

COLLOQUE ÉCOPHYTO RECHERCHE & INNOVATION 2021

ÉCOPHYTO
RÉDUIRE ET AMÉLIORER
L'UTILISATION DES PHYTOS

Webinaire 3

Intégration et optimisation du biocontrôle



Jeudi 21 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 réussissent à matérialiser 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 Gilbert (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) ; Antoine Le Gal (MAA) ; Enrique Barriuso Benito (MESRI) ; Jordan Barlemont (MSS)



Intégration et optimisation du biocontrôle

Actuellement, le marché du biocontrôle représente 12% du marché de la protection des plantes (selon IBMA France). Or, le développement et la mobilisation de solutions de biocontrôle, qui rassemblent des approches basées sur l'usage d'organismes vivants (micro et macro-organismes), des substances naturelles (d'origine végétale, animale ou minérale) et des médiateurs chimiques représentent un enjeu fondamental pour le plan Ecophyto car elles constituent un levier clé pour réduire la dépendance des systèmes de cultures vis-à-vis des produits phytosanitaires chimiques.

Au cours de cette session, des solutions de biocontrôle seront présentées. Celles-ci sont proposées afin de réduire la population ou l'impact de certains bio-agresseurs des cultures (mildiou de la pomme de terre, mollusques, taupins, pourriture grise de la vigne) dont le contrôle se fait classiquement par l'utilisation de produits phyto-

sanitaires chimiques de synthèse. Dans les projets présentés, des agents de biocontrôle de différents groupes (substances naturelles, micro-organismes, macro-organismes) et leurs interactions avec les bio-agresseurs et les cultures concernés sont étudiés afin de mieux comprendre leur fonctionnement. Leur efficacité de protection des cultures est évaluée. Les projets cherchent à optimiser leur utilisation, en les intégrant dans les itinéraires techniques, soit en substitution des solutions chimiques, soit en les associant à ces dernières (à doses réduites) et à d'autres stratégies de protection intégrée (variétés résistantes, usage de plantes de service) dans une logique de combinaison de leviers. Ces projets ouvrent des perspectives de recherche sur le développement d'outils d'aide à la décision pour optimiser l'efficacité des agents de biocontrôle, notamment en ciblant les conditions d'application des produits par rapport aux périodes de risque pré-identifiées.

Ordre du jour de la session

- ▶ **Introduction par Philippe Nicot**, chargé de recherche à l'INRAE, Centre PACA, unité Pathologie végétale, président de l'IOBC (Organisation internationale de lutte biologique), membre du CSO R&I
- ▶ **Présentations des résultats des projets**
 - [MilPomBio](#)
 - [BIOLIM](#)
 - [PRO-BIO-TAUPIN](#)
 - [BIOBOT](#)
- ▶ **Intervention de nos invités témoins Anthony Ginez et Thomas Pressecq**
 - Anthony Ginez**
Chargé d'expérimentation à l'APREL
 - Thomas Pressecq**
Doctorant chercheur à l'INRAE porteur de la thèse
« Développer des outils d'aide à la décision pour optimiser l'usage du biocontrôle »
- ▶ **Échanges / questions – réponses**



Mildiou de la pomme de terre : recherche et maîtrise des produits de biocontrôle dans un schéma de protection intégrée des cultures

Année de démarrage : 2015

Année de fin : 2018

Responsable scientifique

Marie Turner, **VEGENOV**

turner@vegenov.com

Partenaires

VEGENOV ; INRAE UMR IGEPP ; ARVALIS Institut du végétal ; Bretagne Plants Innovation

Financement

Coût total du projet : 235 561 €

Subvention Écophyto : 104 950 €

Mots clés :

Biocontrôle ; Mildiou ; Pomme de terre ; Combinaison de leviers ; Protection intégrée ; Résistance variétale

Contexte et principaux objectifs

Le mildiou (causé par *Phytophthora infestans*) est le principal bio-agresseur des cultures de pommes de terre en France. Face à ce pathogène, la lutte chimique conventionnelle reste largement employée conduisant à un IFT important sur cette culture (IFT fongicide > 10). Au démarrage du projet, aucune solution de biocontrôle n'était disponible.

Le projet MilPomBio a eu pour objectif d'identifier des produits de biocontrôle efficaces contre le mildiou, pour les proposer aux producteurs. Ces produits ont été intégrés dans des itinéraires techniques, en association avec d'autres produits phytosanitaires à dose réduite, avec l'usage de variétés plus résistantes et de l'OAD Mileos pour positionner au mieux les traitements. En conditions de production en plein champ, cela a permis d'atteindre des niveaux de symptômes compatibles avec des rendements satisfaisants et de réduire les IFT.

Une des difficultés rencontrées est le transfert des résultats entre les conditions contrôlées et le plein champ, avec une baisse très importante des efficacités de protection notée en passant de l'une à l'autre.



Essais en conditions contrôlées.
Crédit image : MMedia

Principaux résultats et intérêts en lien avec le plan Écophyto

La première phase du projet MilPomBio a consisté à évaluer l'efficacité de protection de la pomme de terre vis-à-vis du mildiou pour une quarantaine de produits de biocontrôle (extraits d'algues, extraits de plantes, microorganismes, éléments minéraux, composés organiques, phosphites) en conditions contrôlées et inoculation artificielle. Dans ces conditions, une quinzaine de produits se sont montrés efficaces pour faire diminuer les symptômes.

Les produits les plus intéressants ont été sélectionnés pour :

- 1) Mieux comprendre leur mode d'action (stimulation des défenses des plantes et/ou effets directs sur le pathogène)
- 2) Étudier l'efficacité de ces produits au champ en interaction avec le niveau de résistance génétique et l'architecture de la plante
- 3) Évaluer l'efficacité de protection aux champs en association avec une dose réduite de fongicide sur une variété.

Un criblage en plein champ a donc été réalisé avec les produits dont l'efficacité a été démontrée en chambres de culture. Un produit à base d'extrait de plantes mais contenant aussi du cuivre a permis d'induire une protection efficace. Ne pouvant intégrer la liste des produits de biocontrôle, il a été écarté de notre étude. Plusieurs produits contenant des phosphites ont également montré une efficacité de protection intéressante en plein champ.

Un travail a été réalisé sur l'importance de l'architecture foliaire dans le développement de la maladie et l'efficacité des produits de biocontrôle. En conclusion, une architecture plus aérée défavorise la maladie. Sur les 4 génotypes étudiés, le même produit à base de phosphite induit les meilleurs résultats. L'effet de l'architecture est visible mais limité, aucune interaction entre efficacité des produits de biocontrôle et architecture foliaire a été mise en évidence.

La dernière étape du projet a consisté à évaluer, en conditions de production, plusieurs stratégies de protection intégrée, associant variétés présentant des niveaux de résistance variables, OAD Miléos, produit de biocontrôle et fongicides susceptibles d'apporter un niveau de maladie acceptable. Ce travail a été réalisé sur deux sites différents en termes de conditions pédoclimatiques. Un produit a également été évalué sur une dizaine de variétés afin d'approfondir la question de l'interaction avec la génétique de la plante.

En conclusion de ce projet, l'utilisation de l'ensemble des leviers a permis une diminution de l'utilisation de produits phytosanitaires conventionnels pour lutter contre le mildiou de la pomme de terre. En particulier, les résultats obtenus avec des produits de biocontrôle à base de phosphites sont encourageants et ont permis une diminution de l'utilisation de produits phytosanitaires conventionnels, de 40 à plus de 90% selon les variétés. Ces produits présentent une efficacité de protection vis-à-vis du mildiou pour toutes les variétés évaluées dans nos expérimentations, en particulier sur celles présentant des résistances partielles à fortes.

Perspectives futures en termes de transfert ou de recherche

Transfert :

Dans le cadre du consortium biocontrôle, notamment le réseau XP-BC sur les mildious, les résultats prometteurs seront communiqués et des essais pourront être réalisés sur d'autres cultures.

Des partenariats avec l'industriel développant les phosphites efficaces sont engagés et devraient permettre l'homologation de cette solution en pomme de terre, voire son extension à d'autres filières.

Un travail sur la quantification de matière active pulvérisée a été effectué. Il a été étendu à d'autres filières et les protocoles mis en place ont permis d'aider les producteurs à mieux appréhender cette problématique dans une logique de réduction et d'optimisation de la quantité de produits pulvérisés.

Recherche :

Ces perspectives concernent différents aspects du projet. Une meilleure compréhension du mode d'action des phosphites permettrait d'optimiser leur utilisation en plein champ. Notamment l'étude de l'interaction entre génétique de la plante et produits de biocontrôle devra être poursuivie.

La recherche d'autres produits de biocontrôle paraît encore aujourd'hui essentielle pour élargir l'offre aux producteurs. Continuer à mieux comprendre pourquoi les résultats obtenus en conditions contrôlées ne sont pas transférables au plein champ est également crucial pour le développement du biocontrôle. Les recherches sur la combinaison des leviers de la protection intégrée doivent être poursuivies.

Publications et colloques scientifiques :

- ▶ **Phytoma (n° 721 février 2019) : « Lutte contre le mildiou : allier le biocontrôle à d'autres méthodes (Projet MilPomBio) ».** A. MENIL, J-E. CHAUVIN, R. PELLE, M. BOUSSEAU, D. GAUCHER, G. BEAUVALLET, C. MAUMENE, D. ANDRIVON, C. PASCO, F. VAL, A. BARBARY et M. TURNER
- ▶ **Potato Planet (n°39, Juillet 2016, p. 82-83) : « Traitements alternatifs. Vegenov teste de nouveaux produits de biocontrôle »** - M. TURNER, A. MENIL

JOURNÉES TECHNIQUES ET COLLOQUES SCIENTIFIQUES :

- ▶ **Congrès de l'AFPP « Conférence internationale sur les maladies des plantes ». 10-12/12/2018, Tours :** « Mildiou de la pomme de terre : recherche et maîtrise des produits de biocontrôle dans un schéma de protection intégrée des cultures (projet MilPomBio) ». Communication orale.
- ▶ **Congrès « Natural Product and Biocontrol ». 25-28/09/2018, Perpignan :** « Mildiou de la pomme de terre : recherche et maîtrise des produits de biocontrôle dans un schéma de protection intégrée des cultures (projet MilPomBio) ». Communication orale.



Techniques innovantes de biocontrôle contre les mollusques terrestres nuisibles aux cultures : Recherche de méthodologie d'évaluation adaptée à leur écophysiologie

Année de démarrage : 2015
Année de fin : 2018

Partenaires

ACTA ; Université de Rennes ; ARVALIS Institut du végétal ; Phyteurop ; Bayer-CropScience ; De Sangosse

Responsable scientifique

André Chabert, ACTA
andre.chabert@acta.asso.fr

Financement

Coût total du projet : 194 696 €
Subvention Écophyto : 100 000 €

Mots clés :

Limaces ; Biocontrôle ; Grandes cultures ; Écophysiologie ; Pratique élémentaire alternative ; Modification de l'itinéraire technique ; Reconception du système de culture ; Gestion par des macro-organismes

Contexte et principaux objectifs

Pour la plupart des plantes annuelles sensibles aux limaces, la lutte chimique est quasi systématique les années humides. Ce projet avait pour ambition de contribuer à développer de nouvelles voies de biocontrôle et ainsi contribuer à la réduction de l'usage des produits phytosanitaires hors biocontrôle. Les principales contributions ont été les suivantes :

- ▶ Evaluer les performances de nouvelles méthodes et produits de biocontrôle vis-à-vis des limaces ;
- ▶ Explorer de nouvelles voies d'étude via l'écologie chimique afin de préciser les relations sémiocchimiques entre les limaces et plantes mais aussi avec les carabes ;
- ▶ Identifier l'efficacité de méthodes de contrôles biologiques en rapport à celles des leviers agronomiques mobilisables contre ce ravageur ;
- ▶ Définir les conditions de leur emploi dans le cadre des systèmes de cultures pour réduire les populations de ce ravageur, via la combinaison de leviers identifiés et évalués pour une reconception des stratégies de protection intégrée ;
- ▶ Créer une dynamique de recherche d'innovation en rassemblant un partenariat public privé.

Les méthodologies employées ont été diffusées dans un premier temps, aux réseaux d'expérimentation des partenaires du projet BIOLIM permettant l'exploration de nouvelles voies de recherches par les sociétés privées et dans un deuxième temps, vers les acteurs des principales filières concernées par les attaques de limaces.

Principaux résultats et intérêts en lien avec le plan Écophyto

Ce projet PSPE2 BIOLIM a rassemblé un partenaire public (Université de Rennes 1) de par leurs expertises en écophysiologie des mollusques, des partenaires des instituts techniques et des sociétés privées pour leur contribution quant à l'expérimentation et pour leur connaissance des systèmes de cultures. Ainsi, ce projet consacré aux produits de biocontrôle des limaces a permis de faire un panorama des connaissances actuelles et de lancer de nouvelles expérimentations à ce sujet. Il a également inventorié l'efficacité des leviers agronomiques prophylactiques vis-à-vis des populations de limaces.

La première phase a été destinée à réaliser une approche de type méta-analyse à partir :

- i) Des données issues du projet CasDAR RESOLIM
- ii) De la bibliographie propre à la lutte contre les limaces
- iii) Des différentes voies de biocontrôle possibles. La spécificité de la démarche a été de prendre en compte les interactions entre la biologie des limaces, les systèmes de cultures et l'ensemble des techniques de lutte par biocontrôle envisageables à l'heure actuelle. Ces moyens sont diversifiés et reflètent les relations existantes entre la limace et son environnement biotique et abiotique (Figure 1 page suivante).

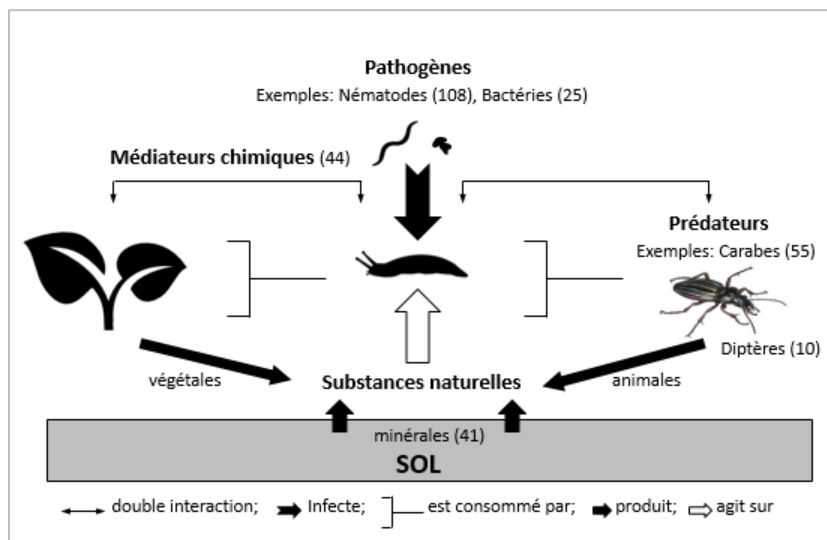


Figure 1 : Relations biotiques et abiotiques de la limace avec son environnement. Le nombre d'articles répertoriés entre 1992 et 2018 est affiché entre parenthèses pour chaque moyen de biocontrôle. *Crédit image : André Chabert, ACTA*

Par la suite, ces moyens de contrôles biologiques ont été étudiés selon des méthodologies expérimentales adaptées afin d'évaluer leurs performances en tenant compte de la spécificité des traits de vie des limaces et de leurs potentialités d'insertion dans les systèmes de culture. Les études réalisées peuvent être résumées de la manière suivante :

1) L'usage de plantes de services comme culture intermédiaire

Pour préciser les possibilités d'usage des plantes de service, les études réalisées par l'université de Rennes étaient destinées à comprendre les interactions biochimiques entre les limaces et les plantes lors des phases de consommation des plantes par les limaces. Un protocole a permis d'établir la réponse gustative des limaces aux métabolites du colza émis au stade cotylédon. Il a pu être montré que la phénylalanine présente dans les plantules a un effet phagostimulant, mais lorsqu'elle est en mélange avec le glucosinolate émis lors de l'agression de la plante, elle perd alors cette propriété. Les limaces sont donc toujours capables de se nourrir de plantules de colza même si les défenses naturelles de la plante sont en œuvre, mais dans une moindre mesure.

Les études de laboratoire réalisées par ARVALIS ont porté sur les moutardes répulsives pour les périodes d'intercultures. Elles ont permis de mesurer la consommation préférentielle des limaces en présence de 4 variétés de moutarde. Ces méthodologies ont mis en évidence les différences entre espèces végétales qu'il convient de connaître pour anticiper leurs effets sur les populations de limaces *in situ* et donner des conseils adaptés.

2) Des substances naturelles d'origine minérale ou végétale aux propriétés toxiques et répulsives

L'ACTA a testé au laboratoire une formulation à base de caféine vis-à-vis des limaces grises qui a provoqué des mortalités par contact mais pas en formulation appât. Les sociétés détentrices des formulations n'ont pas poursuivi le développement de cette méthode. D'autres études ont mis en évidence que des décoctions d'ail destinées à protéger les plantes n'étaient pas suffisamment répulsives pour limiter les attaques de limaces.

3) Des macroorganismes : prédateurs comme les carabes, les staphylins et les araignées, ou parasites comme les nématodes

Des suivis par piégeage ont été réalisés à Boigneville dans l'objectif de savoir si les populations de carabes peuvent réguler celles des limaces. Les piégeages de ces dernières ont été nettement plus élevés dans une parcelle ayant un précédent orge de printemps par rapport à celle ayant eu un précédent colza. Par contre, le nombre total de carabes (*Poecilus cupreus* et *Pterostichus melanarius*) piégés est quasiment identique entre les deux parcelles. Dans ce cas, il n'y a donc pas eu de relation détectée entre ces deux populations. Le niveau de population des limaces dans cet essai semble être surtout dû au précédent.

► Synthèse des résultats

La synthèse des résultats concernant les performances des techniques de biocontrôle expérimentées a été faite de manière commune par l'ensemble des partenaires. Nous avons calculé des ratios permettant de comparer différents travaux issus de la bibliographie et ceux issus de ce projet. Le tableau 2 en annexe présente les ratios évaluant l'impact de différentes pratiques sur les limaces et leurs dégâts calculés à partir de l'analyse de la bibliographie et des travaux de BIOLIM.

Perspectives futures en termes de transfert ou de recherche

Transfert :

Concernant les limaces en grandes cultures et certainement pour les autres cultures, il est difficile de dissocier les pratiques agronomiques et la mise en place du biocontrôle. Cela peut sembler une évidence, néanmoins les connaissances à mobiliser, pour répondre aux questions pratiques liées à la mise en œuvre des produits phytosanitaires de biocontrôle sont nombreuses, complexes et donc souvent éludées faute d'expertises disponibles sur le sujet. Cela peut déboucher sur des préconisations assez simplistes et peu adaptées aux multitudes de situations locales et climatiques. C'est en cela que le travail en réseau est important. Néanmoins, de nombreuses questions scientifiques et techniques liées à l'évaluation des produits de biocontrôle ne peuvent être résolues que par des essais analytiques qui demandent des moyens pour être réalisés de manière indépendante.

Recherche :

Une voie de recherche pourrait être de mettre en cohérence des jeux de données assez importants obtenus à différentes échelles (laboratoire, parcelle, système, exploitation...), ce qui demandera une poursuite de la concertation des partenaires et sans doute des collaborations autour de nouveaux projets. Le travail à poursuivre devrait développer les deux points suivants :

- 1) Maintenir un réseau d'expérimentations destinées aux limaces afin de réaliser une évaluation des produits phytosanitaires de biocontrôle de manière indépendante et de maintenir un réseau d'experts. Il faudra aussi valoriser les connaissances actuelles en écologie chimique afin de trouver de nouvelles voies de biocontrôle des limaces.
- 2) Ce réseau devra également contribuer à l'amplification de la démarche de méta-analyse initiée et au développement d'outils d'évaluation multicritère destinés à évaluer le risque limaces. Des extensions de ces deux approches pourraient être faites pour d'autres ravageurs des grandes cultures et aussi d'autres cultures.

Publications et colloques scientifiques :

JOURNÉES TECHNIQUES ET COLLOQUES SCIENTIFIQUES :

- ▶ **Colloque de restitution du projet RESOLIM. 18/03/2016, Paris** : Présentation du projet BIOLIM et des travaux en cours.
- ▶ **Journée Terres Inovia. 26/01/17, Évreux** : présentation des résultats du projet RESOLIM et BIOLIM.

PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES :

- ▶ **Phytoma (n°694, pp 34-37) : État des connaissances sur le biocontrôle vis-à-vis des limaces.** Mottin E., Tamine M., Chabert A. et Charrier M. (2016)
- ▶ **Discrimination of oilseed rape seedlings by the field slug *Deroceras reticulatum* and storage of salicylic acid in its digestive gland.** Tamine M., Jonard C., Van Der Linde M. & Charrier M. Article en préparation

PRÉSENTATION À DES INSTANCES PROFESSIONNELLES OU DE DÉCISION :

Des contacts ont été établis avec différents acteurs du plan Ecophyto lors des présentations des résultats :

- ▶ Au séminaire PSPE le 2 décembre 2017
- ▶ À une journée avec des agriculteurs à Bourges en janvier 2017
- ▶ À des animateurs d'un projet Écophyto (action 30 000) sur la réduction de l'usage des anti-limaces, le 10 septembre 2018

ARTICLES DE VALORISATION/VULGARISATION :

- ▶ **Rédaction d'une fiche concernant l'usage d'un anti-limaces de biocontrôle dans le cadre du contrat de solution**
- ▶ **Rédaction d'une partie de l'index Biocontrôle de l'ACTA**
- ▶ **Master 2 Patrimoine naturel et Biodiversité Université Rennes I (2015, 21 p) : Quels moyens de biocontrôle pour les ravageurs de culture ? Le cas des limaces.** Tamine M.
- ▶ **Master 2 Patrimoine naturel et Biodiversité Université Rennes I (2016, 25 p) : Étude expérimentale de l'interaction trophique entre le colza et son ravageur, la limace grise *Deroceras reticulatum* : facteurs stimulant la nutrition et réponses métaboliques interspécifiques.** Tamine M.
- ▶ **Master 1 Patrimoine naturel et Biodiversité Université Rennes I, (2017, 15 p) : Sélection gustative de métabolites du colza par la limace grise *Deroceras reticulatum* et devenir des phytohormones dans les tissus de la limace.** Van Der Linde M.

VALORISATIONS DISPONIBLES À LA DEMANDE :

- ▶ Livrables base Mendeley avec les 310 publications
- ▶ Base de données de types Excel avec l'analyse d'une centaine de publications
- ▶ Diverses présentations à des séminaires
- ▶ Le rapport final du projet
- ▶ Lien internet vers le projet : <https://ecophytopic.fr/recherche-innovation/proteger/projet-biolim>



PRO-BIO-TAUPIN

Évaluation de solutions de biocontrôle pour la protection des cultures contre les dégâts de taupins

Année de démarrage : 2016

Année de fin : 2019

Partenaires

ARVALIS ; UMR DGIMI INRAE - Université de Montpellier ; ACTA ; CTIFL ; Invenio ; ACEP ; APREL ; SudExpé ; Sonito

Responsable scientifique

Jean-Baptiste Thibord, ARVALIS
jb.thibord@arvalis.fr

Financement

Coût total du projet : 210 807 €
Subvention Écophyto : 113 891 €

Mots clés :

Taupins ; Biocontrôle ; Nématodes entomopathogènes ; Champignons entomopathogènes ; Substances naturelles

Contexte et principaux objectifs

Une protection contre les taupins s'avère parfois indispensable pour protéger le rendement ou la qualité de grandes cultures ou de cultures légumières. Depuis quelques années, les producteurs sont confrontés à une raréfaction des solutions phytopharmaceutiques et les solutions qui demeurent disponibles présentent souvent une efficacité plus limitée, voire insuffisante. Il devient donc nécessaire et urgent d'élaborer des stratégies de protection intégrant des solutions de biocontrôle soit en substitution des solutions phytopharmaceutiques pour les situations de faibles niveaux de populations de taupins, soit en complément des solutions conventionnelles dans le but de limiter la nuisibilité du ravageur dans les situations de fortes populations.

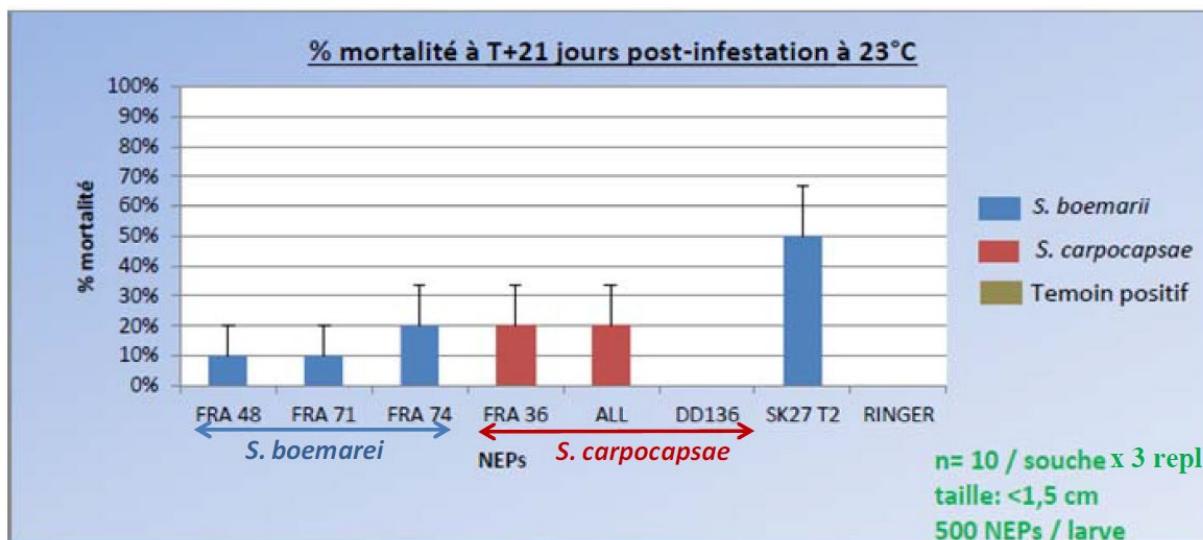
Le projet PRO-BIO-TAUPIN avait pour objectif d'explorer l'intérêt technique de différentes solutions potentielles de biocontrôle :

- ▶ Des nématodes entomopathogènes ;
- ▶ Un champignon entomopathogène, et plus particulièrement un produit à base de *Metarhizium anisopliae* ;
- ▶ Des substances naturelles, essentiellement des produits à base de glucosinolates.

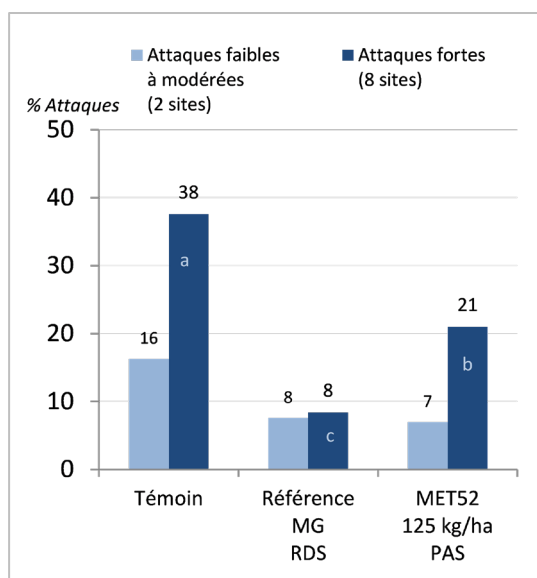
Les essais ont été réalisés en conditions contrôlées (nématodes entomopathogènes) et en conditions de plein champ (champignons entomopathogènes, substances naturelles) dans le but de protéger différentes cultures : pomme de terre, carotte, melon, asperge, tomate, maïs.

Principaux résultats et intérêts en lien avec le plan Écophyto

Les travaux mis en œuvre sur les nématodes entomopathogènes (NEPs) ont mis en évidence que les barrières physiques de l'insecte (en particulier leur cuticule très résistante) limitaient très certainement l'entrée des nématodes dans les larves, expliquant ainsi les faibles performances de ces agents de biocontrôle vis-à-vis des taupins (voir graphique page suivante). Cette étape clé du cycle parasitaire des nématodes constitue probablement le principal verrou à lever avant d'envisager l'utilisation à la parcelle des NEPs pour lutter contre les larves de taupins. L'injection directe des partenaires bactériens symbiotiques des NEPs dans l'hémolymphe des insectes a permis d'identifier l'intérêt d'une souche bactérienne très performante pour tuer les larves de taupins : *X. kozodoii* FR48. À notre connaissance, c'est la première fois qu'il est montré qu'une bactérie symbiotique des NEPs est pathogène à elle seule vis-à-vis des larves de taupins. Les bio-essais par injection ont également montré que d'autres souches appartenant à l'espèce *X. kozodoii* étaient à l'inverse très peu pathogènes contre les larves de taupins. Ce résultat permet d'envisager des études de comparaison génomique entre la souche virulente *X. kozodoii* FR48 et les souches avirulentes de *X. kozodoii* afin d'identifier d'éventuels gènes ou régions génomiques impliqués dans le pouvoir pathogène de *X. kozodoii* FR48 vis-à-vis du taupin. Les génomes entiers de la souche pathogène *X. kozodoii* FR48 et des souches avirulentes FR71 et FR74 ont été séquencés.



Test de mortalité de nématodes entomopathogènes associés à différentes bactéries sur des larves de taupin. Les histogrammes représentent le pourcentage de mortalité moyen (3 réplicas) des larves de taupin 21 jours post infestation avec des souches de *S. boemarei* et de *S. carpocapsae*. N = 30 larves de taupins ; dose infestation = 500 NEPs par larve ; contrôle négatif = liquide de Ringer ; contrôle positif = SK27 T2. Crédit image : INRAE

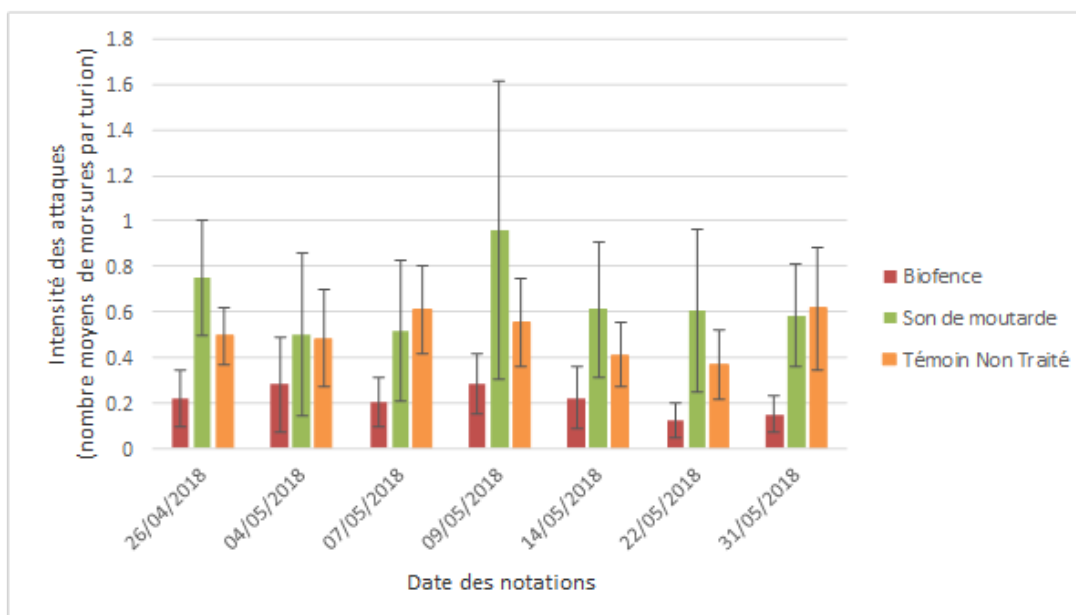


Évaluation de MET 52 GR appliqué en plein et incorporé avant semis de maïs. Synthèse 10 essais (2012-2017) - Crédit image : ARVALIS

L'étude de champignons entomopathogènes (axe 2) a été focalisée sur la spécialité commerciale MET 52 granulés, spécialité à base de *Metarizhium anisopliae* F52. Les essais de protection des plantes vis-à-vis des larves de taupins ont permis d'obtenir des résultats très encourageants avec, dans certaines situations, des efficacités comparables à celles obtenues avec des références conventionnelles (soit 50% d'efficacité).

Cependant, la variabilité des niveaux de protection, les coûts élevés du produit commercial actuellement disponible et les difficultés d'approvisionnement de ce produit ne permettent pas d'envisager son utilisation dans le cadre d'une protection annuelle des cultures. Des premiers travaux ont été mis en œuvre dans une stratégie visant l'abaissement des populations de taupins grâce à des apports répétés dans la parcelle. Si les premiers résultats semblent encourageants, de nouveaux travaux devront être mis en œuvre afin de confirmer l'intérêt de cette technique de lutte.

De nombreuses formulations liquides à base de glucosinolates sont proposées aux producteurs. À défaut de toutes les avoir testées, celles ayant fait l'objet d'expérimentations par les partenaires du projet (axe 3) n'ont pas permis d'obtenir des résultats très probants, et ceci malgré la diversité des modes et stades d'application. En revanche, une formulation de tourteaux de graines déshuilées de moutarde d'Abyssinie *Brassica carinata*, spécialité commerciale Biofence, est une solution qui a permis de réduire les attaques de taupins sur maïs et pomme de terre. L'intérêt semble être plus limité sur d'autres cultures mais a pu s'avérer intéressant dans la protection contre d'autres ravageurs du sol - les scutigérelles (sur asperges) et les nématodes à kystes (sur pomme de terre). Néanmoins, les doses apportées engendrent dans certaines situations un manque de sélectivité. La spécialité Biofence étant très onéreuse, les doses ont été réduites et localisées dans la zone à protéger. Les résultats obtenus en culture de maïs montrent un intérêt mais ces expérimentations nécessitent d'être poursuivies pour éprouver la technique en situations d'attaques élevées. En parallèle, certains essais avaient pour objectif d'évaluer l'intérêt du son de moutarde, autorisé dans le cadre des substances de base, comme produit de substitution. Si les résultats obtenus ne sont pas très encourageants, des améliorations sont envisageables en caractérisant mieux la composition chimique du son utilisé (voir graphique page suivante).



Intensité d'attaques de taupins sur asperges entraînant un déclassement de la production.
Crédit image : INVENIO

Perspectives en termes de transfert ou de recherche

Transfert :

Même si aucune solution évaluée dans le cadre du projet PRO-BIO-TAUPIN n'est actuellement satisfaisante pour la protection des cultures dans les conditions de production (notamment pour raison économique), les résultats ont été présentés à des producteurs des différentes filières. Par ailleurs, ces résultats ont permis d'initier de nouveaux travaux de recherches. Ainsi, les travaux sur les bactéries pathogènes de taupins sont poursuivis par l'UMR DGIMI. De nouveaux travaux sur les champignons entomopathogènes ont été initiés dans le cadre d'une collaboration avec l'Université de Pau et des Pays de l'Adour. Enfin, des travaux sont envisagés concernant la production de glucosinolates au champ à l'aide de plantes de services.

Recherche :

Les résultats obtenus au cours du premier axe du projet PRO-BIO-TAUPIN sont très prometteurs avec la découverte d'une bactérie pathogène efficace contre les larves de taupins. Il est cependant difficile de mettre en œuvre cette stratégie au champ à ce jour sachant que les bactéries entomopathogènes *Xenorhabdus* ne peuvent survivre sans leur hôte nématode. Une perspective consiste à identifier des toxines d'intérêt de ces bactéries.

L'intérêt technique de *Metarhizium anisopliae* et de certains tourteaux comportant des glucosinolates est confirmé. Cependant, l'analyse des agents actifs sur larves de taupins semble nécessaire pour progresser dans la connaissance des souches ou substances les plus efficaces et définir les conditions permettant de favoriser leur présence dans la parcelle. Cela permettra d'optimiser les doses et rendre ces solutions compatibles avec les exigences économiques de production de ces cultures.

Publications et colloques scientifiques :

COLLOQUES SCIENTIFIQUES :

- ▶ **International Congress Natural Products and Biocontrol (Perpignan, France. 25-28/09/2018) : Évaluation des nématodes entomopathogènes et leurs bactéries symbiotiques pour lutter contre les taupins (poster présenté).** Frayssinet Marie, Pagès Sylvie, Lawac Floriane, Duvic Bernard, Givaudan Alain and Ogier Jean-Claude
- ▶ **11^{ème} Conférence Internationale sur les Ravageurs et Auxiliaires en Agriculture, Montpellier 25-26/10/2017 : Intérêt de l'utilisation de *Metarhizium brunneum* pour lutter contre les taupins (*Agriotes* sp.) en grandes cultures.** Larroudé Ph. et Thibord J.B. – 2017

PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES :

- ▶ **Rapport de stage M1 (parcours master IMHE de l'Université de Montpellier) : Étude des facteurs de virulence de la bactérie entomopathogène *Xenorhabdus kozodoii* vis-à-vis du ravageur taupin (*Agriotes sordidus*).** Océane Bueno, 2018.
- ▶ **Rapport de stage M1 (Master en Agronomie et Agro-alimentaire, Parcours SEPMET, SupAgro Montpellier) : Évaluation de la virulence des complexes nématode-bactériens entomopathogènes contre les taupins.** Floriane Lawac, 2017



Optimisation du biocontrôle pour lutter contre la pourriture grise de la vigne, gestion globale et intégrée

Année de démarrage : 2015

Année de fin : 2019

Partenaires

IFV ; INRAE UMR SAVE ; Chambre d'Agriculture de la Gironde

Responsable scientifique

Nicolas Aveline,

IFV (Institut Français de la Vigne et du Vin)

nicolas.aveline@vignevin.com

Financement

Coût total du projet : 141 394 €

Subvention Écophyto : 96 845 €

Mots clés :

Viticulture ; Botrytis ; Pourriture grise ; Biocontrôle ; Micro-organismes ; Agents de lutte biologique ; Outil d'Aide à la décision ; Modification de l'itinéraire technique

Contexte et principaux objectifs

La pourriture grise est une maladie qui se déclare sur vigne en fin de saison sur baies (moisissure grisâtre et pulvérulente) et qui peut s'étendre à toute la grappe. Outre des dégâts sur le rendement (quantité), le champignon induit des mauvais goûts dans le vin dès 5% de baies atteintes dans la vendange. Classiquement, la lutte phytosanitaire contre cette maladie peut représenter 1 à 2 IFT, qui entraînent très régulièrement la présence de résidus dans les vins.

Les alternatives de biocontrôle existent, ce sont même les premiers produits de biocontrôle qui ont été inscrits sur vigne dans la liste officielle. Malheureusement, l'usage de ces produits reste limité et difficile à cerner : notamment les modes d'action très diversifiés posent de nombreuses questions sur le positionnement idéal et les stratégies d'emploi. De plus, le Botrytis est une maladie difficile à prévoir et son développement en fin de saison peut être explosif.



Baies botrytisées.

Crédit photo : Nicolas Aveline, IFV

Principaux résultats et intérêts en lien avec le plan Écophyto

De nombreux résultats permettent l'évaluation de produits de biocontrôle contre le Botrytis de la vigne sur 3 années d'essais sur deux plateformes girondines : 14 produits ou substances ont été testés dans un cadre d'expérimentation pour les comparer strictement : 6 applications en saison et, pour quelques produits, selon les données de l'outil d'aide à la décision « indice de Ciliberti » pour les positionner au mieux en post-véraison. Les résultats montrent en général de faibles niveaux d'efficacité de protection. Parmi les produits testés, l'Armicarb® (bicarbonate de potassium) semble être la solution qui apporte régulièrement une différence claire avec le témoin non traité, quel que soit le millésime. Certains produits dont des micro-organismes de la famille des *Bacillus* : Amylo-X®, S38 (bactérie modèle INRA) et Rhapsody® ont montré assez régulièrement des efficacités. Les autres produits provoquent des résultats trop variables selon les années pour que l'on puisse conclure sur leur intérêt.

La validité et surtout la généralité des résultats obtenus sur l'ensemble du projet est complexe : les 3 millésimes ont été très contrastés en terme de climatologie (gel en 2017) et la pression botrytis est restée plutôt moyenne et peu intense.

Les mesures complémentaires (vigueur, compacité des grappes, pression tordeuses...) ont été réalisées et n'ont pas toujours montré des corrélations intra-parcellaires évidentes. Le test du taux de contamination par *B. cinerea* des capuchons floraux se révèle intéressant malgré des taux fluctuants d'un millésime à l'autre et des contraintes d'identification. Il est informatif sur le plan de la connaissance de la maladie et indicateur de pression parasitaire en début de saison. C'est un outil potentiel pour évaluer l'effet précoce de produits de biocontrôle sur le pathogène nécessitant encore quelques améliorations méthodologiques.

L'outil d'aide à la décision « indice de Ciliberti » post-véraison développé par l'INRAE permet de modéliser un indice climatique quotidien de développement du botrytis (température et hygrométrie) divisé en 4 grandes classes de risque. Il a permis de positionner en fin de saison les applications de biocontrôle judicieusement par rapport aux périodes de risques pré-identifiées.

Testé sur les essais avec certains produits candidats et en grande parcelle sur une exploitation en 2017, il a été transféré en 2018 vers les expérimentateurs partenaires. Son interprétation et les règles de décision ont évolué au cours du projet pour aboutir en 2019 à une version de calcul en ligne.

Liens avec le plan Écophyto :

- **Développement du biocontrôle** : les stratégies proposées et étudiées dans le projet sont 100% biocontrôle, aucune utilisation de produits classiques en alternance ou en association n'a donc été étudiée. Dans la stricte thématique de la baisse des intrants, ce projet vise aussi à définir des stratégies biocontrôle qui permettent de s'affranchir de la problématique des résidus généralement générés par les anti-botrytis classiques.
- **Optimiser l'utilisation des produits de biocontrôle** : l'usage et le positionnement des produits de biocontrôle ont été étudiés notamment en fin de saison jusqu'à quelques jours avant la vendange, période pendant laquelle le recours aux produits chimiques est limité. Ainsi, on dispose de nouvelles possibilités d'interventions pour gérer le botrytis.
- **Développement d'un outil d'aide à la décision** : l'indice de Ciliberti a été employé et amélioré (définition des règles de décision, seuils) pour positionner judicieusement certains produits de biocontrôle alors en post-véraison et pendant la maturité.

Perspectives en termes de transfert ou de recherche

Transfert :

Les quelques solutions de biocontrôle candidates avec des résultats d'efficacité intéressants sont utilisées actuellement (2019, 2020...) dans d'autres programmes de recherche appliquée au niveau régional (Projet Alt'Fongi Biocontrôle, projet BEE). L'objectif est de les intégrer dans un programme de protection global utilisant un maximum de produits de biocontrôle, de la prophylaxie et un recours minimal aux pesticides classiques.



Culture de capuchons floraux dans une boîte de Petri.

Crédit photo : Nicolas Aveline, IFV

L'utilisation de l'indice de Ciliberti ouvre des perspectives de recherche quant au positionnement des produits anti-Botrytis et l'identification des phases cruciales de développement de la maladie. Son transfert via des outils globaux diffusé par l'IFV tels que le logiciel en ligne DECITRAIT® devrait permettre de l'intégrer dans une gestion de la protection globale et donner des indications pour l'emploi optimisé du biocontrôle contre la pourriture grise.

L'indicateur précoce expérimental « taux de contamination des capuchons floraux » est très intéressant pour visualiser la pression du botrytis à la floraison mais aussi pour mesurer l'effet de certains produits de biocontrôle appliqués à cette période. Une amélioration de l'identification sera néanmoins à préciser (recours à l'outil moléculaire ?) pour identifier et quantifier le botrytis plus efficacement. Il pourrait ensuite être intégré à l'indicateur Potentiel de Réceptivité au Botrytis (PRB) publié annuellement par l'INRAE et permettre de donner une efficacité en usage précoce des solutions testées.

Enfin, nos essais ont montré que la bactérie *B. ginsengihumi* S38 isolée par l'INRAE possédait un potentiel anti-botrytis intéressant au vignoble.

Recherche :

Les travaux menés lors du projet ont montré l'importance des connaissances en amont, aussi bien sur le Botrytis et son développement que sur le mode d'action des produits de biocontrôle. Des questions restent posées sur l'épidémiologie du pathogène et la prédiction de son développement, mais des avancées claires sont obtenues sur certains indicateurs de risques utilisés dans BIOBOT. Des travaux et des projets ont été lancés dans ce sens par l'UMT SEVEN, comme par exemple l'identification et la quantification de la sporée dans l'air au vignoble pendant la saison, ou encore des études dynamiques sur les facteurs agro-climatiques déterminant le développement de l'épidémie. Tous ces travaux de connaissance enrichiront d'éventuels indicateurs de pilotage pour mieux gérer la protection et l'apport éventuel de traitements de biocontrôle.

Notons le besoin d'un outil de traçabilité des micro-organismes de biocontrôle (adapté à chaque souche) pour savoir si la souche est toujours présente et vivante sur la végétation et sur les grappes afin de mieux connaître ses conditions d'installation ou de survie et prévoir ainsi des positionnements et des renouvellements adaptés.

Les travaux de l'INRAE UMR SAVE sur la bactérie *B. ginsengihumi* S38 (Calvo *et al.*, 2019) confirment le très grand intérêt des microorganismes présents à l'état naturel dans le vignoble. Des travaux de recherche pourraient être menés pour améliorer l'utilisation de ce type de bactérie, notamment en termes de production de masse et de formulation.

Enfin, plus globalement, la recherche sur des produits de biocontrôle ou de biostimulants potentiellement efficaces contre la pourriture grise est à poursuivre : les modes d'action tels que la stimulation des défenses, le renforcement des barrières physiques... ne sont pas très présents dans la liste biocontrôle. Le statut européen des « substances de base » peut aussi se révéler un bon réservoir pour trouver des produits alternatifs aux fongicides de synthèse qui pourraient avoir une action régulière et significative sur la pourriture grise.

Publications et colloques scientifiques :

JOURNÉES TECHNIQUES ET COLLOQUES SCIENTIFIQUES :

- ▶ **Rencontres Viticoles d'Aquitaine, Lycée Viticole de Blanquefort 2018** : *Le biocontrôle pour lutter contre la Pourriture Grise : les projets BIOBOT et ALB's (RVA 2018) [PPT]*. Aveline N.

PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES :

- ▶ **Frontiers in Plant Science (n° 10, 2019, p 105)** : *Microbial Antagonism Toward Botrytis Bunch Rot of Grapes in Multiple Field Tests Using One Bacillus ginsengihumi Strain and Formulated Biological Control Products*. Calvo Garrido C., Dupin S., Aveline N., Roudet J., Davidou L., Fermaud M.

ARTICLES DE VALORISATION/VULGARISATION :

- ▶ **Guide ACTA : Guide ACTA Biocontrôle 2018** : *Lutte contre la Pourriture Grise sur Vigne*. Aveline N., Fermaud M., Chantelot E.
- ▶ **Guide ACTA : Guide ACTA Biocontrôle 2019** : *Lutte contre la Pourriture Grise sur Vigne*. Aveline N., Fermaud M., Chantelot E.

PRÉSENTATION À DES INSTANCES PROFESSIONNELLES OU DE DÉCISION :

- ▶ **Union Girondine des Vins de Bordeaux (2017, pp 53-54)** : *Utiliser les produits de biocontrôle pour protéger la vigne contre la pourriture grise en viticulture biologique : résultats des essais menés dans le RESAQ Vitibio*. Aveline N., Davidou L.

AUTRES VALORISATIONS :

- ▶ **Bordeaux ISVV : Cours Master 2 Œnologie sciences de la vigne, UE pathologie viticole (2017)** : *Epidémiologie et lutte contre Botrytis cinerea au vignoble*. Aveline N., Fermaud M.
- ▶ **Présentation d'un poster à Perpignan (2018)** : *BIOBOT : Evaluation de produits de biocontrôle contre la pourriture grise (B. cinerea) au vignoble*. Aveline N., Dupin S., Davidou L., Calvo Garrido C., Roudet J., Fermaud M.



Crédit photos INRAE



Mise en page www.laboitea.verbe.fr

