partenaires scientifiques et des professionnels du monde agricoles (coopératives, institut, semenciers) français (dont le laboratoire ECOBIO Université de Rennes1), anglais (le NRI qui est le porteur du projet), tchèques, belges, espagnols, hollandais, allemands, portugais et grecs.

Des partenariats ont également été développés pour travailler sur l'effet de la diversification végétale sur d'autres cultures. Ainsi dans le cadre du PNRI Betteraves, le projet IAE-2 visant à l'évaluation multi-échelles de l'efficacité d'infrastructures agroécologiques (IAE) pour renforcer le contrôle biologique des pucerons vecteurs des jaunisses de la betterave a été financé (2022-2024). Ce projet implique plusieurs partenaires français dont l'INRAE IGEPP et le laboratoire ECOBIO.

### Recherche

Les résultats de cette étude fournissent un premier exemple de la manière dont la manipulation de la diversification des plantes le long des marges des cultures peut réduire l'incidence d'un virus à transmission vectorielle en hiver et pourrait être utilisée comme stratégie pour promouvoir une agriculture plus respectueuse de l'environnement.

### Livrables et évènements de valorisation

Les résultats de ce projet seront diffusés auprès des agriculteurs par Arvalis et les chambres d'Agriculture des deux régions impliquées. Ils seront intégrés dans différentes bases de données (GECO <https://geco.ecophytopic.fr/> et la base de données de la ZA Armorique) pour informer et échanger sur des techniques utiles pour la conception,

le pilotage, la gestion de systèmes de culture innovants et performants.

#### **PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES**

► Publications dans des revues scientifiques en écologie (Ecology), lutte biologique (Biological Control), télédétection (Remonte Sensing of Environnement) et virologie (Journal of Virological Methods)

#### **ARTICLE(S) DE VULGARISATION**

► Article de vulgarisation « Phytoma », « Sciences Ouest » et le journal « Ouest France »

#### **JOURNÉE(S) TECHNIQUE(S) ET COLLOQUES SCIENTIFIQUE(S)**

► Colloques nationaux et internationaux Entomophagous 2021. ECOLOGY 2020

#### **AUTRE(S) VALORISATION(S)**

► Communications grand public par des conférences lors de la Fête de la Science (Octobre)

Projet de grande ampleur scientifique ou d'interdisciplinarité

### Responsable scientifique

#### LE COINTE Ronan

Ronan.le-cointe@inrae.fr

#### POGGI Sylvain

Sylvain.poggi@inrae.fr

INRAE-UMR 1349 IGEPP

### Partenaires

- ▶ Arvalis
- ▶ Institut du Végétal,
- ▶ Agrial,
- ▶ Réseau MFR

### Financements

Coût total du projet : 536 265 €

Montant de la subvention Ecophyto : 197 844 €

### Mots-clés

Taupins

Maïs

Protection intégrée des cultures

Écologie du paysage

Modélisation

### En bref

Les larves de taupins (Coléoptères-Elatéridés) sont considérées par les entomologistes du début du 20e siècle comme faisant partie des ravageurs les plus nuisibles aux grandes cultures. Plusieurs décennies d'applications d'insecticides ont par la suite permis de maîtriser ces ravageurs. Mais cette situation a conduit à une perte de conscience générale du potentiel de nuisibilité des larves de taupins du genre *Agriotes* et à un ralentissement des recherches consacrées à leur biologie et à leur écologie pendant près de 40 ans. Depuis une vingtaine d'années, avec le retrait progressif de ces molécules et récemment des néonicotinoïdes, les risques de dégâts dus aux larves de taupins ont réémergé comme préoccupation majeure du monde agricole. Le projet STARTAUP vise à produire de la connaissance nouvelle sur la biologie et l'écologie des taupins et à développer des stratégies innovantes pour la maîtrise de leur nuisibilité sur les cultures de maïs.

### CONTEXTE ET OBJECTIFS

Depuis une vingtaine d'années, on observe une recrudescence des dégâts dus aux larves de taupins sur de nombreuses cultures, notamment sur maïs. L'acquisition de connaissances sur la biologie et les dynamiques de populations de taupins, l'amélioration des méthodes d'évaluation du risque de dégâts à une échelle spatiale fine (intra-parcellaire) et le développement de stratégies de protection durables constituent des défis scientifiques et techniques. Le projet STARTAUP a pour ambition de répondre au manque de connaissances sur la biologie et l'écologie des taupins du genre *Agriotes* et de développer des stratégies innovantes pour maîtriser leur nuisibilité sur maïs.

Les enjeux scientifiques du projet sont multiples :

1. Améliorer la connaissance de la biologie et de l'écologie des taupins
2. Hiérarchiser les facteurs déterminant les niveaux d'infestation
3. Examiner la relation entre infestation et dégâts sur maïs
4. Proposer des stratégies alternatives pour maîtriser la nuisibilité des taupins.

Les retombées du projet en termes de réduction de pesticides sont doubles. L'étude des processus écologiques déterminant le niveau des infestations et des dégâts associés permettra de comprendre et de prédire les situations à risque.

Et l'approche adoptée vise non pas l'éradication du ravageur mais la compréhension de son comportement alimentaire vis-à-vis du maïs, approche encore peu considérée dans le

contexte de la protection intégrée des cultures contre les taupins.

## PRINCIPAUX INTÉRETS ET RÉSULTATS POUR LE PLAN ECOPHYTO

### I- Améliorer la connaissance de la biologie et de l'écologie des taupins

Le projet STARTAUP a comporté des essais en stations expérimentales dédiés à la compréhension des mécanismes gouvernant la migration verticale et la survie des larves dans le sol ainsi que les mouvements des adultes dans le paysage. L'intégration de ces mécanismes au sein d'un modèle de dynamique de population permet d'analyser les contributions relatives de ces mécanismes dans la colonisation des parcelles et constitue un apport original du projet.



#### Croissance et survie des larves en conditions contrôlées:

Le prérequis à ces études a été la mise en place d'un élevage d'*Agriotes lineatus* et d'*A. sputator* à l'UMR IGEPP du Centre INRAE de Bretagne-Normandie. La méthode a fait l'objet d'une publication en 2020 dans le Cahier des Techniques de l'INRA. La production de larves en conditions contrôlées a également permis d'amorcer la caractérisation des cycles biologiques de ces deux espèces d'*Agriotes*, qui ne sont pas décrits actuellement dans la littérature. Après seulement 20 mois en conditions de serres, nous avons obtenu des larves mesurant près de 15 mm, ce qui correspondrait, si on se réfère aux travaux de Sufyan et al. (2013) sur *A. obscurus*, au 8ème stade larvaire d'un cycle de développement qui en compterait 11. En ce qui concerne la survie des larves, une mortalité très importante a été observée lorsque les larves sont maintenues collectivement en bac. L'hypothèse retenue pour expliquer cette mortalité est le cannibalisme entre les larves. Une mortalité très importante a également été observée sur des larves néonates placées en pots. Après 49 jours, le taux de mortalité était de 60 % dans les deux conditions. Après 120 jours, le taux de survie diffère selon la température : 88% à 15°C contre 70 % à 20°C. En revanche, à partir du stade 8 mm, le taux de mortalité des larves devient beaucoup plus faible (8 % sur 6 mois).

**Migration verticale des larves :** Nous avons mis en œuvre, en 2017 et 2018, le protocole défini dans le cadre du projet européen C-IPM ElatPro, et ce, dans deux régions de production de maïs. Les conclusions de ces deux années de suivis montrent que si les résultats obtenus dans la région Sud-Ouest mettent en évidence un lien entre le niveau des précipitations et les captures de larves d'*A. sordidus*, il n'en est pas de même en Bretagne (espèce dominante : *A. sputator*) où les captures les plus importantes ont été observées durant l'été alors que les sols étaient totalement secs. Ces résultats sont en contradiction avec les hypothèses à la base du projet C-IPM ElatPro selon lesquelles les larves se réfugient dans les couches profondes du sol quand les conditions deviennent défavorables.

**Mouvements des adultes dans le paysage agricole :** La signature isotopique du carbone permet de distinguer des larves de taupins ayant un régime alimentaire composé

majoritairement de plantes en C3 (i.e. prairies) de larves ayant consommé des plantes en C4 (i.e. maïs). Elle permet également de distinguer ces deux régimes alimentaires au stade adulte, les signatures isotopiques étant transférées dans les élytres des adultes. En utilisant cette technique, Schallhart et al. (2009) ont étudié la capacité de dispersion des adultes d'*A. obscurus* et montré que des individus émergés d'une parcelle de maïs pouvaient atteindre un piège à phéromones placé à 80 mètres dans les prairies jouxtant cette parcelle. Notre étude a consisté à étudier les flux de populations depuis une parcelle de maïs (individus marqués en C4, capturés dans une prairie), mais également depuis une prairie considérée comme potentielle source d'infestation pour la parcelle de maïs voisine (individus marqués en C3 capturés dans une parcelle ayant un précédent maïs). Nos résultats mettent en évidence des échanges significatifs entre parcelles et montrent que ces échanges se produisent à distance modérée (quelques dizaines de mètres). Enfin, il semble que ces échanges soient plutôt orientés de la prairie, qui sert de source, vers les parcelles voisines.

**Modélisation de la dynamique spatio-temporelle des populations de taupins :** La modélisation est un outil pertinent pour tester l'effet des structures paysagères sur les dynamiques de populations de ravageurs. Nous avons développé un modèle mécaniste de la dynamique spatio-temporelle des populations de taupins dans un paysage agricole. La paramétrisation du modèle découle d'une revue exhaustive de la littérature disponible sur la biologie et l'écologie des taupins. En combinant (i) un modèle mécaniste spatialement explicite décrivant les dynamiques de populations du ravageur dans les compartiments aériens et du sol impliqués dans son cycle de vie, et (ii) des représentations spatio-temporelles de contextes paysagers contrastés, nous avons étudié le rôle de la présence d'une prairie, à la fois dans l'historique et le voisinage d'une parcelle de maïs, sur ces dynamiques. Nos résultats montrent que les espèces ayant un cycle de vie court sont plus réactives aux changements d'occupation des sols, et que l'effet du voisinage dépend fortement des processus de dispersion (aléatoires ou dirigés). Nous avons également montré que la gestion du régime des prairies dans l'espace et le temps peut atténuer l'infestation des cultures.

### II- Identifier et hiérarchiser les facteurs déterminant les niveaux d'infestation

L'identification et la hiérarchisation des facteurs déterminant les niveaux d'infestation à l'échelle de la parcelle et en fonction de son contexte paysager constituent également un enjeu scientifique majeur. En effet, les travaux menés aux échelles supérieures à celle du paysage (par ex. régionale) sont de peu d'utilité pour l'aide à la prise de décision opérationnelle en protection des cultures (Parker & Seeney, 1997). Ces objectifs ont nécessité : (i) la mise en place de protocoles de collecte de données permettant de caractériser les pratiques culturales mises en œuvre à l'échelle de la parcelle ; (ii) la caractérisation du contexte paysager en termes de configuration et de composition en utilisant des indices pertinents en regard de l'écologie du

ravageur (par ex. les proportions de prairies dont le rôle de réservoir est communément admis). Les résultats issus des campagnes de 2019 sur le bassin versant de Kervidy-Naizin confirment que **la présence de prairies dans l'historique** d'une parcelle cultivée augmente les risques d'infestation. Les suivis effectués sur les plateformes EFELE (35) et Kerguehennec (56) montrent que la réduction du travail du sol augmente les populations de larves de taupins. Enfin, un suivi sur le site INRAE de ResOpest de Le Rheu (35), a montré l'influence spatiale du **voisinage d'une prairie**. Ce suivi a montré que si les niveaux d'infestation de part et d'autre de la bordure entre la prairie et la parcelle cultivée sont équivalents, en revanche, ils déclinent très fortement en s'éloignant de cette bordure. En effet, on divise les captures par 3 en s'éloignant de 5 mètres et par 6 en s'éloignant de 15 mètres de la bordure de la parcelle.

### III- Comprendre la relation entre infestation et dégâts sur maïs

#### 1 -Comment les facteurs climatiques et agronomiques influencent les risques d'attaques de taupins sur maïs ?

Dans le cas des taupins, la relation entre infestation et nuisibilité est complexe et dépend de l'espèce, du système de culture et de son contexte paysager (Furlan,2014). Un travail original a été entrepris par ARVALIS et l'IGEPP visant à établir et hiérarchiser les principaux facteurs de risques d'attaques de taupins sur maïs, avec l'ambition de proposer un modèle de prévision des risques sur maïs. Ce travail s'est appuyé sur l'analyse des résultats de 336 enquêtes réalisées par ARVALIS dans des parcelles de maïs entre 2012 et 2014 dans l'ouest de la France (Bretagne, Pays de la Loire, Nouvelle Aquitaine, Ouest Occitanie) et en Rhône-Alpes. Nous présentons ici les principaux résultats obtenus, et suggérons la lecture de l'article Poggi et al. (2018) pour un exposé exhaustif.

**Des dégâts liés aux niveaux d'infestations :** La présence de larves de taupins observées dans le sol lors de la quantification des dégâts sur plantes est la variable influençant le plus le niveau d'attaques. Dans 54% des parcelles enquêtées, les prélèvements de sol ont mis en évidence la présence de larves, identifiées comme faisant partie des quatre principales espèces du genre *Agriotes* nuisibles aux cultures : *A. sordidus*, *A. lineatus*, *A. sputator* et *A. obscurus*. Aucune différence de nuisibilité entre espèces de taupins n'a pu être mise en évidence dans notre étude.

**Les conditions climatiques au moment du semis, un facteur explicatif très important :** Les conditions climatiques, incluant les températures du sol mais aussi les précipitations, avant et pendant la période de semis, influencent significativement le risque de dégâts par les taupins. Nos résultats ont confirmé que, sur une période de 10 jours avant et après le semis, des températures du sol supérieures à 12 °C (seuil précédemment identifié par Jung et al. 2014) conduisent à une diminution remarquable des dégâts de 36% à 20%. Ces résultats peuvent s'expliquer par le fait que des conditions thermiques favorables à la croissance du maïs raccourcissent sa période de sensibilité aux attaques.

#### 2- Comment la culture intermédiaire peut limiter les dégâts en présence du ravageur ?

Des larves d'*A. lineatus* de 8-10 mm issues de l'élevage mis en place dans le cadre du projet ont permis de tester en conditions contrôlées l'influence de deux types de couvertures du sol sur le niveau de dégâts observé : (1) une culture intermédiaire de blé, et (2) le paillis d'écorce, comparés à une modalité sol nu. Les résultats de cette expérimentation montrent que la couverture organique du sol par un couvert végétal permet de nourrir les larves de taupins et d'éviter les dégâts sur les plantules de maïs.

### IV- Proposer des stratégies alternatives pour maîtriser la nuisibilité des taupins

#### 1- Stratégies pour limiter les niveaux d'infestation :

La station ARVALIS de Bignan (56) a identifié une parcelle dont les niveaux de populations larvaires sont significatifs pour la mise en place d'un essai. L'étude comporte quatre modalités dont un témoin.

- ▶ Modalité 1 : Témoin-maïs tous les ans, sol nu en hiver, aucune culture intermédiaire
- ▶ Modalité 2 : Moutarde d'Ethiopie-maïs tous les ans, implantation précoce de moutarde d'Ethiopie en culture intermédiaire détruite à floraison et incorporée avant culture de maïs suivante
- ▶ Modalité 3 : Implantation de moutarde d'Ethiopie (idem modalité 2), sarrasin et moutarde d'Ethiopie entre 2 maïs
- ▶ Modalité 4 : MET52 appliqué tous les ans avant et après récolte de maïs

Les résultats de cet essai, qui a été conduit pendant 4 années consécutives de 2017 à 2021, ne permettent pas de conclure sur les effets des modalités mises en place en termes de réduction de populations larvaires. Il est nécessaire de poursuivre sur un nombre de situations beaucoup plus important.

#### 2- Stratégies pour limiter la nuisibilité sur maïs :

Thibord et al (2015) ont obtenu une réduction de l'ordre de 50 % des dégâts en utilisant des semences de blé et de maïs appliquées sur la totalité de la parcelle à protéger. Incorporées dans les 10-15 premiers centimètres du sol au moment du semis de la culture de vente, ces plantes appâts étaient détruites par un désherbant sélectif au stade 4 feuilles du maïs pour éviter la concurrence avec la culture de vente. Staudacher (2013) a obtenu des résultats du même ordre sur culture de maïs en associant blé, haricot, lupin, moutarde blanche, ray-grass anglais et sarrasin. Cette technique nécessite encore quelques adaptations pour tendre vers une efficacité supérieure et un développement en parcelles d'agriculteurs. Cette sous-tâche a été traitée par la coopérative AGRIAL qui a mis en place en 2018 un essai en micro-parcelles (dispositif en bloc à 4 répétitions) de comparaison de différentes stratégies appâts. Cet essai n'a pu être exploité faute d'attaques suffisantes.

Parallèlement aux travaux d'AGRIAL, ARVALIS poursuit l'acquisition de références sur cette stratégie innovante d'éviter les attaques avec l'objectif de déplafonner/ d'améliorer l'efficacité mise en évidence sur les premiers essais. Les axes travaillés sont : l'espèce (la plus attractive, la dose, les caractéristiques du lot), le positionnement spatial de l'appât et sa destruction. Ces résultats donnent des perspectives intéressantes en matière de choix de plantes compagnes et de positionnement mais méritent d'être confirmés et complétés par des stratégies de destruction de

ces appâts les plus efficaces et les moins pénalisantes pour la culture de vente, afin de recommander aux agriculteurs la meilleure technique de protection des plantes aux attaques de larves de taupins

## GÉNÉRICITÉ DES RÉSULTATS

Les larves de taupins sont problématiques sur de nombreuses cultures, en pomme de terre mais aussi sur céréales d'hiver certaines années. Les connaissances produites sur le modèle maïs pourront également servir à la mise en place de stratégies de protection intégrée sur d'autres types de productions agricoles.

## VALORISATIONS ET TRANSFERT

### Recherche

- ▶ Prévision des abondances larvaires sur maïs : projet SEMAE TAUPIN LAND (2021-2014)
- ▶ Prévision du risque taupin sur pomme de terre : projet CASDAR TAUPIC (2021-2014)
- ▶ Optimisation de l'efficacité insecticide de nématodes entomopathogènes : projet Ecophyto OPTI-NEPs (2021-2014)

### Livrables et évènements de valorisation

### PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

- ▶ 2019. Rapport scientifique du projet européen C-IPM ElatPro. « *Standardized monitoring of wireworm activity in the topsoil under different environmental conditions across Europe* »
- ▶ 2020. Ecological Modelling. Poggi S., Sergent M., Mammeri Y., Plantegenest M., Le Cointe R. and Bourhis Y. « *Dynamic role of grasslands as sources of soil-dwelling insect pests: new insights from in silico experiments for pest management strategies* »
- ▶ 2020. Le Cahier des Techniques de l'Inra. Le Cointe R., Plantegenest M. et Poggi S. « *Une méthode simple pour éléver des larves de taupins du genre Agriotes en conditions contrôlées* ».
- ▶ 2020. Le Cahier des Techniques de l'Inra. Mahéo, F., Lehmhus, J., Laroudé, P. et Le Cointe, R. « *Un outil moléculaire simple et abordable pour identifier les larves de taupins du genre Agriotes* ».
- ▶ 2021. MDPI Agriculture. Poggi, S., Le Cointe, R., Lehmhus, J., Plantegenest, M. and Furlan, L. « *Alternative Strategies for Controlling Wireworms in Field Crops: A Review* ».
- ▶ 2023. Arthropod-Plant Interactions. Le Cointe, R., Plantegenest, M. and Poggi, S. « *Wireworm management in Conservation Agriculture* ». Soumis le 9 décembre 2022

### ARTICLE(S) DE VULGARISATION

- ▶ 2018. Phyton N° 717. Poggi S., R. Le Cointe · J.-B. Riou · P. Larroudé, J.-B. Thibord · M. Plantegenest. « *Taupins sur maïs : importance relative des facteurs de risque* ».

### JOURNÉE(S) TECHNIQUE(S) ET COLLOQUES SCIENTIFIQUE(S)

- ▶ 2019. Grande Conférence de l'Académie des Sciences. « *Insectes : amis, ennemis et modèles* », Paris. Le Cointe, R., Poggi, S. and Plantegenest, M. « *The plastic feeding ecology of wireworms: How can a major crop pest behave as a predator* ».
- ▶ 2019. ISEM Global Conference Salzburg. Poggi S.,

Sergent M., Mammeri Y., Plantegenest M., Le Cointe R. and Bourhis Y. « *Temporal dynamics of grasslands as sources of soil-dwelling insect pests: new insights from in silico experiments for pest management strategies* ».

- ▶ 2019. ElatPro « *Spotting the needle in a hay-stack: Predicting wireworm activity in top soil for integrated pest management in arable crops* », Bad Kreuznach. Le Cointe R. « *Temporal dynamics of grasslands as sources of soil-dwelling insect pests: new insights from in silico experiments for pest management strategies* ».
- ▶ 2019. ElatPro « *Spotting the needle in a hay-stack: Predicting wireworm activity in top soil for integrated pest management in arable crops* », Bad Kreuznach. Poggi S. « *Predicting wireworm activity in top soil for integrated pest management in arable crops* ».
- ▶ 2020 - International Branch Virtual Symposium of the Entomological Society of America. Le Cointe R., Girault Y., Morvan T., Thibord J.B., Larroudé P., Lecuyer G., Plantegenest M., Bouillé D. and Poggi S. « *Feeding pests as an IPM strategy: wireworms in conservation agriculture as case study* ».
- ▶ 2021 - VÉGÉPHYL - 12ème Conférence Internationale sur les ravageurs et auxiliaires en agriculture - Montpellier SUPAGRO. Thibord J.B. et Larroudé P., « *Appâter les larves de taupins pour protéger le maïs* ».
- ▶ 2022 - International Congress of Entomology, Helsinki. Le Cointe R., Plantegenest M., and Poggi S. « *Feeding pests as an IPM strategy: wireworms in conservation agriculture as case study* ».
- ▶ 2022 - International Congress of Entomology, Helsinki. Poggi S., Plantegenest M. and Le Cointe R. « *Feeding pests as an IPM strategy: wireworms in conservation agriculture as case study* ».

## AGRONICOLEG

# Mise au point de stratégies de protection sans néonicotinoïdes des cultures légumières mettant en jeu des techniques alternatives

Projet de grande ampleur scientifique ou d'interdisciplinarité

### Responsable scientifique

**COLLET Jean-Michel,**  
collet@ctifl.fr,  
**Chef de projet : PENGUILLY Damien,**  
da-mien.pengilly@cate.bzh,  
Station expéri-mentale du Caté

### Partenaires

- ▶ Caté
- ▶ Terre d'Essais,
- ▶ Chambre Régionale d'Agriculture de Bretagne

### Financements

**Coût total du projet :** 64 000 €

**Montant de la subvention Ecophyto :** 48 000 €

### Mots-clés

Néonicotinoïdes

Pucerons

Auxiliaires

Filet insect-proof

Laitue

Artichaut

### En bref

Avec l'interdiction des néonicotinoïdes, la recherche de méthodes alternatives pour la protection des laitues contre les pucerons est nécessaire. On s'intéresse ici aux filets insect-proof et aux auxiliaires.

Plusieurs filets ont été testés au printemps 2019. 2 références semblent intéressantes mais ce résultat devra être confirmé. Les auxiliaires pouvant limiter les pucerons de la laitue sont présents dans les cultures d'artichauts en été et en automne. Planter les laitues près d'une parcelle d'artichaut favorise leur colonisation par des prédateurs si des pucerons sont déjà présents. Si les pucerons arrivent tardivement sur la laitue, l'action des auxiliaires peut être faible ou nulle.

### CONTEXTE ET OBJECTIFS

Les néonicotinoïdes étaient un rempart efficace contre les pucerons de la laitue. En leur absence et pour ne pas augmenter les IFT, il est nécessaire de rechercher des méthodes alternatives.

Deux méthodes sont étudiées dans le projet AGRONICOLEG : le filet insect-proof, au printemps et une optimisation de l'action des auxiliaires en été et en automne. L'artichaut étant connu pour être une bonne source d'auxiliaires de juin à octobre, on étudie en particulier les transferts d'auxiliaires entre l'artichaut et une culture de laitue mise en place à proximité. Une caractérisation de la faune auxiliaire qui migre sur laitue est également prévue.

L'objectif est de disposer de méthodes permettant de minimiser la quantité de pucerons présents dans les laitues en fin de culture. Dans un contexte conventionnel exigeant

une qualité proche du zéro défaut, il faudra peut-être envisager un traitement pour couvrir la fin du cycle.

### PRINCIPAUX INTÉRETS ET RÉSULTATS POUR LE PLAN ECOPHYTO

Tous les essais ont été conduits à chaque fois sur les deux sites du Caté (Site d'expérimentation en agriculture conventionnelle) et de Terre d'Essais (Noté TE, site d'expérimentation en AB).

#### Filet insect-proof

Un essai comparatif de plusieurs filets tissés a été mis en place au printemps 2019. Alors qu'il était attendu que les filets présentent une barrière physique empêchant les pucerons d'atteindre la culture, l'essai a montré la présence de pucerons, en quantité moindre que dans le témoin

à Terre d'Essais, mais supérieure au Caté. Des problèmes méthodologiques ont été identifiés : échantillons de filets en petite largeur, soulèvement des voiles par les salades en fin de cycle.

Des méthodes correctives ont été proposées pour le printemps 2020 : essai sur de plus petites parcelles de salades, bord des bâches enterré, notation finale avant maturité complète des salades. Ces amendements ont un peu amélioré les résultats mais n'ont pas été suffisants. Une raison possible est que, dans ces expérimentations testant uniquement le volet filets, il est très difficile de garantir une absence totale de pucerons dans les salades au moment où on met en place le filet.

## Attractivité de différents types de salades.

Un essai de différents cultigroupes de salades a été mis en place à l'été 2019 avec trois dates de plantation (2 dates seulement en 2018).

Des différences de niveaux d'attractivité entre culti-groupes sont effectivement observés mais on observe également des différences selon la couleur des feuilles, les feuillages rouges étant moins colonisés. Les pucerons sont arrivés parfois tardivement, obligeant à prolonger l'essai jusqu'au stade pommaison. On observe également des auxiliaires (prédateurs et parasites) : les effets observés sont une combinaison entre attractivités envers les pucerons et les auxiliaires.

Malgré des différences apparemment importantes (mais non significatives) entre variétés, il n'a pas été possible de distinguer des cultigroupes plus ou moins attractifs, et les arrivées d'auxiliaires sont inévitables.

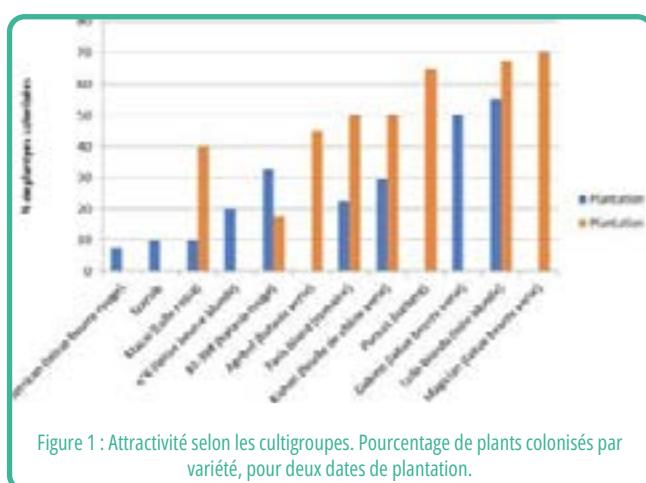


Figure 1 : Attractivité selon les cultigroupes. Pourcentage de plants colonisés par variété, pour deux dates de plantation.

## Transferts d'auxiliaires entre l'artichaut et la salade

Une culture de laitue est mise en place dans 2 parcelles, une jouxtant une parcelle d'artichaut, l'autre éloignée de tout artichaut et de tout talus.

Les résultats du Caté ne montrent pas de diminution des populations de pucerons dans les laitues. Une plus grande infestation est constatée près de l'artichaut mais il est difficile de faire le lien avec l'artichaut, les espèces de pucerons étant différentes sur les deux cultures. Sur le site de Terre d'essais, on observe peu de différence d'infestation en début de culture. Une diminution temporaire de la fréquence des laitues infestées est observée fin septembre, en lien avec des observations de larves de syrphes.

Au final, sont présentes les punaises anthocorides et des

coccinelles à proximité d'une culture d'artichaut, mais pas sur une parcelle éloignée.

Par contre, des momies (micro-hyménoptères) et des mycoses (entomophthorales) sont rencontrées dans toutes les situations.

Lors de cette campagne d'essais, les pucerons sont arrivés tardivement sur les laitues. L'arrivée des auxiliaires a été d'autant plus tardive et leur effet limité. On n'a pas observé d'effet des auxiliaires recensés sur la fréquence des laitues colonisées. Les quantités d'auxiliaires observées en fin de culture dans les laitues peu-vent être considérées comme trop faibles pour avoir un effet sur l'infestation en pucerons. Leur installation est également trop tardive pour jouer un rôle préventif. Il a été impossible de réaliser de vraies répétitions. Pour compenser 3 dates de plantation sur 2 sites d'expérimentation ont été réalisées pendant la campagne 2019 ; les résultats sont en cours d'exploitation.

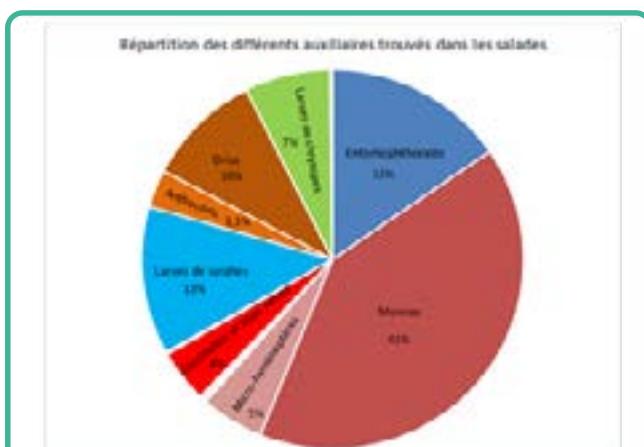


Figure 2 : Auxiliaires (par catégories) rencontrés sur les sa-lades sur les deux sites pendant toute la durée du projet.

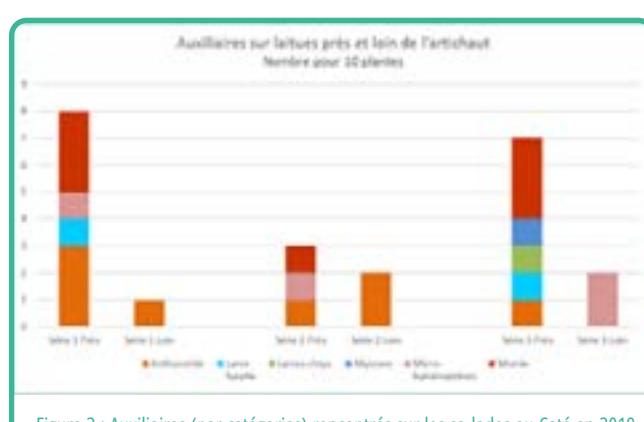


Figure 3 : Auxiliaires (par catégories) rencontrés sur les sa-lades au Caté en 2019 près des artichauts ou loin des arti-chauts.

## GÉNÉRICITÉ DES RÉSULTATS

Les auxiliaires observés au cours de ces essais peuvent être des parasites (micro-hyménoptères, entomophthorales), des prédateurs aphidiphages stricts (syrphes, coccinelles) ou des prédateurs généralistes (punaises anthocorides, chrysopes). Ils sont retrouvés aussi bien sur artichauts que sur salades, bien qu'à des fréquences différentes. Ces auxiliaires vivent aux dépens d'espèces de pucerons différentes : *Capitophorus horni* ou *Aphis fabae* sur

artichaut, *Nasonovia ribisnigri*, *Macrosiphum euphorbiae* et *Acyrthosiphon lactucae* sur laitue. Rien ne s'oppose a priori à ce qu'on les retrouve sur d'autres cultures ou sur des plantes non cultivées au sein d'un même parcellaire. Cela ouvre donc la possibilité de gérer les populations d'auxiliaires à l'échelle de l'assolement.

## VALORISATIONS ET TRANSFERT

### Transfert

Le projet n'a pas abouti à une méthode permettant de gérer par l'assolement les transferts d'auxiliaires de l'artichaut vers la laitue. Le point faible de ce concept était que l'artichaut était vu à la fois comme une culture de rente et comme une plante de service, ce qui n'est pas forcément toujours compatible.

### Recherche

L'idée générale de combiner des méthodes alternatives, au moins en complément des insecticides résidants, reste d'actualité.

Le projet ECLIPSE (France Agrimer, 2020-2022) visait à travailler sur de nouvelles références de filets anti-insectes et sur l'association de cette méthode avec des produits de biocontrôle et des plantes de service dédiées (pas des cultures de rente).

Le projet EFFICACE (France Agrimer, 2022-2025) a pour objet l'étude des plantes de service pour la gestion des populations de pucerons en cultures légumières sous abris et en plein champ, incluant la laitue et l'artichaut.

### Livrables et évènements de valorisation

#### ARTICLE(S) DE VULGARISATION

- ▶ Collet J.M., Le Goff-Prat A., 2020 : *AGRONI-COLEG : vers des méthodes alternatives pour gérer les pucerons des salades* – *Aujourd'hui & Demain* 145 : 23-25.
- ▶ Collet J.M., 2021 : *AGRONICOLEG – La recherche de méthodes alternatives de lutte contre les pucerons des salades* – *Infos CTIFL* 377 : 36-39.
- ▶ Collet J.M., 2022 : *Salades – Le casse-tête des pucerons* – *Réussir Fruits & Légumes* 428 : 36-37.

#### PRESENTATIONS A DES INSTANCES PROFESSIONNELLES OU DE DECISION

- ▶ Commission régionale Salades du 30/10/2018
- ▶ En prévision : Commission régionale Salades du 07/11/2019
- ▶ Réseau Dephy Ferme Salades (Groupe 30000) réunion du 01/02/2019 à St-Pol de Léon
- ▶ Groupe de travail national Salades (Ctifl) les 21 et 22 mars 2019 à Paris
- ▶ Réunion axe stratégique Santé des Plantes et Bio-contrôle (Ctifl) le 07/03/2019 à Paris
- ▶ Commission régionale Salades du 08/11/2022

#### AUTRE(S) VALORISATION(S)

- ▶ A venir : article dans Innovations Agronomiques

**PALPuF****Exploitation des leviers biocontrôle et fertilisation pour la proposition de stratégies de protection alternatives contre les pucerons du fraisier**

Projet de grande ampleur scientifique ou d'interdisciplinarité

**Responsable scientifique**

**FERNANDEZ Maria-Martha,**  
maria-martha.fernandez@ctifl.fr,  
CTIFL, Centre de Lanzade

**Partenaires**

- ▶ CTIFL (FERNANDEZ, RAYNAL, BARDET)
- ▶ INVENIO (TURQUET, PASCAUD)
- ▶ KOPPERT (VERVAILLE)

**Financements**

**Coût total du projet :** 250 357 €

**Montant de la subvention Ecophyto :** 147 220 €

**Mots-clés**

Fraisier

Pucerons

Biocontrôle

solution nutritive

Chrysoperla carnea

Rhodobium porosum

Chaetosiphon fragaefoliit

Acyrtosiphon malvae

Tray-plant

Culture hors-sol

**En bref**

Sur culture de fraisiers hors-sol en abri chauffé, soumise un mois avant la fin du premier jet de production à une pression modérée du puceron Rhodobium porosum, un régime de fertilisation fondé sur des solutions nutritives appauvries en azote et renforcées en calcium montre un effet limitant significatif sur le développement des populations du ravageur. Ce résultat encourageant, qui pourrait se combiner à l'action d'une huile paraffinique appliquée selon une cadence hebdomadaire, ne se confirme pas en conditions de production sur une culture soumise de janvier à fin avril à la succession des populations des pucerons Acyrtosiphon malvae, Rhodobium porosum et Chaetosiphon fragaefoliit.

**CONTEXTE ET OBJECTIFS**

Les pucerons font partie des ravageurs de la fraise difficiles à contrôler, notamment dans le cas des cultures précoces sur substrat chauffé, qui offrent les conditions optimales à leur prolifération mais sont peu favorables, en début de cycle, à l'installation des auxiliaires. La protection chimique contre ces ravageurs reposait jusqu'en fin 2018 sur deux matières actives, le pirimicarbe et un néonicotinoïde, le thiaclopride. Avec un potentiel de dégâts de 50 % du rendement commercial et une demande accrue de l'aval d'intégrer le biocontrôle dans les mesures de protection de cette culture, la nécessité d'identifier des stratégies de protection biologique intégrée (PBI) efficaces contre ces ravageurs est aujourd'hui essentielle pour les fraisiculteurs. L'objectif du projet est d'identifier des stratégies de protection du fraisier

alternatives au retrait des néonicotinoïdes, transférables à court terme aux fraisiculteurs, et combinant l'intégration de solutions de biocontrôle (dont une huile de paraffine développée par la société Koppert) et l'application à la culture de régimes nutritifs favorables à une stimulation des défenses naturelles du fraisier.

**PRINCIPAUX INTÉRETS ET RÉSULTATS POUR LE PLAN ECOPHYTO**

Le projet PALPuF s'est déroulé sous forme de trois essais. Les deux premiers, réalisés en conditions semi-contrôlées par le Ctifl sur le centre de Lanzade (24), avaient pour objectif, d'une part d'évaluer l'intérêt d'agir sur la richesse en azote et en calcium de solutions nutritives pour limiter

le développement des pucerons et d'autre part d'identifier des stratégies de protection en PBI efficaces contre ces ravageurs.

Dans ces conditions, le puceron *Rhodobium porosum*, introduit artificiellement par l'application d'un protocole d'infestation, s'est montré sensible aux solutions nutritives apportées : ainsi, une solution nutritive à 3,5 meq/L utilisée en phase de fructification, avec un équilibre K/Ca de 0,13 a permis de contenir les populations à un niveau 2,5 fois moins élevé que celui observé avec la solution à 15 meq/L d'azote et un équilibre K/Ca de 0,90. Ceci sans impact négatif sur le rendement en fraises, et avec même un effet positif sur le rapport sucre/acidité des fruits et donc leur qualité gustative.



Figure 1: Foyer de *Rhodobium porosum* au cœur d'un plant de fraisier Gariguette, crédit photo : INVENIO



Figure 3 : Puceron *Chaetosiphon fragaefolii* sur la face inférieure d'une feuille de fraisier Gariguette, crédit photo : INVENIO

manière croisée les conclusions de l'expérimentation 2018, pour les valider en conditions de production sur une culture ultra-précoce et sous une pression naturelle en pucerons. Dans ces conditions, et en présence d'une diversité d'espèces de pucerons qui se sont succédées de manière naturelle de janvier à fin avril (*Acyrthosiphon malvae*, *Rhodobium porosum*, puis *Chaetosiphon fragaefolii*), les résultats encourageants de l'année 1 ne se sont pas confirmés. Les stratégies utilisant une fertilisation allégée en azote et renforcée en calcium se sont ainsi montrées les moins bien positionnées en termes de régulation du ravageur. Avant floraison, une application de spirotetramat, ou trois applications d'huile paraffinique, n'ont eu aucune efficacité. Seul le pirimicarbe a permis de faire chuter le niveau des populations, mais ceci uniquement de façon temporaire. Du point de vue méthodologique, aucune des expérimentations menées ne se montre pleinement satisfaisante, puisque dans les deux premières on cherche à faire décroître un niveau de présence du ravageur, après l'avoir provoqué et avoir attendu qu'une pression suffisamment sévère se soit installée (ce qui place l'essai en situation particulièrement défavorable à l'efficacité des auxiliaires), alors que dans le troisième on cherche à contenir la montée de populations naturelles de pucerons, avec des biais possibles dus à la difficulté d'isoler les parcelles expérimentales entre elles, rendant impossible de conclure sur l'efficacité des auxiliaires.

## GÉNÉRICITÉ DES RÉSULTATS

Devant l'incohérence des résultats obtenus en conditions semi-contrôlées et de production, aucune stratégie efficace n'a pu être proposée à l'issue du projet pour le contrôle des pucerons en culture de fraisier hors-sol, et a fortiori aucun transfert n'a pu être envisagé vers d'autres pathosystèmes. Du point de vue méthodologique, certains points d'attention, probablement généralisables aux expérimentations sur le biocontrôle, ont toutefois pu être relevés : i) les dénombrements sur plante entière, quoi que fastidieux et chronophages, sont à privilégier pour évaluer l'efficacité de méthodes de protection impliquant des interactions entre organismes vivants et mécanismes naturels (difficulté accrue pour le fraisier qui émet de nouvelles pousses tout au long de son cycle) ; ii) des résultats obtenus en conditions contrôlées ne suffisent pas à présager d'une efficacité en conditions réelles ; iii) une année d'étude est largement insuffisante pour ce type d'expérimentation.

L'essai mené en parallèle pour évaluer l'efficacité de diverses stratégies de protection a montré qu'en conditions de forte infestation, la solution de biocontrôle développée par Koppert montre une efficacité significative mais fugace, suggérant de proposer une utilisation à raison d'applications répétées selon une cadence hebdomadaire; Au contraire, les auxiliaires apportés, pourtant à dose élevée (*Chrysoperla carnea*, *Aphelinus abdominalis* et *Aphidus ervi*) n'ont pas permis de réduire les populations ; le pirimicarbe n'a eu quant à lui qu'une efficacité partielle. La stratégie basée sur le thiaclopride a donné les résultats les plus satisfaisants, puisqu'une seule application a permis de nettoyer efficacement le feuillage avec une rémanence de plus d'un mois.

Le troisième essai, mené par Invenio en 2019 sur le site de Sainte-Livrade-sur-Lot (47) a consisté à reprendre de

## VALORISATIONS ET TRANSFERT

### Transfert

Aucun transfert possible à l'issue du projet puisqu'aucune solution n'a pu être identifiée.

### Recherche

Pour tenter de conforter les résultats obtenus en année 1 sur l'intérêt sur la limitation des populations de pucerons d'une solution nutritive favorable à la disponibilité du calcium via son rapport K/Ca, les travaux ont été reconduits en 2021 et 2022 par le CTIFL sous diverses conditions :

- 2021 : test étendu aux variétés Gariguette et Mariguette, avec comparaison de deux substrats (tourbe/écorce de pin ; fibre de coco). Évaluation de 6 solutions nutritives, plus ou moins limitantes en azote ou enrichies en calcium, sur la phase végétative, la floraison, ou la fructification. L'infestation en pucerons est ici naturelle et l'étude est conduite en conditions semi-contrôlées. Ce travail avait au préalable fait l'objet d'un dépôt de projet sous financement FranceAgriMer, en partenariat avec Invenio (OptiFerti); ce projet n'a pas été accepté faute de crédits.
- 2022 : test par le CTIFL sur 6 variétés de fraise, sur un même substrat et en conditions semi-contrôlées, de 6 stratégies de fertilisation, avec inoculation préalable de pucerons de l'espèce *Chaetosiphon fragaefolii*.

Aucun de ces travaux ne permettra de dégager une stratégie de fertilisation défavorable à l'augmentation des populations de pucerons, qui atteindront des niveaux de 50 à 100 % de plants infestés, indépendamment de la composition des solutions nutritives.

Du point de vue scientifique, ces études souffrent de n'avoir pas inclus d'indicateurs du métabolisme de la plante, notamment de composition de la sève phloémienne (sucres, calcium, autres constituants), qui était l'hypothèse de départ sur l'attractivité des pucerons pour la plante. Toutefois, si ces indicateurs pourraient aider à la compréhension des mécanismes d'interaction entre pucerons et plante, il semble que le levier fertilisation pourra difficilement être utilisé dans la pratique comme moyen de protection des fraisiers contre ces ravageurs. Avec des solutions de biocontrôle qui restent difficiles d'utilisation et d'efficacité éphémère, les fraisiculteurs restent aujourd'hui sans solution réellement efficace suite au retrait du thiaclopride.

### Livrables et évènements de valorisation

#### PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

- FERNANDEZ, MM. 2021. *Protection intégrée de la fraise Gariguette : et si le calcium pouvait contribuer à contrôler les pucerons ?* INFOCTIFL (379) 62-73.

#### JOURNÉE(S) TECHNIQUE(S) ET COLLOQUES SCIENTIFIQUE(S)

- Présentation des résultats finaux du projet au séminaire intermédiaire ECOPHYTO « *Protection durable des cultures sans néonicotinoïdes* » le 18/11/19 à Paris (public : expérimentateurs)

- Poster présenté aux journées portes ouvertes d'Invenio du 05/03/19 à Sainte-Livrade-sur-Lot (public de: techniciens et producteurs de fruits et légumes).

- Présentation du projet au séminaire de lancement des projets ECOPHYTO – AAP « *Protection durable des cultures sans néonicotinoïdes* », le 09/10/18 à Paris (public : expérimentateurs)

#### PRESENTATIONS A DES INSTANCES PROFESSIONNELLES OU DE DECISION

- Présentation du projet par J.P. Bosc (CTIFL) au Groupe de Travail Régional Fraise d'Invenio le 26/06/18 à Douville (public : représentants de l'AOPn Fraise, fraisiculteurs, techniciens).

Projet de grande ampleur scientifique ou d'interdisciplinarité

### Responsable scientifique

**PICAULT Sébastien,**  
sebastien.picault@ctifl.fr,  
CTIFL

### Partenaires

- ▶ AGRICULTURES & TERRITOIRES
- ▶ GDM - Chambre d'agriculture de la Vendée
- ▶ Chambre d'agriculture de la Vienne
- ▶ Chambre d'agriculture de la Dordogne
- ▶ Chambre d'agriculture de Loir et Cher
- ▶ Fédération Régionale de Défense contre les Organismes Nuisibles (FREDON) Nord Pas-de-Calais

### Financements

**Coût total du projet :** 273 172 €

**Montant de la subvention Ecophyto :** 165 535 €

### Mots-clés

Thrips

Pucerons

Aubergine

Fraise

Laitue

Régulation naturelle

Lutte biologique

Abri froid

Biodiversité fonctionnelle

Plantes de service

### En bref

En cultures de légumes précoces sous abri froid (aubergine, courgette...) et de fraise hors-sol, les pucerons et les thrips sont particulièrement difficiles à gérer en tout début de printemps. Pour pallier cette difficulté, une stratégie de protection fondée sur l'utilisation de plantes de service favorisant le développement et l'activité précoce des prédateurs et/ou parasitoïdes de pucerons et/ou de thrips dans les cultures a été mise au point et évaluée dans le projet REGULEG. Les premiers résultats montrent que cette stratégie peut s'avérer efficace, à condition de respecter certaines règles de mise en place et de piloter la fertilisation azotée des plantes de façon optimale.

### CONTEXTE ET OBJECTIFS

Le retrait récent de certaines substances actives à base de néonicotinoïdes, qui constituaient la base des produits phytosanitaires utilisés par les producteurs de légumes pour protéger leurs cultures contre les pucerons et/ou les thrips, oblige ces derniers à revoir leurs stratégies de production en adoptant des approches innovantes pour assurer la protection durable de leurs cultures. Dans ce contexte, l'objectif des travaux menés dans le projet REGULEG est d'évaluer l'effet de plantes-ressources (achillée, tanaisie, sarrasin...) et de plantes-banque (achillée, tanaisie, bleuet, ortie, blé...) sur la régulation naturelle des populations de pucerons et/ou de thrips dans les cultures précoces sous abri froid et de fraise hors-sol. La fonction des plantes-ressources est d'attirer précocement les ennemis naturels

de pucerons et de thrips en leur fournissant les ressources énergétiques (pollen et nectar) nécessaire à la production de leurs œufs. La fonction des plantes-banques est de fournir des proies/hôtes de substitution aux ennemis naturels de pucerons et/ou de thrips en attendant l'arrivée des pucerons sur les plantes cultivées.

### PRINCIPAUX INTÉRETS ET RÉSULTATS POUR LE PLAN ECOPHYTO

L'effet d'une stratégie de protection des cultures sous abri froid (aubergine), de laitue et de fraise hors-sol contre les pucerons et/ou les thrips fondée sur l'utilisation de plantes-ressources et de plantes-banques ainsi que sur la réalisation de lâchers précoces de prédateurs et/ ou de parasitoïdes

de pucerons a été étudié sur 4 sites expérimentaux (Loire-Atlantique, Vendée, Vienne et Loir-et-Cher). Les plantes-ressources utilisées étaient l'achillée millefeuille, la tanaisie et le sarrasin, auxquelles s'ajoutent, sur le site du CTIFL, l'amaranthe queue de renard, le souci officinal et la corbeille d'argent. Les plante-banques utilisées étaient une céréale (blé ou orge), la tanaisie, l'achillée millefeuille et l'asclepia, avec également, sur le site du CTIFL, l'ortie et la féverole. Au total, 16 parcelles dites « alternatives », aménagées avec ces plantes de services et 16 parcelles dites « témoins » sans plantes de service (10 parcelles d'aubergine, 2 parcelles de laitue et 4 parcelles de fraise hors-sol) ont été étudiées et comparées entre elles.



Figure 1 : Coccinelle sur une plante-banque (blé), crédit photo : CTIFL®

Dans certaines parcelles « alternatives », un à deux lâchers de prédateurs et/ou de parasitoïdes de thrips et/ou de pucerons (*Adalia bipunctata*, *Aphidoletes* sp., *Aphidius* sp.) ont été effectués avant la plantation de la culture. Les populations de pucerons ainsi que celles de leurs ennemis naturels ont été suivies sur les plantes-banques et sur les plantes cultivées. Les rendements ont également été estimés à chaque récolte et la teneur en nitrates dans le sol et dans le feuillage des plantes cultivées a été mesurée à un pas de temps régulier. Les résultats obtenus en 2018 et 2019 suggèrent que l'utilisation de plantes de service combinée à des lâchers précoces d'ennemis naturels de pucerons permet de réguler efficacement les populations de pucerons en début de printemps, à partir du moment où les plantes-banques hébergent des proies de substitution au moins un mois avant l'arrivée des pucerons sur les plantes cultivées et que les plantes-ressources émettent leurs premières fleurs suffisamment tôt. Les paramètres biodémographiques des populations d'ennemis naturels de pucerons (fécondité, fertilité, taux intrinsèque d'accroissement naturel...) dépendent étroitement de la nature des proies consommées et celle-ci évolue au cours du temps dans les systèmes de cultures étudiés. L'efficacité des processus de régulation naturelle semble également influencée par le niveau de fertilisation azotée des plantes. Dans les dispositifs expérimentaux mis en place, les processus de régulation naturelle se sont en effet révélés insuffisants pour empêcher le développement des populations de pucerons dans toutes les parcelles où la teneur en nitrates dans le feuillage des plantes cultivées était excessive par rapport à leurs besoins. A la fin du projet, les

conditions à respecter pour qu'une stratégie de protection des cultures légumières contre les insectes piqueurs-suceurs fondée sur l'utilisation de plantes de service soit efficace, ainsi que les indicateurs à suivre pour piloter ce genre de stratégie, seront connus. Ces connaissances, valables pour l'ensemble du territoire français, pourront être mobilisées par les producteurs pour concevoir des systèmes de culture sur mesure adaptés à leur contexte.

## GÉNÉRICITÉ DES RÉSULTATS

Les données permettront de déterminer les conditions à respecter (objectifs opérationnels à atteindre) pour qu'une stratégie de protection des cultures légumières contre les insectes piqueurs-suceurs fondée sur l'utilisation de plantes de service et des lâchers précoces d'ennemis naturels soit efficace. Les protocoles pourront par ailleurs être formalisés afin de proposer aux producteurs de légumes des indicateurs à suivre, ainsi qu'une méthodologie de suivi, pour piloter ce genre de stratégie et en évaluer les performances. Ainsi, ce n'est pas une solution clef en main pour une seule culture et une situation unique qui sera proposée en fin de projet, mais des éléments de connaissances et des démarches méthodologiques qui pourront être mobilisés par les producteurs pour concevoir des systèmes de culture adaptés à leurs différents contextes de production, quelle que soit la région dans laquelle ils se trouvent.

## VALORISATIONS ET TRANSFERT

### Transfert

Les travaux menés dans le cadre du projet REGULEG montrent que les plantes-ressources et les plantes-banques doivent être installées dans les cultures de façon pérenne pour qu'elles puissent exercer leur fonction le plus tôt possible. Si ce n'est pas possible, elles doivent être installées au moins 3 ou 4 mois avant le semis ou la plantation de la plante cultivée. Dans les cultures sous abri froid, ces plantes peuvent être installées sous forme de patchs le long des bordures intérieures des abris ou bien sur la planche centrale. Dans les cultures de plein champ, elles peuvent être installées sous forme de patchs dans les allées bordant les parcelles, sur les lignes d'irrigation, dans les espaces non productifs ou sur la planche centrale. Les plantes-ressources et les plantes-banques doivent être semées ou plantées directement dans le sol, et non pas dans des pots ou dans des sacs plastiques afin qu'elles puissent se développer convenablement et exprimer tout leur potentiel. La proportion de surface cultivable qui doit être consacrée aux patchs de plantes-ressources et de plantes-banques pour que la stratégie de lutte biologique par conservation soit efficace reste à définir. Les patchs de plantes-ressources et de plantes-banques peuvent être couverts avec un voile de forçage dès leur semis ou leur plantation de façon à hâter la floraison (pour ce qui concerne les plantes-ressources) ou faciliter l'installation des proies de substitution et des prédateurs de pucerons (pour ce qui concerne les plantes-banques). Pour faciliter l'installation des proies de substitution sur les plantes-banques, celles-ci peuvent être fertilisées avec des apports d'azote réguliers de façon à ce que leurs besoins en azote soient largement satisfaits et que la teneur en nitrates dans leur feuillage soit toujours légèrement en excès par rapport aux besoins. Les plantes-

banques peuvent également être infestées artificiellement avec des proies de substitution deux mois avant la plantation des aubergines (dans le cas où aucun puceron ne s'y serait installé naturellement). Le choix des plantes-banques doit se faire en fonction de la plante cultivée à protéger d'une part, et du créneau de production d'autre part. En culture d'aubergine sous abri froid, les plantes-banques les plus appropriées sont l'ortie et la tanaisie car elles hébergent des pucerons très tôt en saison et elles n'ont, la plupart du temps, pas besoin d'être infestées artificiellement. Elles peuvent être préconisées pour favoriser la régulation naturelle des pullulations de pucerons les plus précoce. Par ailleurs, l'ortie sert de plante-hôte au puceron *Aphis urticata* qui ne représente aucun danger pour l'aubergine. L'ortie peut également servir de plante-hôte au puceron *M. euphorbiae*, qui est en revanche très dangereux pour l'aubergine. Cependant, dans le projet REGULEG, cette espèce de puceron n'a été observée sur ortie qu'entre début janvier et mi-février, c'est-à-dire bien avant la plantation des aubergines. La tanaisie sert quant à elle de plante-hôte au puceron *Macrosiphoniella millefolii*, qui ne représente aucun danger pour l'aubergine. Le blé, l'achillée millefeuille et l'asclépias peuvent également être utilisées comme plantes-banques en culture d'aubergine sous abri froid, car elles servent de plantes-hôtes pour les pucerons *Sitobion avenae* et *Rhopalosiphum padi* (pour ce qui concerne le blé), *M. millefolii* (pour ce qui concerne l'achillée millefeuille) et *Aphis nerii* (pour ce qui concerne l'asclépias) qui sont toutes inoffensives pour l'aubergine. Cependant, l'installation de ces espèces de pucerons sur ces plantes-banques est souvent aléatoire, peu massive et/ou trop tardive pour que la stratégie de lutte biologique par conservation mise en œuvre soit efficace. Ces plantes-banques sont donc plutôt conseillées pour favoriser la régulation naturelle des pullulations de pucerons les plus tardives (pullulations d'*A. gossypii* généralement). La fèverole constitue la plante-banque la plus appropriée pour protéger les cultures de laitue de plein champ contre les pullulations de pucerons les plus tardives (pullulations observées à partir de juin), car *A. fabae* est capable d'infester la fèverole relativement tôt et très massivement et ne représente pas de danger majeur pour la laitue. L'asclépias est également une plante-banque intéressante pour protéger les cultures de laitue de plein champ contre les pullulations de pucerons les plus tardives, car elle peut se faire infester massivement par le puceron *A. nerii*, lui aussi inoffensif pour la laitue. L'asclépias peut être utilisée en complément de la fèverole, car elle se fait infester par les pucerons plus tardivement. Cependant, cette deux plantes-banques favorisent plutôt l'installation des coccinelles, alors que ce sont essentiellement des syrphes qui fréquentent les laitues, ce qui peut fortement limiter l'efficacité de la stratégie de lutte biologique par conservation mise en œuvre. Le blé peut éventuellement constituer une alternative intéressante à la fèverole et à l'asclépias, car il est plutôt attractif pour les syrphes. Le choix des plantes-ressources doit également se faire en fonction de la plante cultivée à protéger d'une part, et du créneau de production d'autre part. En culture d'aubergine, des plantes-ressources capables de fleurir tôt et/ou d'attirer plus particulièrement les coccinelles, telles que la corbeille d'or ou la sauge officinale, peuvent être préconisées. En culture de laitue, des plantes-ressources capables de

fleurir tôt et/ou d'attirer plus particulièrement les syrphes, telles que la corbeille d'or, la coriandre et l'*Ammi majus* peuvent être préconisées. En culture de laitue, l'*A. majus* est particulièrement intéressant car il peut héberger massivement le puceron *A. fabae* et jouer par conséquent également un rôle de plante-banque. Pour cette raison, cette plante est en revanche à éviter en culture d'aubergine sous abri froid car *A. fabae* s'attaque très facilement à l'aubergine. Le sarrasin est très intéressant pour favoriser l'activité des syrphes, le souci officinal très intéressant pour favoriser l'activité de la punaise prédatrice *Macrolophus caliginosus*, et la tanaisie en fleur très intéressante pour favoriser l'activité des punaises prédatrices du genre *Orius* sp.. Cependant, ces plantes-ressources sont à éviter dans la mesure où le sarrasin et le souci officinal peuvent favoriser le développement massif du puceron *M. euphorbiae* (dangereux pour les cultures d'aubergine et en moindre mesure pour celles de laitue) et où les fleurs de tanaisie peuvent également attirer des punaises phytophages telles que *Lygus* sp., *Nesara* sp. ou *Nesidiocoris* sp. (ce dernier point reste toutefois à vérifier). Afin de maximiser les chances de réussite de la stratégie de lutte biologique par conservation mise en œuvre, la fertilisation azotée de la culture doit être gérée de façon optimale. Pour cela, un outil d'aide à la décision tel que l'outil PILAZO® peut être utilisé (lorsque l'outil est disponible).

## Recherche

Sur la base des résultats obtenus dans le projet REGULEG et afin de répondre aux questions que ces résultats suscitent, le projet EFFICACE a été construit par le CTIFL et soumis en 2022 à l'AAP CASDAR Connaissances. Le premier objectif de ce nouveau projet est d'identifier les facteurs biologiques, agronomiques et écologiques qui conditionnent l'efficacité des stratégies de lutte biologique par conservation mises en œuvre pour protéger les cultures de légumes contre les pucerons et testées dans le projet REGULEG, et de déterminer par conséquent les leviers d'action susceptibles de garantir l'efficacité et la fiabilité de ces stratégies dans le cadre d'une approche intégrée. Le second objectif de ce projet est de formaliser des règles de décisions et d'élaborer des indicateurs permettant aux producteurs de piloter efficacement ces stratégies. In fine, les résultats du projet EFFICACE, complémentaires de ceux obtenus dans le projet REGULEG, permettront aux producteurs de légumes de concevoir des stratégies de protection agro-écologiques des cultures contre les pucerons, fiables, robustes (i.e. efficaces dans différents contextes de production et dans différents contextes climatiques) et limitant le recours aux intrants phytosanitaires, que ceux-ci soient de synthèse ou d'origine naturelle.

## Livrables et évènements de valorisation

### PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

- Picault S., 2021. *Une nouvelle approche pour évaluer les stratégies de lutte biologique par conservation*. Infos-CTIFL n°373, p. 32-43.
- Picault S., Fouyer L., Demoisson V., De Bellabre M., Correia A., Vergnault A., Charpentier P., et Mahé I., 2021. *Protection des cultures d'aubergine contre les pucerons à l'aide de plantes-ressources et de plantes-banques*. Infos-CTIFL n°374, p. 50-62.

## ARTICLE(S) DE VULGARISATION

- ▶ Picault S., *Aubergine : optimiser la lutte bio grâce aux plantes de service*. Phytoma n°756, août-septembre 2022, p.36-40.

## JOURNEE(S) TECHNIQUE(S) ET COLLOQUES SCIENTIFIQUES(S)

- ▶ Conférence ECOPHYTO au SIVAL (Angers) : janvier 2018.
- ▶ Salon Tech & Bio Vendée (La Roche-sur-Yon) : mai 2018.
- ▶ Journée Technique ASTREDHOR Grand Est (Roville-aux-chênes) : sept. 2019.
- ▶ Salon Tech & Bio (Valence) : septembre 2019.
- ▶ Journée Nationale Aubergine-Poivron-Courgette (Balandran) : novembre 2019.
- ▶ Forum SIVAL (Angers) : janvier 2019.
- ▶ Communication orale (poster) SIVAL 2020 (Angers) : janvier 2020.
- ▶ Rencontres AB CTIFL-ITAB (webinaire) : décembre 2020.
- ▶ Conférence REGULEG au SIVAL (webinaire) : janvier 2021.
- ▶ Communication orale (poster) COMAPPI 2022 (Lille) : mars 2022.

## PRESENTATIONS A DES INSTANCES PROFESSIONNELLES OU DE DECISION

- ▶ Groupe de travail national « PBI » (Nîmes) ; décembre 2018.
- ▶ Groupe de travail national « PBI » (Nîmes) ; février 2020.
- ▶ Groupe de travail national « PBI » (Nîmes) ; décembre 2021.
- ▶ Groupe de travail national « Aubergine-Poivron-Courgette » ; janvier 2022.

## AUTRE(S) VALORISATION(S)

- ▶ Intervention dans le module PRODIV de l'ESA (Angers) : avril 2018.
- ▶ Intervention dans le module PRODIV de l'ESA (Angers) : avril 2019.
- ▶ Formation du groupe DEPHY Dordogne (producteurs) ; mars 2020.
- ▶ Intervention dans le module PRODIV de l'ESA (Angers) : avril 2021.
- ▶ Intervention dans le module PRODIV de l'ESA (Angers) : avril 2022.
- ▶ Formation Certiphyto des groupes de producteurs de la CA47 : juin 2022.
- ▶ Intervention dans le module AAE d'AgroParisTech (Saclay) : novembre 2022.

**ABCD-B****ABCD de la protection contre les viroses transmises par les pucerons : Biocontrôle et variétés**

Projet de grande ampleur scientifique ou d'interdisciplinarité

**Responsable scientifique**

**THIBORD Jean-Baptiste**  
jb.thibord@arvalis.fr  
ARVALIS

**Financements**

**Coût total du projet :** 443 400 €

**Montant de la subvention Ecophyto :** 200 000 €

**Mots-clés**

Virus

Pucerons

Céréales à paille

Colza

Variété

Biocontrôle

**Partenaires**

- ▶ ARVALIS, N. ROBIN
- ▶ INRAE - UMR PHIM, E. JACQUOT, M. SOUQUET, E. PICHON
- ▶ TERRES INOVIA, L. RUCK
- ▶ INSTITUT TECHNIQUE DE LA BETTERAVE, F. MAUPAS
- ▶ ACOLYANCE, G. GUERLE
- ▶ AGORA, L. VANDEPUTTE
- ▶ OXYANE, P. LAFFLEURIEL
- ▶ AXEREAL INNOVATIONS, J. REVEILLERE
- ▶ ACTEO, M. HERBACH, M. MERIC
- ▶ TERRENA INNOVATION, S. GIRONDE
- ▶ CERESIA, C. GAUTIER
- ▶ VIVESCIA, E. MIGNOT
- ▶ SOUFFLET AGRICULTURE, P. VERNETTI
- ▶ TEREOS, Alexis TORDEUR

Betterave

**En bref**

Depuis le retrait des solutions à base de néonicotinoïdes, les cultures de céréales à paille, betterave et colza doivent trouver de nouvelles solutions pour être protégées efficacement contre les viroses transmises par les pucerons. Le projet ABCD-B a pour objectif d'évaluer de nouvelles solutions grâce à des travaux réalisés au laboratoire et en plein champ. Un premier volet explore la piste de la voie génétique. Des variétés de chacune des espèces cultivées sont comparées afin de rechercher d'éventuels mécanismes de tolérance ou de résistance aux maladies à virus. Un deuxième volet étudie l'intérêt de produits de biocontrôle pour lutter contre les pucerons et la propagation des viroses dans les plantes et parcelles cultivées.

**CONTEXTE ET OBJECTIFS**

Jusqu'en 2018, les traitements à base de néonicotinoïdes constituaient la solution la plus efficace pour protéger les céréales à paille, le colza et la betterave contre les attaques de pucerons vecteurs de jaunisses virales. La seule alternative pour la protection des céréales est de recourir à des applications de produits de la famille des pyréthrinoïdes en traitement des parties aériennes. Pour le colza et la betterave, des résistances aux pyréthrinoïdes et carbamates ont été décrites pour le puceron vecteur de jaunisses virales sur ces espèces végétales.

Le projet ABCD-B a pour objectif d'évaluer de nouvelles solutions pour la protection contre les jaunisses virales transmises par pucerons sur céréales à paille, colza,

betterave. Les solutions étudiées dans le cadre du projet ABCD-B sont de deux ordres :

- Comparaison du comportement de différents idéotypes variétaux de chacune des espèces cultivées,
- Comparaison de solutions visant à lutter contre les pucerons ou à modifier leur comportement et limiter indirectement la propagation des virus aux plantes.

**PRINCIPAUX INTÉRETS ET RÉSULTATS POUR LE PLAN ECOPHYTO****VOLET VARIETES :**

Concernant les variétés de blé tendre, les résultats acquis au champ montrent que la sensibilité des génotypes varie avec une perte de rendement engendrée par la JNO qui peut

être deux fois plus élevée sur un génotype très sensible par rapport à un génotype peu sensible. Les travaux réalisés en conditions contrôlées mettent en évidence des différences entre génotypes concernant certains mécanismes impliqués dans le processus d'infection en particulier l'accumulation de particules virales. Il est cependant encore difficile d'établir une relation nette entre les résultats acquis en conditions contrôlées sur les différents indicateurs et les résultats mesurés au champ.

Ces résultats valident néanmoins l'hypothèse d'une différence de sensibilité entre variétés et ouvrent le champ à la sélection de génotypes plus résilients en situations exposées à la JNO. Les méthodes et outils d'évaluation variétales utilisés par les différents partenaires et les résultats acquis au cours du projet ABCD-B devraient aider la recherche privée à évaluer et à proposer à terme des variétés de blé tendre présentant une moindre sensibilité à la JNO.



Figure 1 Pucerons *Rhopalosiphum padi* vecteurs de jaunisse nanisante de l'orge sur céréales d'hiver, crédit photo : ARVALIS.

Pour le colza, les résultats acquis au cours du projet ont permis d'accompagner sur le terrain le positionnement et le développement de variétés bénéficiant d'une résistance partielle au virus TuYV.

Concernant les betteraves, les travaux réalisés dans le cadre du projet ABCD-B montrent une grande variabilité de phénotypes au champ. La perte de rendement des hybrides les moins symptomatiques est cependant élevée. Les deux génotypes qui ont confirmé de moindres symptômes au champ en 2019 et 2020 n'ont pas été validés en conditions contrôlées. Les travaux conduits dans le projet ABCD-B ont permis de mettre au point un protocole d'inoculation au champ et sont précurseurs d'autres travaux de recherche plus ambitieux et plus collaboratifs entrepris dans le cadre du Plan National de Recherche et Innovation (PNRI) « vers des solutions opérationnelles contre la jaunisse de la betterave sucrière ».

#### VOLET PRODUITS DE BIOCONTROLE :

L'important travail de screening réalisé de façon concertée sur trois espèces végétales et différentes espèces de pucerons a permis de produire des résultats encourageants pour deux substances actives : l'azadirachtine et l'huile de paraffine. Les travaux réalisés en conditions contrôlées permettent d'expliquer – au moins partiellement – les modes d'action ce qui devrait aider à optimiser l'emploi de ces produits au champ.

Ces résultats permettront aux instituts techniques, organismes économiques et autres organismes de développement d'accompagner la ou les solutions de biocontrôle sur les usages pour lesquels celles-ci pourraient être autorisées un jour. Cela pourrait notamment être le cas pour l'huile de paraffine pour la protection des céréales à paille sous conditions que l'autorisation de la substance active soit renouvelée au niveau européen (échéance : 31/12/2023) et qu'un produit commercial soit homologué en France. Au-delà des aspects réglementaires, deux obstacles majeurs devront être franchis pour que ce produit soit largement utilisé ; réduire le nombre d'application à mettre en œuvre par les agriculteurs par rapport au nombre d'applications réalisées dans nos expérimentations (4 apports) et limiter les risques de phytotoxicité qui ont pu être observés à quelques reprises sur orge.

#### QUELLE EFFICACITÉ GLOBALE ?

Les solutions évaluées dans le cadre du projet ABCD-B ont des efficacités le plus souvent partielles dont le niveau de protection est dépendant de la pression en maladie virale.

Pour le blé tendre, les différences de sensibilité qui sont mesurées entre variétés sont proportionnelles à la pression de la maladie. Cela signifie qu'une protection contre les pucerons demeure nécessaire quelle que soit la sensibilité de la variété dès lors qu'un risque de JNO existe. Cependant, parmi les nombreuses solutions de biocontrôle ayant été évaluées au cours du projet, seules l'azadirachtine et l'huile de paraffine ont pu démontrer une efficacité. Cette efficacité est observée de façon plus régulière pour l'huile de paraffine avec un niveau moyen de l'ordre de 50% et une variabilité non dépendante du niveau de pression de maladie. La combinaison des deux leviers – choix d'une variété tolérante protégée à l'aide d'un produit de biocontrôle – semble opportune sur blé tendre afin de limiter les pertes. Néanmoins, les deux leviers ayant des efficacités partielles, il est évident que leur combinaison ne permettra pas de retrouver le niveau de rendement obtenu auparavant avec l'imidaclopride ou actuellement avec l'application de pyréthrinoides.

Pour le colza, l'azadirachtine a montré des résultats intéressants en réduisant les populations de pucerons sur la culture. Cette efficacité n'a cependant pas permis de réduire significativement la charge virale des plantes protégées que ce soit avec l'azadirachtine ou la référence insecticide et aucune différence significative n'est observée concernant le rendement dans les 3 essais récoltés en 2019 et 2020. Si la résistance variétale est le levier à actionner en priorité contre le risque de jaunisse en colza, il reste opportun d'étudier l'efficacité des solutions de biocontrôle, de l'azadirachtine en particulier, sur la transmission des mosaïques par les pucerons. Les deux mosaïques connues sur colza sont des viroses moins fréquentes mais dont la nuisibilité est élevée si elles sont présentes et pour lesquelles la résistance dite « TuYV » ne semble pas efficace. Combiner une variété résistante TuYV et un produit de biocontrôle pourrait alors être opportun pour lutter à la fois contre la jaunisse et les mosaïques. Un autre intérêt dans l'usage de produits de biocontrôle appliqués sur variétés résistantes à la jaunisse pourrait également être de faire baisser la pression de sélection sur la résistance à la jaunisse et favoriser la

durabilité du levier génétique.

Pour la betterave, la combinaison des leviers génétiques et de lutte à l'aide de produit de biocontrôle pourra être étudiée dès lors que des solutions présentant un meilleur potentiel technique auront été identifiés. Les travaux se poursuivent dans le cadre du PNRI.

## GÉNÉRICITÉ DES RÉSULTATS

Le travail d'évaluation de variétés et de produits de biocontrôle a été mis en œuvre par un grand nombre de partenaires, sur différentes filières et avec une nécessité de créer des ponts entre les résultats acquis en conditions contrôlées et ceux acquis au champ. Cela a impliqué d'échanger à propos des méthodes d'évaluation des solutions et les indicateurs de performances de ces solutions. Ce travail de partage de méthodologie est applicable à d'autres couples ravageurs-cultures.

## VALORISATIONS ET TRANSFERT

### Transfert

De nouvelles méthodologies d'évaluation de la résistance/tolérance de variétés de betterave à la jaunisse faisant appel à l'inoculation contrôlée de pucerons virulifères ont été proposées.

### Recherche

Les travaux sur betterave ont été multipliés dans différents axes de recherche dans le cadre du PNRI, y compris les axes variétés et solutions de biocontrôle dont les travaux avaient été initiés dans le cadre de ABCD-B.

Concernant les céréales à paille, des travaux visant à poursuivre l'étude de sensibilité entre variétés ont été proposés mais non-initiés à ce jour faute de financement. Pour le colza, le niveau de résistance partielle portée par le génotype Architect semble constituer une solution actuelle pour tenter de gérer les questions relatives à la jaunisse virale sur colza.

Pour les différentes espèces cultivées, il conviendra d'étudier la durabilité de cette résistance de manière à limiter au mieux le risque d'érosion de cette résistance.

## Livrables et évènements de valorisation

### PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

► Souquet et al., *Fine characterization of a resistance phenotype by analyzing TuYV-Myzus persicae-rapeseed interactions*. Plants 2021, 10, 317. <https://doi.org/10.3390/plants10020317>

► Pichon et al., *Wheat cultivars and natural-based substances: Impacts on epidemiological parameters of yellow dwarf disease*. Plant Pathology 71(6), 1293-1303. <https://doi.org/10.1111/ppa.13564>

### ARTICLE(S) DE VULGARISATION

► Premiers résultats du projet ABCD-B sur les jaunisses virales, Le Betteravier Français n°1103, 24/12/2019.

► Résultats d'essais - *Produits de biocontrôle au banc d'essais*, Le Betteravier Français n°1121, 22/12/2020

► *De nouveaux moyens pour faire face aux pucerons et viroses du colza*, Phytoma, mai 2019 p 14-18

► *Solutions de biocontrôle pour lutter contre les jaunisses*

virales

*Phytoma*, n°742, mars 2021 – p. 34-40  
► *Jaunisse nanisante de l'orge : à la recherche de solution alternatives*, Perspectives Agricoles n°504, p.28-32, novembre 2022

## JOURNÉE(S) TECHNIQUE(S) ET COLLOQUES SCIENTIFIQUE(S)

► *Are rapeseed varieties resistant to Turnip yellows virus (TuYV) the solution against viruses transmitted by aphids?* IOBC 2018 ZAGREB

► *Turnip yellows virus-resistant rapeseed varieties as a possible solution against aphid-borne virus disease - GCIRC BERLIN 2019 congrès international du colza*

► *Biocontrôle pour lutter contre les jaunisses virales en grandes cultures* - Conférence Internationale sur les Ravageurs et Auxiliaires en Agriculture, 26-28 octobre 2021, Montpellier

► *Résistance variétale : un levier efficace contre la jaunisse sur colza* - Conférence Internationale sur les Ravageurs et Auxiliaires en Agriculture, 26-28 octobre 2021, Montpellier

► *Analyse des interactions virus-pucerons-plantes impliquées dans l'épidémiologie des jaunisses sur grandes cultures* - Conférence Internationale sur les Ravageurs et Auxiliaires en Agriculture, 26-28 octobre 2021, Montpellier

► *Vers de nouvelles solutions de protection contre la jaunisse nanisante de l'orge sur céréales à paille* - PHLOEME 3-4 novembre 2022 :

► *Impact of a rapeseed resistant genotype on parameters linked to TuYV-Myzus persicae-rapeseed interactions* - Rencontres de virologie végétale Aussois - 12-16 septembre 2021

## PRESENTATIONS A DES INSTANCES PROFESSIONNELLES OU DE DECISION

► Présentation des résultats variétés et produits de biocontrôle aux réunions techniques régionales et commissions nationales organisées par les instituts techniques [Terres Inovia, Arvalis, ITB] en 2019, 2020.



Retrouvez le colloque dans son intégralité  
[sur la chaîne Youtube animation Ecophyto RI](#)

animation-ecophyto@inrae.fr

**ÉCOPHYTO**  
RÉDUIRE ET AMÉLIORER  
L'UTILISATION DES PHYTOS