

COLLOQUE ÉCOPHYTO RECHERCHE & INNOVATION 2021

ÉCOPHYTO
RÉDUIRE ET AMÉLIORER
L'UTILISATION DES PHYTOS

Webinaire 7

**La flore compagne au service
de la santé des cultures et du sol**



**Jeudi 2 décembre 2021
de 13h30 à 15h**



Présentation synthétique du colloque

La réduction de l'usage des produits phytopharmaceutiques constitue une attente citoyenne forte et une nécessité pour préserver notre santé et la biodiversité. Les plans Écophyto réussis matérialisent les engagements pris pour réduire les usages de produits phytopharmaceutiques et parvenir à une utilisation des pesticides compatible avec le développement durable.

Sous le format d'une série de 9 webinaires à fréquence hebdomadaire, **le colloque Écophyto Recherche & Innovation 2021** restituera et mettra en perspective les résultats d'une trentaine de projets issus de 3 appels lancés depuis 2015 qui portent sur :

- ▶ La contribution à l'essor du biocontrôle dans le cadre de l'appel Pour et Sur le plan Écophyto 2 ([PSPE2](#)) ;
- ▶ Les notions de résistances et pesticides : résister aux bioagresseurs, vaincre les résistances au changement pour réduire les risques ([Pesticides 2014](#)) ;
- ▶ La mise au point de solutions alternatives aux produits phytopharmaceutiques dans les jardins, espaces végétalisés et infrastructures ([JEVI 2016](#)).

En effet, la recherche-innovation est un levier crucial pour atteindre ces objectifs, dont l'importance s'est renouvelée au fil des plans. L'axe « Recherche & Innovation » du plan Écophyto II+ (axe 2), piloté par

4 ministères (MAA, MTE, MSS, MESRI) avec l'appui du Comité scientifique d'orientation Recherche-Innovation (CSO R&I), mobilise et structure les différentes communautés de recherche-innovation, pour produire et améliorer les connaissances et les outils nécessaires pour atteindre les objectifs fixés par le plan en matière de réduction de l'utilisation des produits phytopharmaceutiques et des risques associés.

Une action importante de l'axe Recherche & Innovation est le lancement d'appels à projets de recherche-innovation et la valorisation de leurs résultats. Ainsi, **le colloque Écophyto Recherche & Innovation 2021** souhaite s'adresser à différents publics : communautés de recherche-innovation, professionnels agricoles ou non agricoles, industriels et acteurs de l'agro-fourmure, enseignants et étudiants, décideurs et élus locaux.

Chaque session webinaire prendra la forme d'une restitution des résultats de 3-4 projets par leurs porteurs, accompagnée d'interventions de grands témoins.

Une valorisation du contenu du colloque sera réalisée par le biais d'une diffusion à différents niveaux : restitution synthétique des résultats des projets et des points saillants, édition d'articles scientifiques, mise en ligne des vidéos de présentation des projets sur une chaîne YouTube.

[Lien vers la page EcophytoPic dédiée au colloque](#)

COMITÉ D'ORGANISATION

Animation de l'axe Recherche-Innovation

Sibylle de Tarlé (INRAE - UMR Agroécologie), Damien Corazzi (INRAE - UMR Agroécologie), Mariam Yalaoui (INRAE - UMR Agroécologie)

Membres issus du CSO R&I

Xavier Reboud (INRAE - UMR Agroécologie) ; Camille Dumat (INP-ENSAT Toulouse) ; Marc Gallien (DREETS Normandie) ; Philippe Nicot (INRAE, unité Pathologie végétale) ; Michel Duru (INRAE, UMR AGIR) ; Antoine Messéan (INRAE, unité Eco-Innov) ; Caroline Gibert (Solagro) ; Thibaut Malausa (INRAE, ISA) ; Thierry Bordin (Chambre Régionale Agriculture Centre-Val de Loire) ; Carole Barthélémy (Université d'Aix-Marseille)

Copilotes ministériels de l'axe Recherche-Innovation

Anne-Sophie Carpentier (MTE) ; Anna Grout (MTE) ; Antoine Le Gal (MAA) ; Enrique Barriuso Benito (MESRI) ; Jordan Barlemont (MSS)



La flore compagne au service de la santé des cultures et du sol

Les plantes compagnes sont installées sur la même parcelle que la culture principale pour offrir un ou plusieurs services écosystémiques, sans avoir forcément vocation à être commercialisées. Ces services peuvent être l'accroissement de la biodiversité naturelle, l'amélioration des caractéristiques du sol, ou la réduction de la pression de certains bio-agresseurs des cultures. Plusieurs stratégies existent afin d'utiliser ces plantes comme leviers pour la réduction de la dépendance aux produits phytosanitaires de synthèse, dont des exemples sont présentés dans cette session. Le projet FLEUR étudie ainsi l'implantation à proximité des cultures de céréales d'un mélange de plantes composé de variétés de sarrasin, de moutarde, de féverole et de bleuet, afin de favoriser la population d'ennemis naturels de ravageurs des céréales. En effet, ces bandes fleuries peuvent constituer un refuge favorable aux arthropodes prédateurs, et être

attractives pour les parasitoïdes. Le projet MacroPlus présente une stratégie similaire pour des cultures maraîchères : il étudie l'intérêt d'implanter le souci (*Calendula officinalis*) auprès des cultures de tomates sous tunnel, afin de favoriser la présence de la punaise prédatrice *Macrolophus pygmaeus*, agent de biocontrôle utilisé pour réduire les populations des aleurodes de la tomate. Enfin, le projet SERUM présente une stratégie différente, reposant sur la bio-désinfection des sols. Il s'agit de réduire la population de parasites des cultures de tomates présents dans le sol, les nématodes du genre *Meloidogyne* et la bactérie responsable du flétrissement bactérien, en implantant des plantes de service en précédent cultural. Certaines espèces de crotalaires et d'alliacées, coupées et disposées en mulch et/ou enfouies dans le sol, montrent des résultats intéressants.

Ordre du jour de la session

- ▶ **Introduction par Laurence Fontaine, membre du CSO R&I, Chargée de projet Évaluation variétale pour l'Agroécologie au GEVES, directrice technique de l'ITAB (2004-2020)**
- ▶ **Présentations des résultats des projets**
 - [FLEUR](#)
 - [MacroPlus](#)
 - [SERUM](#)
- ▶ **Intervention de notre invité témoin**
 - Christophe Jarry**
 - Directeur du Jardin Enchanté (Herblay)
- ▶ **Échanges / questions – réponses**



Manipulations de la biodiversité floristique en culture de céréales

Année de démarrage : 2015

Année de fin : 2018

Partenaires

Université de Rennes-CNRS ; INRAE / Agrocampus Ouest ; Institut Sophia Agrobiotech ; INRAE-AgroParisTech ; SA PINAULT ; Ter-Qualitechs ; Dervenn ; LTER Armorique

Responsable scientifique

Joan Van Baaren, CNRS-Université de Rennes
joan.van-baaren@univ-rennes1.fr

Financement

Coût total du projet : 721 009 €
Subvention Écophyto : 141 748 €

Mots clés :

Aménagement floraux ; Traits floraux ; Régulation biologique ; Ressources trophiques ; Parasitoïdes ; Prédateurs ; Saison hivernale ; Lutte biologique par conservation ; Réchauffement climatique ; Bandes fleuries annuelles et pérennes

Contexte et principaux objectifs

Dans les grandes cultures de céréales, en agriculture conventionnelle, les produits phytopharmaceutiques sont utilisés entre autres dans l'enrobage des semences. Cette utilisation a pour objectif de limiter les populations de pucerons qui transmettent des virus pendant l'hiver. Cependant, ces traitements des semences sont interdits depuis septembre 2018. Sur colza, culture très peu présente en agriculture biologique, les insectes coléoptères ravageurs sont résistants aux insecticides. Le projet FLEUR vise à mettre en place une lutte biologique par conservation dans l'objectif de renforcer l'abondance et la diversité des ennemis naturels des ravageurs grâce à une augmentation de la biodiversité végétale à proximité des champs par l'implantation de bandes fleuries pérennes ou annuelles. Les objectifs du projet FLEUR étaient de (1) déterminer les espèces végétales à assembler pour augmenter l'efficacité des ennemis naturels (2) définir les arrangements spatiaux efficaces pour ces apports floraux par rapport aux cultures à protéger (3) définir les risques liés à ces apports floraux pour les cultures voisines.



Aphidius avenae en train de pondre dans un puceron des épis *Sitobion avenae*.

Crédit photo : Sonia Dourlot, Université Rennes 1

Principaux résultats et intérêts en lien avec le plan Écophyto

La production principale issue de ce projet est un mélange fleuri composé de quatre espèces de plantes non coûteuses, non salissantes, qui n'attirent pas de ravageurs supplémentaires, qui sont utilisées par des hôtes alternatifs permettant aux populations de parasitoïdes de se développer, qui fleurissent en hiver s'il ne gèle pas (produisant ainsi du nectar utilisable par les parasitoïdes), qui sont attractives pour les parasitoïdes par la couleur dominante jaune de la moutarde et qui créent à proximité de la culture un refuge microclimatique favorable aux arthropodes prédateurs (carabes, staphylins et araignées). Ce mélange est composé de plusieurs variétés de sarrasin susceptibles de s'échelonner sur l'automne, de moutarde qui résiste bien au gel et qui est très attractive, de différentes variétés de féveroles dont les floraisons s'échelonnent entre l'automne et l'hiver et potentiellement de bleuet.

En agriculture conventionnelle, en Bretagne, région de cultures céréalières (blé et maïs en rotation), ce mélange annuel peut s'implanter dans les couverts hivernaux que les agriculteurs mettent en place entre septembre et mars, aux endroits où ils planteront du maïs au printemps. En agriculture biologique, comme les agriculteurs n'implantent pas de couverts hivernaux, une partie de la surface du champ doit être consacrée à l'implantation de la bande fleurie plutôt qu'à la céréale (surface perdue). Les résultats obtenus sont très semblables en agriculture

conventionnelle et biologique, mettant en évidence une absence de risque de l'implantation de ces bandes fleuries à proximité des cultures.

La saison hivernale représente maintenant une période propice à la mise en place de méthodes de lutte biologique par conservation, permettant ainsi de pouvoir envisager les processus de contrôle biologique par la diversité végétale tout au long de l'année. En effet, avec le réchauffement climatique, les ennemis naturels sont maintenant présents toute l'année sur les parcelles et sont dangereux en hiver, période où ils transmettent des virus, comme celui de la Jaunisse Nanisante de l'orge.

Nos résultats mettent en évidence les effets positifs de ces bandes fleuries sur le taux de parasitisme et sur la régulation par prédation des ravageurs des cultures par leurs ennemis naturels, et mettent en évidence l'importance de ces bandes fleuries pour favoriser les populations d'auxiliaires sur toute l'année. La démonstration de l'intérêt d'implanter une bande fleurie annuelle en hiver à proximité des cultures est une première dans le contexte de la lutte biologique par conservation principalement concentrée jusqu'à maintenant sur les saisons de végétation. Par ailleurs, ce projet a aussi permis de mettre en évidence l'intérêt des bandes fleuries pérennes dans le maintien des populations d'ennemis naturels des cultures.



Manipulation hivernale (recherche de pucerons) dans un champ de blé.

Crédit photo : Ouest-France 05 avril 2018

Perspectives futures en termes de transfert ou de recherche

Transfert :

Nos résultats montrent l'intérêt de l'implantation d'un mélange fleuri en hiver à proximité des cultures de céréales. En agriculture conventionnelle en Bretagne, qui comporte une rotation de cultures pures blé/maïs, le transfert est relativement simple puisque les agriculteurs doivent mettre obligatoirement en place un couvert hivernal et la plupart des agriculteurs contactés n'étaient pas particulièrement réticents à l'idée d'implanter le mélange proposé sur toute la surface du couvert hivernal. Si cette méthode était adoptée à large échelle, alors il y aurait probablement des effets synergiques à l'échelle du paysage. Il manquerait une production en masse du mélange à commercialiser.

Recherche :

Il faudrait évaluer les bénéfices de la diversité végétale cultivée pérenne ou annuelle à l'échelle des paysages agricoles. Dans le cas des coléoptères ravageurs du colza et des légumineuses, ces insectes et leurs parasitoïdes ne réalisent qu'un seul cycle par an et dispersent fortement dans le paysage. Il en résulte que les bandes pérennes qui favorisent une régulation naturelle voient leurs effets différés dans le temps et dilués dans l'espace, ce qui n'incite guère les agriculteurs à mobiliser ces régulations. Des couverts hivernaux fleuris annuels fréquents dans la mosaïque pourraient avoir des bénéfices non seulement à l'échelle des parcelles voisines, mais aussi à l'échelle du paysage.

Publications et colloques scientifiques :

PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES :

- ▶ *Agriculture Ecosystems and Environment* (n°247: pp 418-425) : **Change in plant phenology during winter increases pest control but not trophic link diversity**. Damien M, Le Lann C, Desneux N, Alford L, Al-Hassan D, Georges R, Van Baaren J. 2017.
- ▶ *Frontiers in Ecology and Evolution-Population and Evolutionary Dynamics* : **Changes in host-parasitoid communities over the years in cereal crops of Western France: Does climate warming matters ?** Tougeron K, Damien M, Le Lann C, Brodeur J & van Baaren J. 2018.
- ▶ *Behavioral Ecology and Sociobiology* (73:156) : **Food or host : do physiological state and flower type affect foraging decisions of parasitoids ?** Damien M, Barascou L, Ridet A, Van Baaren J, Le Lann C 2019. <https://doi.org/10.1007/s00265-019-2758-9>
- ▶ *Entomologia generalis* (40(2): 147 – 156) : **How does floral nectar quality affect life history strategies in parasitic wasps ?** Damien M, Llopis S, Desneux N, Van Baaren J and Le Lann C. 2020. Art No. ESP146004002003 DOI: 10.1127/entomologia/2020/0906S

ARTICLES DE VALORISATION/VULGARISATION :

- ▶ *Science ouest* (n° 341, Avril 2016) : **Des fleurs contre les pesticides**. <http://www.espace-sciences.org/sciences-ouest/341/actualite/des-fleurs-contre-les-pesticides>
- ▶ *Horizon* (n°130, Avril/Mai 2016) : **Les parasitoïdes, des alliés actifs en hiver à favoriser**.



Renforcement de l'installation de *Macrolophus pygmaeus*, punaise prédatrice des aleurodes, acariens, pucerons...

Année de démarrage : 2015

Année de fin : 2018

Partenaires

GRAB ; SERAIL ; APREL ; Chambre d'Agriculture des Bouches du Rhône ; INRAE UE Alénia Roussillon

Responsable scientifique

Jérôme Lambion, GRAB
jerome.lambion@grab.fr

Financement

Coût total du projet : 198 550 €
Subvention Écophyto : 99 233 €

Mots clés :

Gestion par des macro-organismes ; Reconception du système de culture ; Biodiversité fonctionnelle ; Cultures légumières ; Plante-hôte ; *Macrolophus* ; Plante de service ; Travail de co-conception avec les agriculteurs

Contexte et principaux objectifs

Macrolophus pygmaeus est une punaise prédatrice utilisée depuis une vingtaine d'années pour lutter contre les aleurodes sur tomate. Cette punaise très polyphage, indigène du Sud de la France, peut aussi réguler les populations d'acariens tétranyques, de pucerons, de noctuelles et de *Tuta absoluta*, sous réserve que la culture soit peu ou pas traitée. Cet auxiliaire incontournable est cependant très coûteux et son installation est difficile.

Le projet Macroplus a visé à travailler ces deux derniers aspects à travers la mise au point de techniques permettant d'obtenir *M. pygmaeus* en nombre important, à coût réduit, de façon précoce. Le projet Macroplus a associé fortement des producteurs motivés et curieux aux expérimentations envisagées. Au niveau des expérimentations, les techniques ont reposé sur l'utilisation de plantes-hôtes de *M. pygmaeus*, comme le souci officinal. Ces plantes ont été étudiées en tant que zones refuges hivernales, ou de plantes relais.

L'enjeu du projet Macroplus est, qu'au-delà de la fourniture de références techniques, l'implication des producteurs soit renforcée, afin qu'ils participent à la construction d'une lutte biologique où ils seront acteurs, pas simplement clients d'un fournisseur.



Larves et adultes de *Macrolophus* sur souci.
Crédit photo : SERAIL

Principaux résultats et intérêts en lien avec le plan Écophyto

Parmi la vingtaine d'espèces testées au GRAB depuis 2007, le souci (*Calendula officinalis*) s'est révélé le plus intéressant pour favoriser la présence de *Macrolophus*. Cette plante rustique permet à *Macrolophus* de s'alimenter, car celui-ci peut prélever de la sève en piquant les tiges de soucis et se nourrir du pollen des fleurs. *Macrolophus* peut aussi y trouver des proies. Des observations en plein hiver ont montré qu'à l'extérieur et à l'intérieur des abris, *Macrolophus* était présent et actif sur le souci, et qu'il pouvait s'y reproduire pendant cette période pourtant défavorable.

Au cours du projet, la stratégie a consisté à travailler les bandes fleuries de souci en tant que refuges hivernaux pour les punaises prédatrices. Les essais mis en place chez les producteurs se sont montrés concluants. Des pieds de soucis ont été plantés ou semés au pied des bâches plastiques, à l'intérieur des tunnels plastiques non chauffés, avant l'arrachage de la culture d'automne. Ces soucis peuvent recueillir, héberger et multiplier les *Macrolophus* pendant l'hiver ; ils servent alors de source de *Macrolophus* au printemps suivant. Les cultures des tunnels bordés de pieds de soucis présentaient plus de *Macrolophus* et moins de ravageurs que les tunnels sans soucis. Des essais complémentaires ont prouvé que l'arrachage ou la fauche des pieds de soucis permettait de forcer le transfert des *Macrolophus* dans la culture au moment opportun, et d'homogénéiser les effectifs de *Macrolophus* dans la culture, renforçant l'efficacité du contrôle biologique.



Tiges de soucis portant des *Macrolophus* coupées et disposées dans la culture.
 Crédit photo : GRAB

Le transfert des tiges de souci portant *Macrolophus* est très simple et peut être réalisé dans le même tunnel ou dans un nouveau tunnel. Il convient évidemment d'ajuster les quantités de rameaux de soucis prélevés en fonction des effectifs de *Macrolophus* sur souci. L'enjeu est vraiment qu'il n'y ait pas de rupture dans la fourniture d'habitat et de nourriture aux auxiliaires, que ce soit sur une plante compagne (le souci) ou sur la culture.

Quand la plantation/semis des soucis en terre n'est pas envisageable, les soucis peuvent servir de plante-relais. Ils sont alors semés ou plantés dans des pots ou des caisses. Ces pots sont disposés dans les tunnels de tomate, au moment de leur arrachage. *Macrolophus* se réfugie alors sur les soucis, car la tomate desséchée n'est plus attractive. Ces pots sont placés dans un tunnel (pas forcément chauffé) pendant l'hiver, et régulièrement arrosés. La mise en place d'un filet insect-proof (ou P17 dans les régions plus froides) sur ces pots permet de confiner les populations de *Macrolophus* et/ou de protéger plantes et insectes du froid.

Au printemps, après avoir vérifié la présence de *Macrolophus* et l'absence de ravageurs (*Nesidiocoris*, aleurodes par exemple) sur les soucis, les pots sont disposés très tôt dans la culture à protéger. L'utilisation de pots est ainsi plus compatible avec les traitements insecticides sur cultures d'hiver et la solarisation éventuelle en été. Elle permet aussi le déplacement facile d'un tunnel à l'autre pour tenir compte des rotations culturales.

Les résultats obtenus dans différents contextes de production (AB ou conventionnelle, zones pédoclimatiques différentes) sont concordants et permettent ainsi de tirer des conclusions fiabilisées. La réussite de stratégies basées sur celles travaillées dans *Macropus* dans d'autres régions de France renforce encore la validité des résultats. Ces références ont été acquises dans un contexte de production en sol, sous abri froid.

Perspectives futures en termes de transfert ou de recherche

Transfert :

Le transfert a déjà largement commencé, grâce à l'implication des producteurs dans le projet. Cette implication a été facilitée par les relations étroites qu'entretiennent les stations d'expérimentation avec la profession. La mise en place de suivis allégés chez certains producteurs et le relais assuré par des réseaux Dephy Fermes ont permis d'amplifier la valorisation des conclusions du projet, au-delà des sites expérimentaux. Dès le début du projet, la préoccupation de prendre en compte les attentes et contraintes des producteurs a permis de travailler des stratégies réalistes, facilitant ainsi un transfert rapide sur le terrain.

Recherche :

Malgré les ambitions affichées, les limites budgétaires ont imposé des choix. Les cultures d'hiver n'ont par exemple pas été suivies, alors que *Macrolophus*, encore actif dans les bandes fleuries à cette période, pourrait être mobilisé dans la régulation de certains ravageurs (ex : pucerons sur salade). Les références acquises dans le projet l'ont été dans un contexte de production sous abri non chauffé, en sol. Les contraintes de production en hors-sol sont différentes. *Macrolophus* est un auxiliaire incontournable dans ces systèmes, avec un coût important. Il serait ainsi très intéressant de chercher à transposer les acquis de *Macropus* pour la production hors-sol. De même, travailler sur d'autres couples plantes-hôtes/auxiliaires comme *Géranium/Dicyphus* pourrait permettre de renforcer la stabilité de l'agroécosystème. Le projet CASDAR ACOR démarré en 2020 a d'ailleurs repris ces objectifs.

Publications et colloques scientifiques :

Les actions de diffusion ont été très nombreuses. Elles ont principalement visé producteurs et techniciens (journaux professionnels, visites, colloques et participations à des réunions techniques). Certaines opérations de valorisation ont concerné plutôt des partenaires scientifiques (colloque Ecophyto, GTN biodiversité fonctionnelle, GTN PBI). Les résultats du projet ont aussi été intégrés dans des formations concernant la biodiversité fonctionnelle et la Protection Biologique et Intégrée.

ARTICLES DE VULGARISATION/VALORISATION :

- ▶ Culture Légumière (n°158 mars avril 2017) : **Favoriser *Macrolophus pygmaeus*, un auxiliaire indigène**
- ▶ Biofil (n°111 mai juin 2017) : **Lutte biologique sous abri : optimiser *Macrolophus pygmaeus***
- ▶ Serre et plein champ (n°378 juin 2017) : **Utilisation des soucis comme refuge hivernal pour les *Macrolophus***
- ▶ Phytoma n°724 mai 2019 : ***M. pygmaeus*, une punaise pleine de ressources**

FICHES TECHNIQUES :

- ▶ Fiche technique Ressources septembre 2018 : **Le souci, plante-hôte de *Macrolophus* 4p.**



Désinfection des sols en cultures maraichères

Année de démarrage : 2015

Année de fin : 2019

Partenaires

CETU Innophyt, Université de Tours ; CIRAD ; CIRAD/IRD/ SupAgro / UM2 UMR LSTM ; INRAE ; IRBI UMR CNRS 7261 Université Tours ; EBI UMR CNRS 7267 Université Poitiers ; GRAB-Avignon ; CERTIS Europe ; Delbon SARL

Responsable scientifique

Ingrid Arnault, CETU Innophyt, Université de Tours
ingrid.arnault@univ-tours.fr

Financement

Coût total du projet : 349 070 €
Subvention Écophyto : 140 930 €

Mots clés :

Tomate ; *Allium* ; *Crotalaria* ; Nématodes ; Flétrissement bactérien ; DMDS ; Mulch ; Précédent cultural ; Bâchage ; Effets non intentionnels ; Biostimulation; Allélopathie.

Contexte et principaux objectifs

En Martinique, *Ralstonia solanacearum*, la bactérie responsable du flétrissement bactérien (organisme de quarantaine), est le premier bio-agresseur des Solanacées et Cucurbitacées avec des pertes allant jusqu'à 100%. A l'heure actuelle, il s'agit d'un usage orphelin. Les nématodes à galles du genre *Meloidogyne* causent 40% de pertes dans les serres de tomates du sud de la France. Seul le dichloropropène est actuellement en usage dérogatoire. Les besoins en solutions agro-écologiques permettant de sécuriser les productions sont donc très importants pour les maraîchers. Les stratégies de biocontrôle étudiées dans SERUM reposent sur la bio désinfection des sols avec des PdS (plantes de service), crotalaires et Alliées, en précédent cultural/mulch (Figures 1 et 2) et/ou enfouissement de broyat sec ou frais et, en association. Le disulfure de diméthyle (DMDS) -molécule volatile libérée par les *Allium*-représente une solution de désinfection des sols (nématodes, champignons telluriques, adventices) a déjà reçu son homologation d'agent de fumigation des sols dans plusieurs pays sur les cultures spécialisées. Ses propriétés antibactériennes contre l'agent du flétrissement bactérien ont été explorées pour une utilisation en agriculture raisonnée.

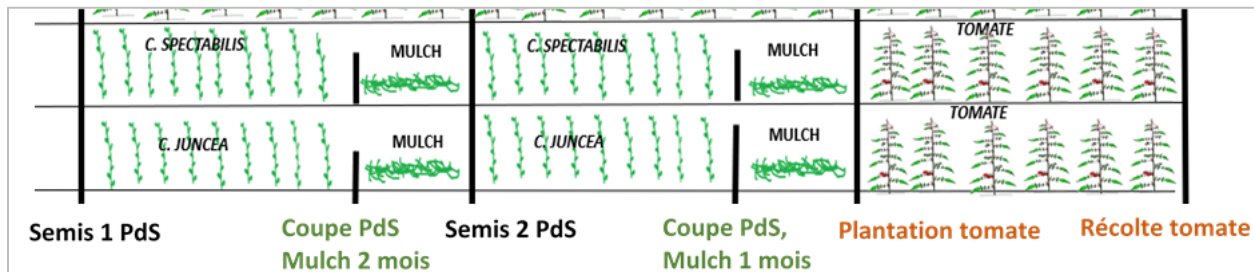


Figure 1 : mulch de *C. Spectabilis*.
Crédit photos : Ingrid ARNAULT, CETU Innophyt

Principaux résultats et intérêts en lien avec le plan Écophyto

Le projet a démontré un intérêt des plantes de service en désinfection de sol sur tomate sous trois angles différents de production et de problématiques.

- 1) Contre l'agent du flétrissement bactérien en culture tropicale, *C. juncea* positionnée en **précédent cultural de deux cycles suivi d'un mulch** (Figure ci-dessous) permet de diminuer la sévérité de la maladie.



Design de bio-désinfection en culture de tomate contre l'agent du flétrissement bactérien en Martinique.
Crédit image : Ingrid ARNAULT, CETU Innophyt

Néanmoins, cette utilisation présente des inconvénients pour les professionnels dans les itinéraires techniques. **Une utilisation de *C. juncea* en poudre ou broyat dans le sol constituerait la solution la plus réalisable.** Une filière de production de formes séchées de *C. juncea* devrait ainsi être mise en place pour une meilleure intégration dans les systèmes de culture.

Concernant la cive antillaise qui présente des effets antibactériens intéressants, son utilisation en mulch n'est pas envisageable du fait de sa haute valeur ajoutée en cuisine.

- 2) Contre les **nématodes à galles** du genre *Meloïdogyne* en métropole en **production maraîchère sous serre**, *C. spectabilis* en **précédent cultural/mulch suivi d'un enfouissement dans le sol** semble réduire les galles sur salade. L'incorporation de poudre de crotalaire au sol présente aussi des résultats intéressants de réduction de galles sur tomate.
- 3) Contre les **nématodes à galles** du genre *Meloïdogyne* en métropole **sous tunnel**, les essais dégagent timidement un intérêt de **la ciboulette et l'oignon en broyats dans le sol**. Il faut néanmoins poursuivre les recherches de design expérimental : dose optimale de broyat sec ou frais dans le sol couplée à un bâchage adéquat, utilisations en précédent cultural /mulch, association des crotalaires et *Allium* sp...

Lorsque les pressions parasitaires sont très élevées, comme cela a été le cas dans les essais nématodes et *R. solanacearum*, les PdS en précédent cultural/mulch ou en broyat dans le sol ne permettent pas toujours de sécuriser les productions. Il faudrait envisager une stratégie avec un pesticide pendant la phase culturale permettant de réduire définitivement les pathogènes.

Le projet a mis en évidence le caractère antibactérien du DMDS. Ce produit constitue une alternative prometteuse contre cette bactérie pathogène en région tropicale et potentiellement invasive pour les climats tempérés. L'avenir de l'usage avec le DMDS, actuellement orphelin, dépend de la demande d'homologation en Europe, actuellement en cours.

Concernant les effets non intentionnels, des constats plutôt positifs des PdS ont pu être établis. Ces PdS stimulent les populations microbiennes du sol et la croissance sur la tomate. Un seul effet toxique des extraits de *C. juncea* et du DMDS à des doses très fortes, qui ne sont pas celles pratiquées au champ, serait à considérer sur les cloportes.



Figure 2 : À gauche : coupe de *C. Spectabilis* ;
Crédit photos : Ingrid ARNAULT, CETU Innophyt

Perspectives futures en termes de transfert ou de recherche

Transfert :

La question du caractère générique de la méthode est importante pour le biocontrôle. Au regard des résultats du projet, une transposition à d'autres cultures maraichères est délicate mais possible, si et seulement si ce sont les mêmes conditions de production : tunnel, serre, plein champ. Par exemple, nous avons pu mettre en évidence sur salade un effet anti-nématode de *C. spectabilis* en précédent cultural, suivi d'un mulch.

Recherche :

Des stratégies alliant le préventif avec le PdS, en pré-culture, et le curatif avec le DMDS, au moment de la culture de tomate, permettrait de limiter définitivement les pathogènes.

Dans les perspectives et dans la mesure du possible, il conviendrait de tester cette stratégie à une rotation de culture afin de diminuer le potentiel infectieux des sols. En effet, les modes d'actions seraient différents et probablement complémentaires.

La bio stimulation par les PdS au niveau des racines de tomates et des populations microbiennes du sol suggère de renforcer des études sur la rhizosphère et les interactions symbiotiques : mycorhizes, bactéries antagonistes, bactéries ondulantes...

Publications et colloques scientifiques :

- ▶ Poster : Biocontrol and Natural Products, 25-28 septembre 2018, Perpignan. I. Arnault, P. Deberdt, G. Dubreuil, Y. Prin, P. Fernandes, H. Védie, P. Sunder, T. Fouillet, G. Dufretay, C. Souty-Grosset, N. Pourtau, M. Zimmermann, D. Giron. **Biodésinfection des sols en culture de tomate.**
- ▶ Poster : Future IPM 3.0: towards a sustainable agriculture. 16-20 Octobre 2017, Italy. **Allelopathic effects of *Crotalaria juncea* and dimethyldisulfide (DMDS) on tomato plants in the future development of a biocontrol method against root-knot nematodes.** G. Dubreuil, N. Pourtau, N. Moreau, C. Leboissetier, M. Piot, D. Giron, et I. Arnault.
- ▶ Poster : 13^e Rencontres Plantes-Bactéries. 29 janvier-2 février 2019, Aussois. **Beneficial effect of the use of the tropical legume *Crotalaria* spp for organic greenhouse vegetable production in nematodes-infested soil of South of France.** Y. Prin, F. Cussonneau, C. Le Roux, E. Tournier, B. Vincent, R. Duponnois, F. Deleuze, A. Galiana.
- ▶ Manuscrit soumis European Journal of Agronomy (depuis le 6 mars 2019). **Beneficial effect of the use of the tropical legume *Crotalaria* spp for organic greenhouse vegetable production in nematodes-infested soil of South of France.** Y. Prin, F. Cussonneau, C. Le Roux, E. Tournier, B. Vincent, R. Duponnois, F. Deleuze, A. Galiana.
- ▶ Proceedings of IX International Symposium on Soil and Substrate Disinfestation (SD 2018) 9-13 September 2018, Heraklion, Crète. **Soil disinfestation with dimethyl disulfide (DMDS) to manage the bacterial wilt of tomato in the tropics.** P. Deberdt, R. Coranson-Beaudu, C. Thibaut, N. Le Roch, T. Fouillet, P. Sunder and I. Arnault.



Crédit photos INRAE



Mise en page www.laboitea.verbe.fr

