

# COLLOQUE ÉCOPHYTO RECHERCHE & INNOVATION 2021



## Webinaire 1

À la recherche de molécules naturelles  
au service de la santé des plantes



Jeudi 07 octobre 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 successifs 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-fourniture, 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)

#### Membres issus du CSO R&I

Xavier Reboud (INRAE – UMR Agroécologie ; Camille Dumat (Toulouse INP-ENSAT) ; Marc Gallien (DREETS Normandie) ; Philippe Nicot (INRAE, unité Pathologie végétale) ; Michel Duru (INRAE, UMR AGIR) ; Antoine Messéan (INRAE, unité Eco-Innov) ; Caroline Gilbert (Solagro) ; Thibaut Malusa (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) ; Antoine Le Gal (MAA) ; Enrique Barriuso Benito (MESRI) ; Jordan Barlemont (MSS)



# À la recherche de molécules naturelles au service de la santé des plantes

Le développement et la mobilisation de solutions de biocontrôle (micro et macro-organismes vivants, médiateurs chimiques, substances naturelles) représentent un enjeu fondamental pour le plan Écophyto car elles constituent un levier clé pour réduire la dépendance des systèmes de cultures vis-à-vis des produits phytosanitaires chimiques.

Cette session aborde la place des substances naturelles utilisées comme produit de biocontrôle. Quelle soit d'origine végétale, microbienne, animale

ou minérale, leur activité biocide en fait des substituts aux produits de synthèse. Trouver de nouvelles pistes de solutions pour la gestion des adventices des Jardins, Espaces végétalisés et Infrastructures (JEVI) via l'utilisation de plantes allélopathiques, lutter contre les champignons pathogènes et les pucerons sur les cultures via des lipopeptides d'origine bactérienne ou des molécules phénoliques végétales, sont autant d'exemples de recherche qui seront présentés dans cette session.

## Ordre du jour de la session

- ▶ **Introduction par Xavier Reboud, président du CSO RI**
- ▶ **Présentations des résultats des projets**

[DICABIO](#)

[LIPOCONTROLE](#)

[DESHERAL](#)

- ▶ **Intervention de notre invité témoin Cédric Bertrand**

*Cédric Bertrand*

*Université de Perpignan Via Domitia  
CRIODE USR 3278 CNRS-EPHE-UPVD*

*Directeur du Département de Chimie  
Président du Groupe PO<sup>2</sup>N  
Président de l'Académie du Biocontrôle et de la Protection Biologique Intégrée  
Porteur Académique de la Chaire « Sharka » de la Fondation de l'UPVD  
Responsable Scientifique AkiNaO*

- ▶ **Échanges / questions – réponses**



## Valorisation des acides dicaféoylquiniques et dicaféoyltartriques comme substances naturelles de biocontrôle

**Année de démarrage :** 2016

**Année de fin :** 2020

**Responsable scientifique**

Jean-Luc Poëssel, INRAE  
jean-luc.poessel@inrae.fr

**Partenaires**

INRAE PACA Avignon ; SBM Développement

**Financement**

Coût total du projet : 431 035 €

Subvention Écophyto : 110 658 €

### Mots clés :

Méthode de lutte naturelle ; Extraits de plantes ; Gestion des résistances des bioagresseurs ; Pucerons ; Maladies fongiques ; Biopesticides ; Substances naturelles ; Pratique élémentaire alternative ; Grandes cultures ; Horticulture

### Contexte et principaux objectifs

DicaBio a pour objectif de développer des substances naturelles comme biopesticides. Bien que de multiples publications montrent l'effet pesticide de nombreuses substances botaniques, leurs propriétés n'ont que très rarement débouché sur une utilisation comme outils de biocontrôle en raison de nombreux obstacles à leur développement.

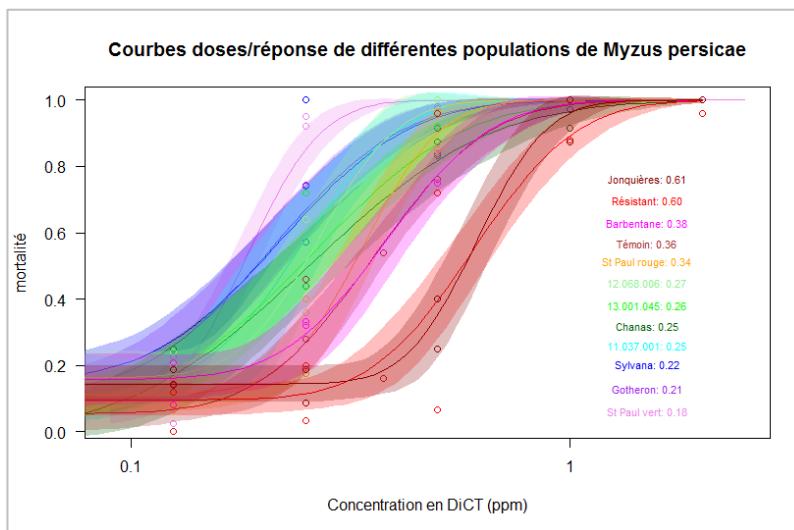
DicaBio vise à développer des molécules phénoliques végétales, les acides dicaféoylquiniques (diCQ) et dicaféoyltartrique (diCT) comme aphicides et fongicides biologiques utilisables sur de nombreuses cultures. Le manque de diversité des méthodes de lutte actuellement disponibles contre les pucerons conduit à l'apparition de résistances elles-mêmes responsables d'épidémies dans les cultures. En 2020, par exemple, les viroses de la betterave, transmises par des pucerons, ont entraîné des pertes de rendements très importantes conduisant à la remise sur le marché d'insecticides néonicotinoïdes. L'alternative aux produits de synthèse que nous proposons ici a pour objectif d'apporter une solution de contrôle très spécifique aux insectes ciblés et respectueuse de l'environnement et de la santé humaine.

### Principaux résultats et intérêts en lien avec le plan Écophyto

Les résultats obtenus par DicaBio concernent tous les niveaux de la chaîne de développement d'un produit biopesticide.

- ▶ Nous avons caractérisé de nouvelles sources végétales de production du diCT qui pourraient permettre un approvisionnement à partir de pissenlit ou d'arachide notamment.
- ▶ Nous avons étudié les propriétés chimiques des diCT et diCQ. Ces deux molécules sont très antioxydantes. Elles se dégradent rapidement par oxydation à pH neutre, le diCT moins vite que le diCQ, mais elles restent cependant stables à pH acide. Ces résultats ont permis d'orienter la fabrication des formulations réalisées par la société partenaire SBM.
- ▶ Parmi les 5 générations de formulation créées, la dernière développée offre un environnement permettant la stabilité de la molécule. Après mise au point d'un protocole de test de l'effet aphicide en laboratoire, les différents types de formulations (liquides, poudres mouillables, suspensions, liquide concentré) ont été étudiées pour leur activité aphicide sur différentes espèces de pucerons, avec addition ou non de coformulants devant faciliter la pénétration de l'actif. Malgré l'adaptation progressive des formulations pour résoudre les difficultés rencontrées, les tests de laboratoire n'ont pas permis de mettre en évidence d'effet aphicide net. Nos travaux sur le mode d'action de la formulation démontrent que le verrou réside dans l'absence de pénétration de la préparation dans les tissus foliaires malgré l'addition des adjuvants. En effet, lorsque ces formulations sont infiltrées dans les feuilles, elles montrent une très bonne efficacité. Nos résultats pointent également une faible rémanence de la substance sur la feuille et dans les tissus foliaires où elle est vraisemblablement métabolisée rapidement. Cette propriété est un gage de faible impact sur l'environnement.

- ▶ Nous avons mis en évidence que le diCT, a un potentiel fongicide *in vitro* comme le diCQ, notamment contre les pathogènes des semences de céréales et contre la septoriose foliaire du blé.
- ▶ Les travaux engagés sur le risque d'adaptation des pucerons aux traitements avec les diCT ou diCQ montrent qu'en l'état de nos connaissances les deux substances actives présentent une bonne durabilité d'action aphicide sur *Myzus persicae*, espèce qui pourtant a développé des résistances à de nombreux insecticides de synthèse. Il n'y a *a priori* pas de risque de résistances croisées aux produits insecticides de synthèse et à ces deux substances actives. Cependant, pour la première fois nous avons découvert un clone d'*Aphis craccivora* insensible aux deux composés. Mieux connaître l'origine de ce phénomène d'insensibilité pourrait nous aider d'une part à comprendre le mode d'action de ces substances et d'autre part à gérer le risque d'adaptation des pucerons.
- ▶ Les risques d'effets non intentionnels ont été évalués sur l'abeille domestique. L'exposition aigüe au diCQ et au diCT ne provoque pas de mortalité par contact ni par ingestion pendant plusieurs jours. Cependant, des effets de diminution de la prise alimentaire face à une exposition chronique ont été mis en évidence avec le diCT mais pas avec le diCQ. Ces résultats mettent en lumière d'éventuels effets non intentionnels dont pourraient pâtir les insectes utiles en cas d'une utilisation non adaptée de ces substances. Cependant, l'impact pour les abeilles de ces substances naturelles apparaît bien plus léger que celui des insecticides de synthèse utilisés couramment en agriculture.



Courbes de doses/réponse de différentes populations de *Myzus persicae* au diCT.  
Crédit image : Myriam Siegwart, INRAE

## Perspectives futures en termes de transfert ou de recherche

### Transfert :

Nous avons clairement identifié que l'absence de pénétration des produits constituait le verrou principal pour que ces substances puissent exprimer leur potentiel aphicide. Une fois ce problème résolu, de nouveaux produits de biocontrôle respectueux de l'environnement et de la santé humaine pourront être utilisés dans de nombreuses filières agricoles comme les grandes cultures, la betterave, le colza ou l'arboriculture fruitière en proie à des impasses techniques. Les résultats obtenus constituent un nouveau pas dans la valorisation des diCT et diCQ comme biopesticides et de façon générique contribuent significativement au développement novateur d'autres substances botaniques de biocontrôle.

### Recherche :

Il nous paraît nécessaire de développer maintenant des approches innovantes de formulation des produits biopesticides comme par exemple les nanoformulations, objets de nombreux travaux actuellement dans le monde, qui peuvent apporter de nouvelles solutions pour améliorer la très faible pénétration des produits actifs dans les tissus foliaires, principal verrou identifié au cours de DicaBio qui entrave leur efficacité. Des études supplémentaires sur les bases de ces formulations innovantes seraient également nécessaires pour évaluer la possibilité de développer un biofungicide à base de diCT pour contrôler la septoriose du blé ou d'autres maladies fongiques.

### Publications et colloques scientifiques :

#### COLLOQUES SCIENTIFIQUES :

- ▶ Séminaire de restitution intermédiaire des appels à projets « PSPE 2 » et « Pesticides 2014 »  
(14-15/12/2017), Paris, France
- ▶ Natural Products and Biocontrol Conference (25-28/09/2018), Perpignan, France
- ▶ Resistance'19. (16-19/09/2019), Rothamsted, UK

#### JOURNÉE TECHNIQUE :

- ▶ Journée Métabolites Secondaires (16/09/2018), Avignon, France

#### PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES :

- ▶ *Mode of action and sustainability of the use of caffeic acid derivatives in the control of aphids in agriculture* (en préparation). Siegwart M., Sauge MH., Lecerf E., Mascle O., and Poëssel JL.

# LIPOCONTROLE

## Recherche de nouveaux lipopeptides utilisables comme biopesticides, par criblage d'une collection de *Pseudomonas*

Année de démarrage : 2015

Année de fin : 2020

### Responsable scientifique

Alice Rochex, Université de Lille

alice.rochex@univ-lille.fr

### Partenaires

Université de Lille ; INRAE ; JUNIA ; ULCO ; Lipofabrik

### Financement

Coût total du projet : 254 261 €

Subvention Écophyto : 100 000 €

### Mots clés :

Produit de biocontrôle ; Grandes cultures ; Substances naturelles ; Lipopeptides ; *Pseudomonas syringae* ; Criblage haut débit, Maladies cryptogamiques

### Contexte et principaux objectifs

Les champignons phytopathogènes font partie des principaux bioagresseurs des grandes cultures. Actuellement, la protection des plantes repose essentiellement sur l'utilisation des variétés résistantes et sur l'usage des pesticides chimiques. Le développement des produits de biocontrôle pour la protection des plantes est souhaité pour une agriculture plus durable et plus respectueuse de l'environnement et de la santé humaine. Parmi ces produits, les substances naturelles, essentiellement représentées par les produits soufrés ou d'origine végétale, occupent 63 % du marché (en chiffre d'affaires, IBMA France 2019). Bien que peu représentées, les substances naturelles d'origine microbienne, telles que les lipopeptides produits par les bactéries des genres *Bacillus* et *Pseudomonas*, ont démontré un potentiel de biocontrôle des maladies fongiques. L'objectif du projet LIPOCONTROLE est de rechercher de nouveaux lipopeptides utilisables comme agents de biocontrôle, en complément ou en substitution des pesticides chimiques, contre divers champignons responsables de maladies cryptogamiques d'intérêt économique majeur.

### Principaux résultats et intérêts en lien avec le plan Écophyto

Le projet LIPOCONTROLE a permis d'identifier plusieurs nouveaux lipopeptides extraits de culture de bactéries *Pseudomonas*, efficaces contre une large gamme d'agents pathogènes fongiques :

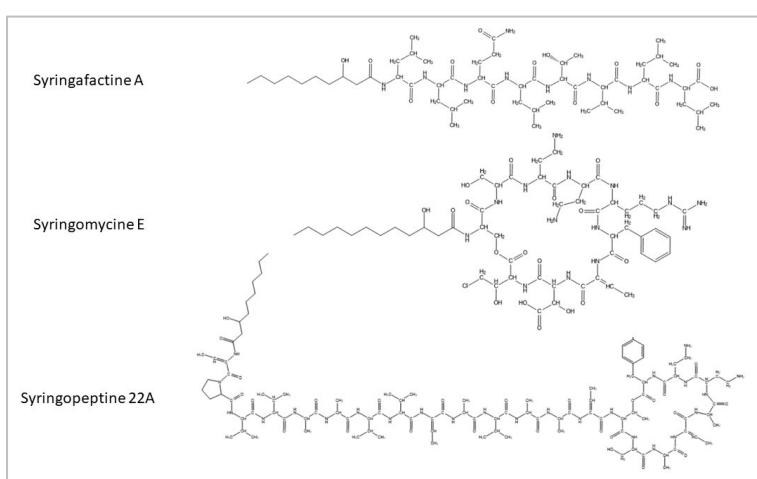


Figure 1 : Structures de lipopeptides produits par des souches du complexe *P. syringae*. Les lipopeptides, linéaires ou cycliques, ont tous un acide gras hydrophobe et une chaîne peptidique hydrophile.

Crédit image : Alice Rochex, Université de Lille

- ▶ *Botrytis cinerea* (responsable de la pourriture grise sur de nombreuses espèces végétales dont la vigne et la tomate)
- ▶ *Sclerotinia sclerotiorum* (responsable de la pourriture blanche ou sclérotiniose sur de nombreuses espèces végétales dont le colza et le tournesol)
- ▶ *Zymoseptoria tritici* (responsable de la septoriose du blé)
- ▶ *Phytophthora infestans* (responsable du mildiou de la pomme de terre et de la tomate)
- ▶ *Blumeria graminis f.sp. tritici* (responsable de l'oïdium du blé)
- ▶ *Oidium neolyccopersici* (responsable de l'oïdium de la tomate)

Ces nouveaux lipopeptides pourront devenir des matières actives de futurs produits de biocontrôle efficaces pour protéger les grandes cultures telles que les céréales, les oléagineux et la vigne vis-à-vis des principales maladies fongiques. Ces produits à activité biofungicide, entrant dans la catégorie des substances naturelles du biocontrôle, pourraient être utilisés en complément ou en substitution des fongicides de synthèse chimique. Les résultats du projet LIPOCONTROL, en apportant de nouvelles substances naturelles biofungicides, contribuent à l'essor du biocontrôle et à la diminution des produits phytosanitaires conventionnels.

L'utilisation d'une molécule offre plusieurs avantages par rapport à l'utilisation d'une bactérie vivante. Elle permet, d'une part, d'éviter les contraintes liées à la conservation de la viabilité lors du conditionnement, de la formulation et de l'application au champ et, d'autre part, d'assurer une efficacité de traitement constante. Ces molécules formulées sous forme liquide peuvent donc être utilisées et stockées comme un produit phytosanitaire classique sans contraintes supplémentaires par rapport aux pratiques actuelles.

La première limite de ces résultats est que l'efficacité des biomolécules a été prouvée seulement *in vitro* pour *B. cinerea* et *S. sclerotiorum*, et *in vitro* et sous serre pour *Z. tritici*, *P. infestans*, *B. graminis f. sp. tritici* et *O. neolyopersici*. Pour *B. cinerea* et *S. sclerotiorum*, il sera nécessaire de développer un protocole adapté à la réalisation de tests *in planta*. Pour tous les pathosystèmes étudiés, l'efficacité des lipopeptides identifiés devra être validée au champ.

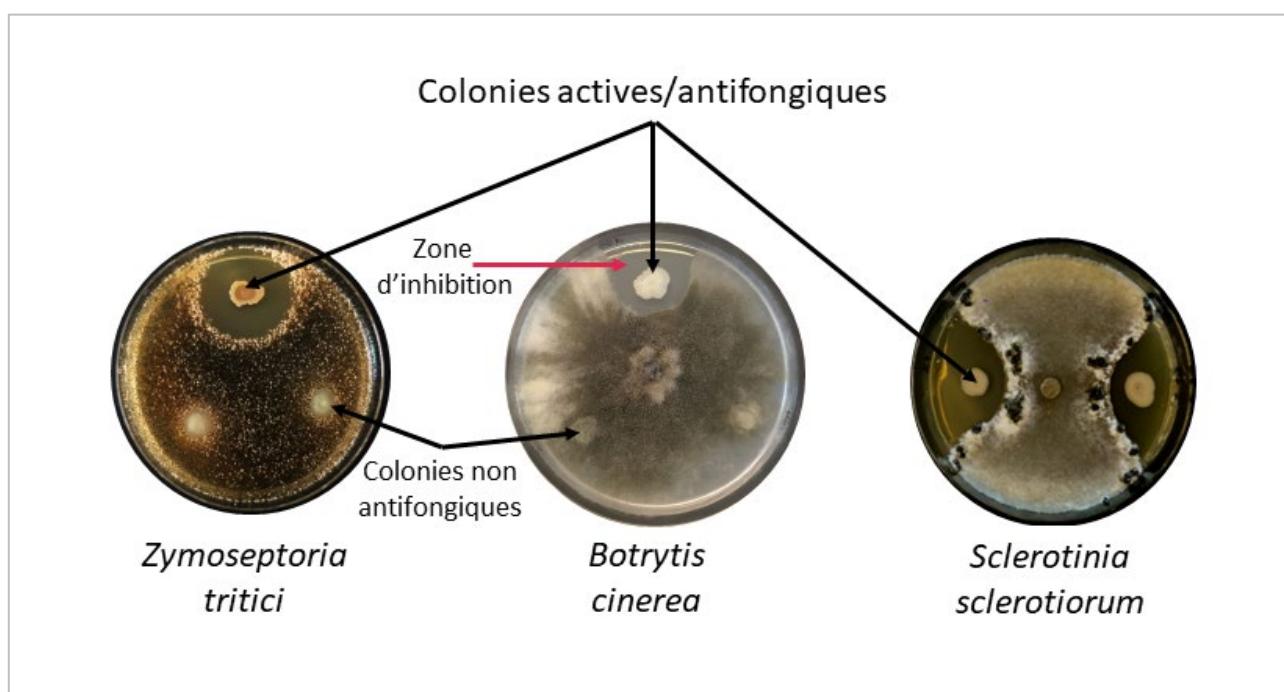


Figure 2 : Tests d'évaluation de l'activité antifongique de bactéries *P. syringae* en laboratoire. Les bactéries antifongiques inhibent la croissance des champignons (zone d'inhibition). Crédit photo : Alexandre Bricout, Université de Lille

La deuxième limite de ces résultats est que les lipopeptides ont été produits uniquement à l'échelle du laboratoire (100 mL à 2 L). Il sera nécessaire pour la suite de concevoir et développer un procédé de production et d'extraction à plus grande échelle de ces biomolécules pour, d'une part, être capable de produire suffisamment de molécules pour évaluer leur efficacité au champ et, d'autre part, démontrer la faisabilité de leur production à l'échelle industrielle.

Enfin, le développement d'un nouveau produit de biocontrôle à base de lipopeptides nécessitera d'évaluer leur niveau de toxicité, d'écotoxicité et de durabilité et de mettre au point une formulation assurant leur bonne conservation et efficacité de protection sur plante.

## Perspectives futures en termes de transfert ou de recherche

### Transfert :

Les lipopeptides de *Pseudomonas* sont des produits de biocontrôle très prometteurs mais un important verrou technologique limite actuellement la possibilité de leur production à l'échelle industrielle : ils sont produits en faible quantité par les bactéries. Lorsque le procédé de production et de purification sera mis au point, les résultats du projet pourront être transférés à l'entreprise Lipofabrik, spécialisée dans la production de lipopeptides.

### Recherche :

Les travaux de LIPOCONTROLE se prolongent dans le projet ANR-19-ECOM-0007 CERES (27 avril 2020 - 27 octobre 2023), projet porté par ULille et financé par l'APR ANR Écophyto Maturation 2019. Le projet CERES a pour objectif de démontrer à un niveau terrain que des produits à base d'extraits de culture de bactéries *Pseudomonas* contenant des lipopeptides constituent une solution fonctionnelle de biocontrôle contre la septoriose du blé.

### Publications et colloques scientifiques :

#### PUBLICATION SCIENTIFIQUE :

- ***The diversity of lipopeptides in the P. syringae complex parallels phylogeny and sheds light on structural diversification during evolutionary history.*** Bricout A., Morris C.E., Chandeysson C., Boistel C., Chataigné G., Lecouturier D., Jacques P., Leclère V., Rochex A. Publication soumise.

#### THÈSE DE DOCTORAT :

- ***Mise en évidence d'une forte diversité structurale de lipopeptides chez P. syringae, un complexe bactérien aux activités antifongiques prometteuses.*** Bricout A. (2020). Ademe - Université de Lille

#### COLLOQUES SCIENTIFIQUES (COMMUNICATIONS ORALES) :

- **Online conference, 16/06/2020, Akureyri, Islande.** Deciphering the structural diversity of lipopeptides produced by strains of the *P. syringae* complex. *P. syringae*. Bricout A., Morris C.E., Bardin M., Nicot P., Chataigné G., Lecouturier D., Jacques P., Leclère V., Rochex A.
- **14<sup>th</sup> IUPAC International Congress of Crop Protection Chemistry. 19-24/05/2019, Gand, Belgique :** Screening of *Pseudomonas* sp. strains for the biocontrol of septoria tritici blotch of wheat. Bricout A., Morris C.E., Bardin M., Nicot P., Chataigné G., Siah A., Lecouturier D., Jacques P., Leclère V., Rochex A.
- **Conférences autour du Biocontrôle. 04/04/2019, Reims, France :** Stratégies de criblage pour la découverte et la caractérisation de lipopeptides antifongiques utilisables comme agents de biocontrôle. Bricout A., Morris C.E., Bardin M., Nicot P., Chataigné G., Siah A., Lecouturier D., Jacques P., Leclère V., Rochex A.
- **Journées Jeunes Chercheurs Condorcet. 18-19/01/2018, Amiens, France :** Développement de stratégies de criblage pour la recherche de lipopeptides antifongiques utilisables comme biopesticides. Bricout A., Morris C.E., Bardin M., Nicot P., Chataigné G., Jacques P., Leclère V., Rochex A.

# DÉSHERBAL

## Développement et étude de l'efficacité de substances allélopathiques pour améliorer le désherbage des espèces récalcitrantes

Année de démarrage : 2017

Année de fin : 2020

### Responsable scientifique

Claire Richard, Institut de Chimie de Clermont-Ferrand/ CNRS

claire.richard@uca.fr

### Partenaires

ICCF ; Laboratoire de Physique et Physiologie Intégratives de l'Arbre en environnement Fluctuant (PIAF) ; INRAE ; Mairie d'Aubière

### Financement

Coût total du projet : 287 550 €

Subvention Écophyto : 87 346 €

### Mots clés :

JEVI ; Gestion des adventices ; Allélopathie ; Phytotoxicité des métabolites secondaires ; Ciste ; Hysope ; Mulch ; Macérat ; Cyprès Leyland

### Contexte et principaux objectifs

L'interdiction du désherbage chimique pose des difficultés pratiques aux gestionnaires responsables de l'entretien des JEVIs. Le désherbage manuel est long et coûteux en main d'œuvre et le désherbage thermique est peu efficace du fait de la repousse rapide des adventices. Utiliser des plantes pour combattre les adventices est une alternative attractive. Cela consiste à mettre à profit la capacité des plantes à produire et libérer des composés phytotoxiques.

Sur la base des données de la littérature, nous avons donc sélectionné des plantes riches en terpènes et mis en place des expériences pour évaluer leur capacité à combattre les adventices lorsque les terpènes sont :

- (i) Émis par les plantes ;
- (ii) Libérés par des mulches ou
- (iii) Appliqués sous forme de macérats.

Ces expériences devaient permettre de révéler les propriétés allélopathiques de plantes riches en terpènes et d'optimiser leur utilisation. Ce projet a eu un double objectif : avancer vers de nouvelles pistes de solutions de gestion des adventices et faire progresser les connaissances dans ce domaine à travers des études fondamentales.

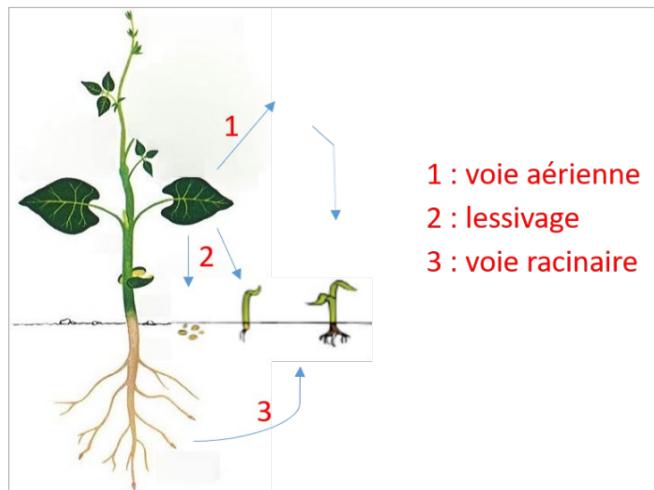


Figure 1 : Voies d'émission des composés phytotoxiques par les plantes allélopathiques. Crédit image : Claire Richard, ICCF/CNRS

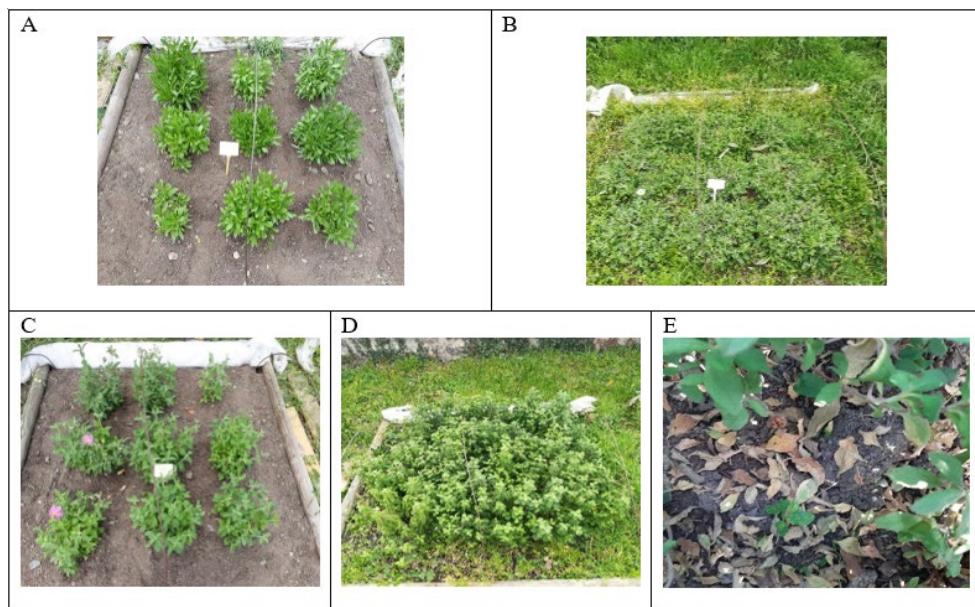
### Principaux résultats et intérêts en lien avec le plan Écophyto

#### Expérimentations sur plantes entières :

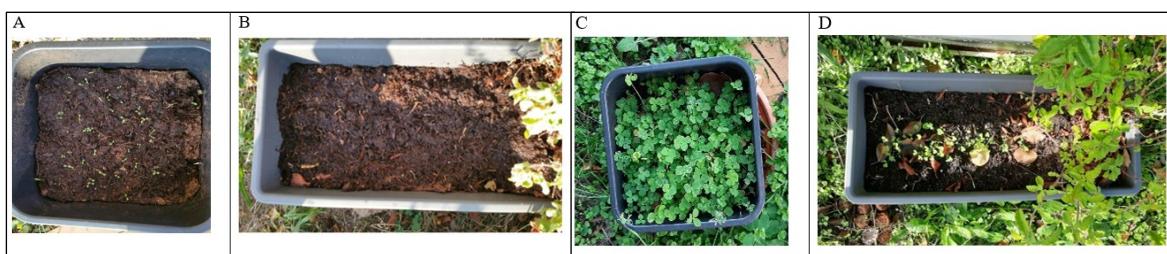
Le choix initial des plantes s'est porté sur *Lomelosia cretica*; *Centaurea bella*; *Hyssopus officinalis*; *Cistus creticus*; *Veronica polifolia* car ces plantes sont odorantes, rustiques (- 15°C), esthétiques, non envahissantes, de taille modérée < 60 cm, à feuillage persistant et suggérées allélopathiques par certains pépiniéristes. Des analyses chimiques ont révélé que toutes, à l'exception de *Veronica polifolia*, émettent des terpènes.

Une première série de tests dans le jardin conservatoire de la mairie d'Aubière nous a permis de montrer que le ciste et l'hysope sont les plantes les plus prometteuses (Figure 2 page suivante) et de les retenir pour une deuxième série d'expérimentations en conditions réelles, en pieds d'arbre dans une cours d'école. Cette deuxième expérimentation n'a duré qu'à peine plus d'un an, ce qui n'a pas permis aux plantes de suffisamment grandir et d'exercer pleinement l'effet escompté. On peut quand même conclure que les résultats confirment ceux obtenus

dans le jardin conservatoire, à savoir que le ciste présente donc des propriétés intéressantes, seul ou en mélange avec l'hysope. Par ailleurs, des tests en pots ont montré que le ciste réduit nettement la vitesse de croissance du trèfle en le privant d'eau (Figure 3). Cette propriété pourrait contribuer à l'effet observé sur les adventices.



**Figure 2 :** Tests sur les plantes installées en carré (x9) dans le jardin conservatoire de la mairie d'Aubière. A : *Lomelosia* mai 2019 ; B : *Lomelosia* mars 2020 ; C : Cyste mai 2019 ; D : Cyste mars 2020 ; E : Cyste mars 2020, vue sous les cystes. Crédit photo : Claire Richard, ICCF/CNRS



**Figure 3 :** Effet du cyste sur la germination et la pousse du trèfle. A : Témoin 9 jours après semis ; B : Pot avec le cyste planté à droite 9 jours après semis ; C : Témoin 5 mois après semis ; D : Pot avec le cyste planté à droite 5 mois après semis. Crédit photo : Claire Richard, ICF/CNRS

### Expérimentations sur des extraits de cyprès Leyland :

Le cyprès Leyland a été choisi pour être utilisé en tant que mulch et macérat car il est lui aussi riche en terpènes. Ce choix a été motivé par les données de la littérature qui relataient des résultats encourageants.

Des tests de germination en conditions contrôlées de laboratoire ont démontré que les feuilles de cyprès appliquées sous forme de macérat ou sous forme de mulch réduisent très significativement la vitesse de germination ou de croissance du trèfle et du cresson. Le taux d'inhibition était  $> 90\%$  avec un macérat à de 8 jours. Appliquées en mulch sur une épaisseur de 5 cm, les feuilles de cyprès ont réduit de près de 50 % la vitesse de croissance des plantules dans le sol. Des expérimentations ont également été conduites dans le cas du mulch en conditions réelles, en pieds d'arbre dans une cours d'école. Après plusieurs mois, le mulch s'est avéré bien plus efficace dans le contrôle des adventices qu'un broyat de végétaux à même épaisseur (Figure 4 page suivante).

Des analyses chimiques ont été réalisées sur le macérat et sur des extraits à l'éthanol des feuilles de cyprès. Dans les deux cas, la présence de nombreux composés a été détectée dont des terpènes plus ou moins oxydés. Cependant, aucune relation claire entre la présence d'un composé en particulier et la propriété observée n'a pu être établie. Le sol sur lequel avait été appliqué le mulch a aussi été analysé au bout d'un an. Il ne présentait aucune acidification particulière.

À travers ces résultats, le projet Desherbal ouvre des perspectives sur des recherches à mener pour explorer et comprendre le rôle des terpènes dans les phénomènes alléopathiques. Il aide aussi à la mise en place de solutions opérationnelles. Ainsi, le ciste, seul ou en association avec l'hysope, de même que le mulch de feuilles de cyprès Leyland peuvent aider à maîtriser les adventices.

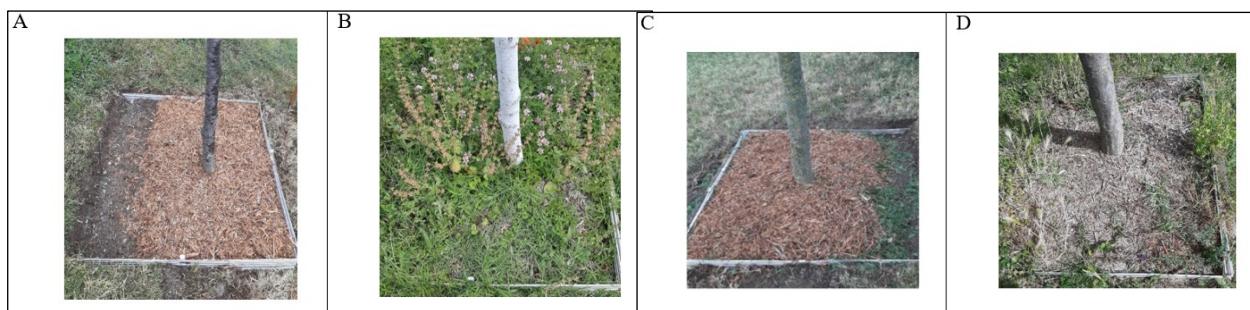


Figure 4 : Test du mulch de cyprès Leyland en pied d'arbre. A : Broyat de végétaux, septembre 2019 ; B : Broyat de végétaux, juin 2020 ; C : Mulch de cyprès, septembre 2019 ; D : Mulch de cyprès, juin 2020. Crédit photo : Claire Richard, ICCF/CNRS

## Perspectives en termes de transfert ou de recherche

### Transfert :

Ce projet montre que le ciste seul ou en association avec l'hysope peut être utilisé pour la maîtrise des adventices dans des massifs ou en pieds d'arbres. Une fois bien en place, ils nécessitent peu d'eau et peu d'entretien. *Cistus creticus* a donné de meilleurs résultats que *ciste purpurus* mais c'est peut-être uniquement un problème de vitesse de développement des plantes car le premier a été testé sur deux ans alors que le second sur une seule année.

Par ailleurs, les tontes de cyprès Leyland peuvent être valorisées en tant que mulch au pied des arbres ou dans des massifs. L'acidification du sol est très minime.

### Recherche :

Concernant le volet sur les plantes allélopathiques, le projet a permis de mettre en évidence les propriétés intéressantes des plantes riches en terpènes, mais il reste à l'expliquer de façon précise. D'autres plantes riches en terpènes pourraient aussi être testées.

Concernant le volet sur le mulch de cyprès Leyland, il serait nécessaire de faire des analyses du sol afin de déterminer si des composés issus du cyprès y sont détectés et de s'assurer de leur innocuité.

## Perspectives futures en termes de transfert ou de recherche (suite)

### Publications et colloques scientifiques :

#### Journées techniques et colloques scientifiques

- IUPAC on Crop plant protection. 19-24/05/2019. Gand, Belgique: Characterization of myrigalone photoproducts and evaluation of their anti-germinative properties. Poster. A. Khaled, M. Sleiman, Y. Arbid, C. Sac, A. Corson, C. Bertrand, P. Goupil, C. Richard
- European meeting on Environmental Chemistry (EMEC19). 03-07/12/2018. Clermont-Ferrand, France : Photodegradation of myrigalone, a natural herbicide, in water and on leaves. Poster (Prix du meilleur poster). A. Khaled, M. Sleiman, C. Bertrand, C. Richard

#### Présentations des congrès à venir

- Congrès Biocontrôle Perpignan (prévu en septembre 2020 mais reporté pour cause de Covid) : Can cypress leaves be used as mulch to control weeds ? Amina Khaled, Etienne Darras, Guillaume Barrès, Mohamad Sleiman, Claire Richard
- Congrès Biocontrôle Perpignan (prévu en septembre 2020 mais reporté pour cause de Covid) : Potential use of *Cistus* to control weeds growth. Amina Khaled, Etienne Darras, Guillaume Barrès, Mohamad Sleiman, Claire Richard

### Publications scientifiques

- Journal of Agricultural and Food Chemistry (n° 67, pp 7258-7265) : Photodegradation of myrigalone A, an allelochemical from *Myrica gale*: photoproducts and effect of terpenes. Amina Khaled, Mohamad Sleiman, Etienne Darras, Aurélien Trivella, Cédric Bertrand, Nicolas Inguimbert, Pascale Goupil, Claire Richard\*. 2019. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jafc.9b01722>
- Forests (n°11-11, 1177, pp 1-12) : Phytotoxic Effect of Macerates and Mulches from *Cupressus leylandii* Leaves on Clover and Cress: Role of Chemical Composition. Amina Khaled, Mohamad Sleiman, Pascale Goupil and Claire Richard\*. 2020. Open access <https://link.springer.com/article/10.1007/s10311-020-01137-z>; <https://www.mdpi.com/1999-4907/11/11/1177>

### Autres valorisations :

Article paru dans le journal La Montagne <http://ville-aubiere.fr/2018/07/26/espaces-verts-plantes-allelopathiques/>- article paru dans le journal Métropole, décembre 2019 - janvier 2020

Crédit photos INRAE



Mise en page [www.laboiteaverbe.fr](http://www.laboiteaverbe.fr)

**INRAe**