



Webinaire n°3 ●●●●

BIOCONTRÔLE ET QUALITÉ PAYSAGE- GÈRE

jeudi 11 avril 13h30

Comité d'organisation :

Sonia LEQUIN, Caroline BOTTOU et Xavier REBOUD de l'équipe d'animation Ecophyto R&I (INRAE), Marie-Camille SOULARD (Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires), Antoine LE GAL (Ministère de l'agriculture et de La souveraineté alimentaire), Robin Roche (Ministère du travail, de la santé et des solidarités) copilotes ministériel de l'axe recherche et innovation du plan Ecophyto II+.

Éric CHANTELOT (IFV), Agnès Langlois (ASTREDHOR) et Caroline Gibert (SOLAGRO), Ingrid Arnault (Université de Tours) et Marc Bardin (INRAE), Jean Guyot (CIRAD) et Sébastien Lemièrre (Université de Lille) pour le CSO R&I

Mise en page :

Caroline BOTTOU (INRAE)

Crédits Photos : Sommaire Pixabay, Freepik Pexel, Adobe Stock (Sauf mention contraire dans le document)

Plus d'infos et contact :

animation-ecophyto@inrae.fr

Le projet d'animation Ecophyto II+ R&I est piloté par les Ministères de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire (MASA), de la Transition écologique et de la Cohésion des Territoires (MTECT), du travail de la santé et des solidarités (MTSS) ainsi que celui de l'Enseignement supérieur et de la Recherche (MESR), avec l'appui financier de l'Office Français de la Biodiversité (OFB), sur l'enveloppe de redevance pour pollutions diffuses du plan Écophyto II+

Merci aux porteurs de projets et leurs équipes pour leur mobilisation !

Et Merci aux Experts extérieurs qui ont accepté notre invitation à partager leurs travaux !



S O M M A I R E

À PROPOS

P.4

Présentation de l'axe Recherche et innovation Ecophyto II+ P.4

Présentation de la série de Webinaires d'avril 2024 P.5



LE WEBINAIRE N°2

P.6

Programme du Webinaire 3 : Biocontrôle et qualité paysagère

Quelques mots sur ce webinaire P.7



DEMETER P.6

Présentation du projet DEMETER



STREPTO-CONTROL P.15

Présentation du Projet STREPTOCONTROL



ARPHY -GCPE - PAYSAGE P.20

Présentation du projet ARPHY-GCPE-PAYSAGE



L'axe Recherche et Innovation du plan Ecophyto II+

Le plan Ecophyto II+

Le plan Écophyto II+ matérialise les engagements pris par le Gouvernement pour atteindre l'objectif de réduire les usages de produits phytopharmaceutiques de 50% d'ici 2025 et de sortir du glyphosate d'ici fin 2020 pour les principaux usages et au plus tard d'ici 2022 pour l'ensemble des usages.

[En savoir +](#)

L'axe Recherche et Innovation (axe R&I ou axe 2 du plan Ecophyto II+), intitulé « **Améliorer les connaissances et les outils pour demain et encourager la recherche et l'innovation** » vise à mobiliser et structurer les différentes communautés de recherche-innovation pour produire et améliorer les connaissances et les outils nécessaires pour atteindre les objectifs de réduction de l'utilisation des produits phytopharmaceutiques et des risques associés. Il est copiloté par la DRI du CGDD/ MTECT¹, la DGER/MASA², la DGS/MTSS³ et la DGRI/MESR⁴.



L'axe R&I vise ainsi à mobiliser et orienter l'ensemble du système de recherche-innovation avec de fortes incitations pour la formation et la vulgarisation scientifique, afin d'apporter les connaissances nécessaires pour répondre aux défis posés par la réduction de l'usage des produits phytopharmaceutiques et de leurs impacts, sur la santé et l'environnement. Pour définir, piloter et mettre en œuvre l'ensemble de ces actions, **il s'appuie sur un Comité Scientifique d'Orientation « Recherche et Innovation » (CSO R&I)**, composé d'une trentaine d'experts de différentes disciplines, nommés *intuitu personae* et reconnus pour leurs travaux ou leurs engagements sur tous les aspects relatifs à la protection des cultures et à la réduction des produits phytopharmaceutiques, ainsi que de leurs risques et impacts sur la santé et l'environnement. Son ambition est de poursuivre le décloisonnement disciplinaire afin de porter une vision globale des enjeux et des solutions pour atteindre les objectifs du plan Ecophyto II+.

1 MTECT : Ministère de la Transition Ecologique et de la Cohésion des territoires

2 MASA : Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire

3 MSP : Ministère du Travail, de la Santé et des Solidarités

4 MESR : Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche



Les webinaires d'Avril Ecophyto Recherche et Innovation

Chaque semaine une ou plusieurs thématiques différentes seront abordées au travers de la présentation de 3 à 4 projets arrivés à leur terme dans le cadre des appels à projets [Era net suscrop 2018](#), [Anr générique 2016/2017](#), [Appel national Arphy](#), [CASDAR innovation et partenariat \(2017\)](#), [CASDAR Recherche Technologique \(2017\)](#), [CASDAR semence et sélection végétale](#).



Après le webinaire

[Donnez-nous votre avis](#)



[Replays](#)



[Synthèses](#)
Disponibles quelques semaines après chaque sessions



[Livrets](#)



[Contact](#)

En plus de la présentation des résultats, ces webinaires sont l'occasion d'échanger sur les perspectives ouvertes et à ouvrir à la réduction de l'usage des produits phytopharmaceutiques mais également sur les verrous à lever.

Cette série de webinaires printaniers se compose de 4 sessions :

- **Webinaire #1** les avancées dans la filière viticulture
- **Webinaire #2** gestion des adventices et mesures préventives
- **Webinaire #3** Axé sur les alternatives comme le biocontrôle et la régulation naturelle par la gestion des paysages
[M'inscrire au webinaire du 18 avril](#)
- **Webinaire #4** Sélection et la résistance variétale
[M'inscrire au webinaire du 25 avril](#)



Le webinaire # 3 : Biocontrôle et qualité paysagère

Date : Jeudi 18 avril 2024 - 13h30

Animation Scientifique

Ingrid Arnault

Membre du CSO R&I

Ingénieure de recherche à l'université de Tours, Ingrid Arnault dirige une structure de valorisation de la recherche dédiée au Biocontrôle. Elle coordonne et participe à des projets de solutions agroécologiques portant sur les biopesticides naturels, les stimulateurs de défense des plantes et les auxiliaires des cultures.

Docteur en écologie microbienne, Marc Bardin travaille à l'unité de Pathologie végétale de l'INRAE d'Avignon.

Ses travaux portent sur la mise en œuvre de solutions de biocontrôle impliquant des agents microbiens antagonistes des agents pathogènes. Il s'intéresse plus particulièrement aux mécanismes moléculaires qui sous-tendent ces antagonismes et assurent leur efficacité. Ils s'inscrivent dans une approche intégrée du biocontrôle des maladies des plantes, et plus généralement dans le cadre de la transition agroécologique de l'agriculture dont un objectif majeur est de minimiser le recours aux pesticides.

Marc Bardin

Membre du CSO R&I



PROGRAMME

13h30 Accueil

13h35 Introduction du CSO R&I par Ingrid Arnault & Marc Bardin

13H40 Présentation 3 projets :

DEMETER « Bio-olfacticides : produire plus avec moins d'insecticides »

par Emmanuelle Joly (INRAE)

STREPTOCONTROL « Identification, mode d'action et synthèse des composés inducteurs des réponses immunitaires et antifongiques d'une souche bactérienne utilisée pour la protection des plantes »

par Bernard Dumas (CNRS)

ARPHY - GCPE – Paysage « Accompagnement par la Recherche du réseau DEPHY – Prise en compte des pressions de bioagresseurs et du paysage dans les systèmes de grande culture et polyculture élevage » par Benoît Ricci (INRAE)

14h35 « Biocontrôle : enjeux, applications et perspectives »

par Marie Turner co-directrice de Végénov.

S'inscrire

(disponible jusqu'au démarrage du webinaire)

L'invitée

Marie Turner

Co-directrice de Végénov

Spécialisée dans les interactions plantes-microorganismes, ses activités s'inscrivent dans le développement et la promotion d'une agriculture durable. A ce titre, Marie Turner co-dirige Vegenov et pilote le pôle de Qualité et Santé des Plantes de [Vegenov](#). Il s'agit d'un centre technique dont l'objectif est notamment d'évaluer et d'aider au développement de solutions innovantes pour nourrir et protéger les plantes contre des stress biotiques ou abiotiques, que ce soient des produits (de type biocontrôle ou biostimulant), des variétés ou des outils d'aide à la décision.

DEMETER

Bio-olfacticides: vers une solution innovante en biocontrôle des insectes ravageurs

> Projet de recherche et développement

RESPONSABLE SCIENTIFIQUE

Emmanuelle Jacquin-Joly

INRAE

emmanuelle.joly@inrae.fr

FINANCEMENTS

Coût total du projet : 2 596 744€

Montant de la subvention OFB : 295 500€

[Appel ANR générique \(2016\)](#)

PARTENAIRES

- ◇ INRAE IEES
- ◇ Centre de Ressources Biologiques Xénope (Université de Rennes I),
- ◇ Institut de Chimie de Nice (Université de Nice Côte d'Azur-CNRS)

En bref

L'écologie chimique inverse computationnelle est une approche d'écologie chimique innovante qui consiste à partir des protéines olfactives elles-mêmes pour accélérer l'identification de nouveaux sémiocimiques actifs sur le comportement des insectes ravageurs, par crible virtuel in silico suivi de tests expérimentaux. Elle peut ainsi mener à des solutions de biocontrôle, en perturbant de grandes fonctions liées à l'olfaction comme la recherche de nourriture, d'un site de ponte ou d'un partenaire sexuel.

Noctuelles

Olfaction

Récepteurs olfactifs

Modélisation moléculaire

Machine learning

Médiateurs chimiques

Biocontrôle



Les noctuelles comprennent des bioagresseurs polyphages parmi les plus dévastateurs. Nombre de comportements impliqués dans les ravages causés aux cultures (reproduction, reconnaissance et choix de la plante hôte et des sites de ponte,...) sont étroitement liés aux capacités olfactives de ces insectes. Cette modalité sensorielle apparait ainsi comme une cible privilégiée pour développer des stratégies innovantes de biocontrôle.

Les acteurs clés impliqués dans la reconnaissance des signaux chimiques sont les récepteurs olfactifs (OR, protéines qui détectent les odorants). Ces récepteurs apparaissent comme des cibles pertinentes pour la mise au point de méthodes de lutte sélectives et sans danger, de type « bio-olfacticides » (agonistes, antagonistes ou bloquants olfactifs):

- 1) les **OR des insectes sont différents des ceux des vertébrés**, ce qui permet d'éviter des effets néfastes pour l'homme ou d'autres mammifères ;
- 2) ils sont également **très divergents entre insectes**, ce qui permet d'agir de manière sélective et de préserver les insectes bénéfiques ;
- 3) ils présentent une structure à 7 domaines

transmembranaires, semblable à celle des récepteurs couplés aux protéines G (GPCR), pour lesquels la pharmacologie a **développé un savoir-faire unique** pour perturber leur fonctionnement.

L'objectif de ce projet a été de mener une étude pilote sur un organisme modèle en agronomie, la noctuelle du coton *Spodoptera littoralis*, qui consiste à **identifier les récepteurs olfactifs impliqués dans des comportements clés comme l'attraction ou la répulsion par leur caractérisation fonctionnelle**, puis à prédire des agonistes ou antagonistes par modélisation moléculaire, et enfin les tester expérimentalement sur les OR et in fine sur le comportement des insectes. ➤





Ce projet multidisciplinaire a mobilisé une diversité d'approches : le séquençage haut-débit, la bioinformatique, la biologie moléculaire, l'édition du génome, l'électrophysiologie, l'apprentissage automatique ou machine learning, et l'étude du comportement.

Des méthodes de séquençage modernes combinant Illumina et PacBio, associées à de puissants outils bioinformatiques, nous ont permis de réaliser l'assemblage du premier génome complet de *S. littoralis* et d'établir par annotation manuelle experte le répertoire complet d'OR de cette espèce (~80 OR). Nous y avons également identifié les récepteurs gustatifs, tout aussi importants que les OR pour la prise de décision alimentaire par les insectes, **mettant en évidence des expansions très importantes (plus de 300 gènes !) qui seraient liées au régime polyphage des herbivores.**

Une analyse phylogénétique des OR combinée à des approches de RNAseq (séquençage de transcriptomes) sur différents tissus, stades développementaux (chenilles/papillons) et sexes (mâles/femelles) a permis la **sélection d'OR prometteurs en terme d'applications en protection des cultures car potentiellement importants dans des comportements clés** (récepteurs aux phéromones sexuelles, récepteurs aux odeurs de plantes). La **caractérisation fonctionnelle de ces OR cibles** (ie l'identification des odorants qu'ils reconnaissent) a été menée par des approches de génomique fonctionnelle que nous avons mises au point sur cet insecte: expression hétérologue chez un insecte hôte (la drosophile) ou in vitro (en cellules), et édition du génome par CRISPR/Cas9 pour inactiver un OR in vivo. Ainsi, **nous avons**

mené la première étude fonctionnelle d'envergure d'OR chez un insecte ravageur des cultures.

Par cette approche systématique, et guidés par les analyses RNAseq et phylogénétiques, nous avons **identifié les récepteurs à la phéromone sexuelle de cette espèce**, cibles particulièrement pertinentes de « phérocides ». D'un point de vue évolutif, nous avons démontré que **les récepteurs aux phéromones sexuelles des papillons de nuit sont apparus au moins deux fois au cours de l'évolution**, révolutionnant l'idée couramment admise que les récepteurs phéromonaux ont une origine évolutive unique.

Notre crible fonctionnel a également permis d'**identifier des récepteurs impliqués dans le comportement d'attraction olfactive des chenilles vers les plantes**, sur lesquels nous avons construits et appliqué des modèles de prédictions computationnelle d'agonistes et/ou d'antagonistes (modèles quantitatifs de relation structure à activité, ou QSAR). Nos cribles in silico de banques virtuelles de molécules ont proposé de nouveaux ligands, dont l'action sur les OR et le comportement des insectes a ensuite été vérifiée expérimentalement. C'est la première fois qu'une telle combinaison de chimie-informatique et d'expérimentation est menée sur un Lépidoptère, et les taux de succès (30 à 90%) se sont révélés très prometteurs, **démontrant concrètement l'efficacité de cette approche in silico pour identifier de nouveaux sémiocimiques actifs sur les insectes.** ➤



Du côté du transfert

Les expériences de ce projet ont été menées sur un nombre limité de récepteurs olfactifs, et en condition de laboratoire. Des tests à plus grande échelle sont nécessaires avant de concevoir l'applicabilité des nouveaux médiateurs chimiques identifiés.

Les modèles *in silico* ont un fort potentiel générique : ils pourraient être théoriquement appliqués à tout type de récepteurs olfactifs et d'espèces diverses. Il est cependant à noter que pour les OR à spectre étroit, les prédictions ne sont pas efficaces car les modèles ne sont pas alimentés avec suffisamment de données. Une approche basée sur la structure de l'OR prendrait dans ce cas tout son sens.

Enfin, on peut tout aussi bien imaginer exploiter les récepteurs gustatifs pour compléter la panoplie de bio-olfacticides par des « bio-gustatocides ».

Du côté de la recherche

Le projet DEMETER a permis d'ouvrir de nouvelles voies de recherches qui font l'objet de nouveaux projets en cours, dont les principaux sont :

- ◆ les projets CryOR (ANR-20-CE20-0003) et RevorIA (MITI CNRS), qui visent au développement d'une approche guidée par la structure même des OR de *Spodoptera* pour le design de nouveaux bio-olfactocides
- ◆ le projet investissement d'avenir PherosensOR (PPR-CPA, ANR-20-PCPA-0007), qui vise à la détection précoce des insectes ravageurs à l'aide de capteurs olfactifs utilisant les récepteurs phéromonaux identifiés dans DEMETER
- ◆ le projet AncestOR (ANR-22-CE13-0013), qui vise à reconstruire l'histoire évolutive des OR de *Spodoptera* caractérisés dans DEMETER

Livrables, valorisation et transfert

CONFÉRENCES SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES, AVEC ET SANS ACTES

Ce projet a mené à plus de 40 communications scientifiques dans des congrès internationaux (France, Italie, Hongrie, Autriche, Suède, Iran, Kenya, Chine, Inde, Australie, USA), dont une

trentaine en tant qu'invité (keynote, plenary, etc).

PRÉSENTATIONS À DES INSTANCES PROFESSIONNELLES OU DE DÉCISION

◆ Jacquin-Joly E. (2017) *Les récepteurs olfactifs des insectes : cibles potentielles pour des stratégies innovantes de biocontrôle*, -- Association française de protection des plantes (AFPP), Montpellier, 24 octobre.

◆ Jacquin-Joly E *L'édition du génome peut-elle aider à combattre les insectes nuisibles? du knock-out au gene drive*. -- Colloque de l'Académie ►



d'Agriculture : Les nouvelles biotechnologies pour l'agriculture et l'alimentation. Les innovations d'aujourd'hui, des réalités de demain. Paris, 22 nov.

◇ Jacquin-Joly E. (2018) *L'écologie chimique, une voie de biocontrôle*. Séance de l'académie d'agriculture, séminaire invité, Paris, 12 dec.

◇ Jacquin-Joly E. (2019) *L'odorat des insectes, vers de nouvelles solutions de biocontrôle*. -- Les entretiens écologiques, Entre pollutions et protection des cultures : ce que les maires veulent savoir (AMF), Paris, 9 avril.

◇ Jacquin-Joly E. (2017) *Innovative approaches for pest control based on olfactory receptor disruptors*. Journée du consortium Biocontrôle, Maison du végétal, Angers, 23 nov.

◇ Jacquin-Joly E. (2020) *Interactions plantes-insectes, mieux les comprendre pour adapter les stratégies de lutte*, chambre d'agriculture 82, Montauban, 10 décembre.

◇ Jacquin-Joly E. (2020) *Médiateurs chimiques en biocontrôle et perspectives offertes par la connaissance des mécanismes olfactifs*. Réseau INRAE EMBA (Ecological Management of Bioaggressors in Agroecosystems) 13 nov.

PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

◇ Li Z., Capoduro R., Zhang S., Sun D., Lucas P., Dabir-Moghaddam D., François M.C., Liu Y., Wang G., Jacquin-Joly E., Montagné N., Meslin M. (2023) *A tale of two copies: evolutionary trajectories of moth pheromone receptors*. **Proc Natl Acad Sci USA** 120 (20), e2221166120.

Publication ayant fait l'objet d'un [communiqué de presse INRAE](#) et d'un highlight dans « **Inno-
ver avec INRAE** » - N° 27, Juin 2023

◇ Koutroumpa F., Monsempès C., Anton S., François, M.-C., Montagné N., Jacquin-Joly E. (2022) *Pheromone Receptor Knock-Out Affects Pheromone Detection and Brain Structure in a Moth*. *Biomolecules*, 12, 341.

◇ Meslin C., Mainet P., Montagné N., Robin S., Legeai F., Bretaudeau A., Johnston J.S., Koutroumpa F., Persyn E., Monsempès C., François

M.C., Jacquin-Joly E. (2022) *Spodoptera littoralis genome mining brings insights on the dynamic of expansion of gustatory receptors in polyphagous noctuidae*, **G3 Genes|Genomes|Genetics**, jkac131

◇ Caballero-Vidal G, Bouysset C, Gévar J, Mbouzi H, Nara C, Delaroche J, Golebiowski J, Montagné N, Fiorucci S, Jacquin-Joly E. (2021) *Reverse chemical ecology in a moth: machine learning on odorant receptors identifies new behaviorally active agonists*. **Cell. Mol. Life Sci.** 78: 6593–6603

◇ Koutroumpa F., Monsempes C., François M.C., Severac D., Montagné N, Meslin C. and Jacquin-Joly E. (2021) *Description of chemosensory genes in unexplored tissues of the moth Spodoptera littoralis*. **Front. Ecol. Evol.** 9: 678277.

◇ Caballero-Vidal G., Bouysset C., Grunig H., Fiorucci S., Montagné N., Golebiowski J., and Jacquin-Joly E. (2020) *Machine learning decodes chemical features to identify novel agonists of a moth odorant receptor*. **Sci. Reports** 10:1655.

◇ Bastin-Héline L., de Fouchier A., Cao S., Koutroumpa F., Caballero-Vidal G., Robakiewicz S., Monsempes C., François M.C., Ribeyre T., de Cian A., Walker W.B., Wang G., Jacquin-Joly E. & Montagné N. (2019) *A novel lineage of candidate pheromone receptors for sex communication in moths*. **eLife** 8:e49826

Publication ayant fait l'objet d'un [communiqué de presse INRAE](#)

◇ Licon CC, Bosc G, Sabri M, Mantel M, Fournel A, Bushdid C, Golebiowski J, Robardet C, Plantevit M, Kaytoue M, Bensafi M (2019) *Chemical features mining provides new descriptive structure-odor relationships*. **Plos Comput. Biol.** 15(4):e1006945

◇ de Fouchier A., Sun X., Caballero-Vidal G., Travaillard S., Jacquin-Joly E. & Montagné N. (2018) *Behavioral effect of plant volatiles binding to Spodoptera littoralis larval odorant receptors*. **Front. Behav. Neurosci.** 12: 264

◇ Bushdid C., de March C.A., Matsunami H., Golebiowski J. (2018) *Numerical Models and In* ➤



Vitro Assays to Study Odorant Receptors. Methods in Molec. Biol. 1820:77-93

◇ Bushdid C., de March C.A., Fiorucci S., Matsunami H., Golebiowski J. (2018) *Agonists of G protein-coupled odorant receptors are predicted from chemical features. The J. Phys. Chem. Letters* 9, 2235-2240

◇ de Fouchier A., Walker W.B., Montagné N., Steiner C., Binyameen M., Schlyter F., Cheretemps T., Maria A., François M.C., Monsempe C., Anderson P., Hansson B.S., Larsson M. C., Jacquín-Joly E. (2017) *Functional evolution of Lepidoptera olfactory receptors revealed by deorphanization of a moth repertoire. Nature Communications* 8: 15709

Publication ayant fait l'objet d'un communiqué de presse INRAE

ARTICLES DE VALORISATION / VULGARISATION

◇ Jacquín-Joly E. (2019) *L'odorat des insectes, vers de nouvelles solutions de biocontrôle des espèces invasives. Valeurs Vertes*, 158, 17-18.

◇ Jacquín-Joly E. and Lucas P. « *Les regards d'Emmanuelle Jacquín-Joly et de Philippe Lucas, Le machine learning et la modélisation 3D accélèrent la découverte de signaux chimiques pour le biocontrôle* ». Dans *Actes du colloque Ecophyto Recherche & Innovation 2021* Page 22.

◇ Jacquín-Joly, E., & Groot, A. T. (2018). *Pheromones, Insects*. In M. K. Skinner (Ed.). In: *Encyclopedia of Reproduction*. vol. 6, pp. 465–471. Academic Press: Elsevier.

◇ Malausa T., Jacquín-Joly E., Frérot B., Marion-Poll F., Thiery D., et al. (2018) *Les conquêtes de l'INRA pour le biocontrôle. France. INRA Sciences & Impact*, 32 p.

◇ Lucas P., Montagné N., Jacquín-Joly E. (2020) *Anatomie et fonctionnement du système chimiosensoriel des insectes*. Chapitre 16. In : **Biocontrôle. Éléments pour une protection agroécologique des cultures**. Fauvergue, X., Rusch, A., Barret, M., Bardin, M., Jacquín-Joly, E., Malausa, T., Lannou, C. (eds.). Savoir Faire

(Quae). Versailles, pp. 209-220.

◇ Anton S. Jacquín-Joly E. (2020). *Médiateurs chimiques et lutte contre les insectes*. Chapitre 17. In : **Biocontrôle. Éléments pour une protection agroécologique des cultures**. Fauvergue, X., Rusch, A., Barret, M., Bardin, M., Jacquín-Joly, E., Malausa, T., Lannou, C. (eds.). Savoir Faire (Quae). Versailles, pp. 221-228.

◇ Calatayud, P-A., Sauvion, N., Thiery D., Rebaudo F., Jacquín-Joly E. (2020) *"Plant-Insect Interactions."* In : **Oxford Bibliographies in Ecology**. Ed. David Gibson. New York: Oxford University Press.

◇ Montagné N., Wanner K., Jacquín-Joly E. (2020) *Olfactory genomics within the Lepidoptera*. Chapter 15, in: **Insect Pheromone, Biochemistry and Molecular Biology**. Eds: Blomquist G., Vogt R. Second Edition, Elseviers. ISBN: 9780128196298

◇ Anton S. Jacquín-Joly E. (2022). *Semiochemicals and Insect Control*. In: **Extended Biocontrol**. Fauvergue, X., Rusch, A., Barret, M., Bardin, M., Jacquín-Joly, E., Malausa, T., Lannou, C. (eds.). Springer-Quae edition pp 197–204. ISBN: 978-94-024-2150-7

◇ Lucas P., Montagné N., Jacquín-Joly E. (2022) *Anatomy and functioning of the insect chemosensory system*. In : **Extended Biocontrol**. Fauvergue, X., Rusch, A., Barret, M., Bardin, M., Jacquín-Joly, E., Malausa, T., Lannou, C. (eds.). Springer Dordrecht, 327 p. ISBN: 978-94-024-2150-7

AUTRES VALORISATIONS

Média

◇ RFI, 2019 « *Agriculture: le biocontrôle ou lutter contre les insectes sans pesticides* » [écouter](#)

◇ **Huffington post**, 2019 : « *les odeurs pour remplacer les pesticides* » [Lire](#)

◇ **Techniques de l'ingénieur**, 2019 [Lire](#)

◇ **Science et avenir**, 2019 et 2022 - n° mai 2019, P64 « *Vers un monde sans insectes* », article de Loïc Chauveau. -n° 903, mai 2022 « *Odorat des insectes : le comprendre permettra de sauver* » ➤



les cultures » article de Loïc Chauveau [Lire](#)

Salons >

◇ Utopiales 2019, « *Mignone allons voir si la rose...* », Nantes, France

◇ Salon International de l'Agriculture, 2019, 2020, stand « *insectes et odeurs* », Paris, France

◇ Salon international des techniques de productions végétales (SIVAL) 2024 « *Médiateurs chimiques et biocontrôle* ». Angers, France

Mediations pédagogiques

◇ intervention dans les écoles, 2019, écoles élémentaires, Trappes

◇ interventions en Universités nationales/internationales

◇ Jacquin-Joly E. (2018) *L'olfaction chez les insectes : des mécanismes moléculaires aux applications en agronomie et santé humaine*. 4 avril, Sorbonne Université, Paris

◇ Jacquin-Joly E. (2023) *Insects, odors, and pest control*. Upsalla University, Suède, 6 octobre.

Retransmission youtube

◇ [voir la vidéo](#)

Déclarations d'invention et Brevet

◇ DI-RV-14-0025: FUNCTIONAL EUGENOL AND

RECEPTOR COUPLE USED AS A TOOL FOR THE SCREENING OF OTHER INSECT RECEPTORS, THE RESEARCH AND DEVELOPMENT OF INSECT OLFACTORY ACTIVE MOLECULES IN SPODOPTERA SP. Jacquin-Joly E., De Fouchier A., Montagné N.

◇ DI-RV-15-0010: FUNCTIONAL MAIN PHEROMONE COMPONENT AND RECEPTOR COUPLE USED AS A TOOL FOR THE SCREENING OF OTHER INSECT RECEPTORS, THE RESEARCH AND DEVELOPMENT OF INSECT OLFACTORY ACTIVE MOLECULES IN SPODOPTERA SP. Jacquin-Joly E., De Fouchier A., Montagné N.

◇ Brevet : Jacquin-Joly E., de Fouchier A., Montagné N. (2018) "*Pheromonal receptor of Spodoptera littoralis and identification of natural ligand of said receptor and uses thereof*" INRA. n°16305329.1. Abandonné par l'INRAE en 2021 faute de partenariat industriel. |

STREPTO- CONTROL

Identification, mode d'action et synthèse des composés inducteurs des réponses immunitaires et antifongiques d'une souche bactérienne utilisée pour la protection des plantes

> Projet de recherche

RESPONSABLE SCIENTIFIQUE

Bernard Dumas

Université de Toulouse
bernard.dumas@univ-tlse3.fr

FINANCEMENTS

Coût total du projet : 1 655 518€

Montant de la subvention OFB : 156 154€

[Appel ANR maturation \(2017\)](#)

PARTENAIRES

- ◇ Université Paul Sabatier Toulouse 3 (LRSV UMR 5546),
- ◇ I2BC UMR 9198 (CEA, CNRS, Université Paris Sud),
- ◇ DE SANGOSSE, Bonnel

En bref

La protection des plantes contre les maladies s'est accompagnée au XXème siècle de l'utilisation massive de produits issus de la chimie de synthèse posant des problèmes environnementaux ou de sécurité pour les consommateurs. Afin de remplacer ces produits, de nouvelles stratégies sont développées dont l'utilisation de composés d'origine naturelle (produits de biocontrôle). Une source majeure de matières actives est constituée des microorganismes qui se développent au contact des plantes et qui participent à leur protection contre les organismes pathogènes. Le projet STREPTOCONTROL a pour but de comprendre l'activité biologique et d'optimiser l'utilisation d'une bactérie du sol, appelée Streptomyces AgN23, afin de développer une nouvelle génération de produits de protection des plantes.

Plantes

Streptomyces

Bio-fongicides

Immunité

Biocontrôle



Les streptomycètes sont des bactéries du sol retrouvées dans de nombreux habitats naturels et en particulier au niveau de la rhizosphère, une zone à proximité immédiate des racines des plantes. Ces microorganismes sont caractérisés par leur capacité à produire une large diversité de métabolites spécialisés présentant des activités antimicrobiennes et stimulatrices des défenses végétales. Dans ce contexte, l'identification et la caractérisation de souches de streptomycètes bénéfiques pour les plantes pourraient avoir un impact majeur pour le développement de nouvelles solutions phytosanitaires respectueuses de l'environnement.

Malgré leurs propriétés bénéfiques, seulement quelques souches de streptomycètes sont utilisées dans l'agriculture au niveau mondial, suggérant qu'une meilleure connaissance de ces organismes et de leur comportement dans les milieux naturels permettrait de développer leur utilisation. Le projet STREPTOCONTROL a pour but de **comprendre l'activité biologique d'une nouvelle souche de Streptomyces sélectionnée, AgN23, capable d'induire le système immunitaire des plantes et de produire des activités inhibitrices de la croissance de champignons phytopathogènes.** La pulvérisation de spores ou de mycélium d'AgN23 à la surface de feuilles protège les plantes d'infections microbiennes. Cependant, le mode d'action et le comportement dans

le milieu naturel de cette souche ne sont pas connus.

♦ Le premier objectif du projet STREPTOCONTROL était d'identifier les métabolites spécialisés actifs de la souche en utilisant une combinaison d'approches génomiques, génétiques et biochimiques.

♦ Le deuxième objectif visait à identifier les gènes clés dans la production des métabolites d'intérêt par des études moléculaires et génétiques.

♦ Le troisième objectif visait à comprendre le comportement d'AgN23 dans des conditions environnementales contrôlées en présence de divers types d'espèces végétales et microbiennes. ➤

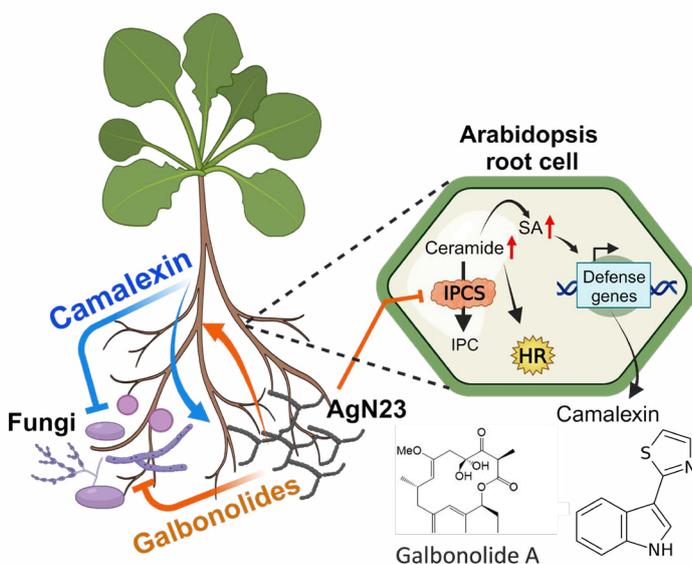


Figure 1 : Modèle de l'activité des galbanolides produits par les streptomycètes. Les galbanolides sont des molécules complexes produites par plusieurs espèces de streptomycètes du sol, au contact des racines végétales. Ces molécules bloquent la synthèse de composés de champignons et de plantes ce qui provoque une toxicité pour les champignons et une induction de défenses naturelles chez les plantes. Parmi ces défenses, il y a production de molécules antimicrobiennes comme la camalexine chez la plante modèle *Arabidopsis thaliana*. L'action concertée des galbanolides et de la camalexine permet le développement d'AgN23 dans la rhizosphère et la protection de la plante contre les organismes pathogènes.



Identification des métabolites produits par AgN23

Le premier résultat de notre projet a été d'obtenir une séquence génomique de haute qualité d'AgN23 ce qui nous a permis de **prédire les clusters de gènes impliqués dans la synthèse de métabolites spécialisés et les éléments régulateurs de ces gènes**. Nous avons aussi pu déterminer la position taxonomique d'AgN23 au sein du clade *S. violaceus-niger*. Ce clade renferme de nombreuses espèces de *Streptomyces* largement répandues dans des écosystèmes du sol, notamment la rhizosphère. Une approche biochimique (métabolomique) a été suivie afin d'identifier les métabolites issus de cultures in vitro d'AgN23. Cette approche a confirmé la plupart des prédictions de l'approche génomique. AgN23 produit plus d'une quarantaine de métabolites complexes, certains étant connus pour des activités antimicrobiennes. Nous avons également identifié plusieurs molécules identiques à des phytohormones comme l'auxine, une hormone végétale impliquée dans des processus de développement des plantes. La production de ces hormones par AgN23 pourrait indiquer un effet bénéfique de la bactérie sur le développement racinaire (Gayrard et al., 2023).

Caractérisation des métabolites responsables de l'activité biologique

A partir de ces résultats, nous avons choisi de focaliser nos travaux sur une classe particulière de molécules, les galbonolides. Ces métabolites ont une activité antifongique en ciblant un métabolisme particulier chez les champignons (les sphingolipides) entraînant une mort cellulaire. Ce même métabolisme est également présent chez les plantes, jouant cette fois un rôle important dans les défenses immunitaires. Des mutants d'AgN23 incapables de produire des galbonolides ont été obtenus. De façon remarquable, **ces mutants étaient significativement affectés dans leurs activités anti-**

fongique et stimulatrice des défenses de la plante. Nous avons également pu montrer que **ces mutants étaient moins efficaces pour la colonisation de la rhizosphère**. Des analyses complémentaires nous ont permis de dresser un modèle expliquant l'activité biologique d'AgN23 (*Figure 1*) centré sur le rôle des galbonolides qui en activant les défenses de la racine entraînent la production de métabolites végétaux antimicrobiens qui favorisent en retour le développement d'AgN23, probablement par un effet de compétition (Nicolle et al., 2024).

Comportement d'AgN23 dans des conditions environnementales contrôlées en présence de divers types d'espèces végétales et microbiennes.

Un questionnement important concernant l'utilisation des souches microbiennes de biocontrôle est leur capacité à se développer et se maintenir dans la rhizosphère et leur impact potentiel sur le microbiome de la plante. Pour étudier cette question nous avons construits des souches d'AgN23 exprimant un marqueur fluorescent permettant de suivre facilement la souche. Nous avons ainsi pu **observer un développement préférentiel d'AgN23 dans la rhizosphère des plantes comparé au sol sans plantes**. Afin d'étudier l'impact d'AgN23 sur la rhizosphère, le microbiome racinaire a été analysé par une approche de « barcoding » après plusieurs semaines de culture en présence d'AgN23. **Aucune modification majeure de la structuration du microbiome en présence d'AgN23 n'a été mise en évidence montrant l'absence d'impact d'AgN23**.

L'ensemble de nos travaux montrent que **l'utilisation d'approches globales (génomique, métabolomiques, métabarcoding...) associées à des expériences de génétique moléculaires permettent de décrypter le mode d'action des souches de biocontrôle** et ainsi d'améliorer et de contrôler leur utilisation. ➤



Du côté du transfert

Mieux comprendre les mécanismes à l'origine de l'activité des souches microbiennes est essentiel pour leur développement en tant que produits de protection des plantes. Répandre des souches microbiennes sélectionnées dans l'environnement nécessite tout d'abord d'identifier les mécanismes responsables de leur activité biologique (production de métabolites par exemple) qui peuvent servir d'indicateurs afin de monitorer la présence de ces souches dans l'environnement et les produits agricoles. Il est également nécessaire de vérifier l'impact de ces souches sur l'environnement microbien naturelle des plantes et les interactions avec d'autres microorganismes, bénéfiques notamment. Les données obtenues par le projet STREPTOCONTROL serviront donc au développement ultérieur de la souche AgN23, mais l'expertise et les connaissances que nous avons obtenues permettront de progresser plus rapidement sur le développement de nouvelles souches de Streptomyces.

Du côté de la recherche

Nos travaux ont montré pour la première fois le rôle de métabolites de Streptomyces sur les défenses immunitaires des plantes et en quoi cette activité était bénéfique pour le développement de ces bactéries dans la rhizosphère. De plus, favoriser la présence des streptomycètes augmente la résistance des plantes aux maladies du sol, à la fois par la stimulation des défenses mais aussi grâce aux activités antimicrobiennes produites par la bactérie. L'expertise que nous avons acquise sur ces organismes nous a amené à développer des travaux sur d'autres souches de streptomycètes.

Livrables, valorisation et transfert

CONFÉRENCES SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES, AVEC ET SANS ACTES

◆ Gayrard, D., Vergnes, S., Rey, T., Dumas, B. (2018) *Study of a Streptomyces sp. derived signals*

and their plant perception mechanisms Natural Products and Biocontrol September 25-28 Perpignan oral

◆ Gayrard D., Rey T. Dumas B (2019) *Colonisation of Arabidopsis leaves by a Streptomyces sp. results in a protection against fungal diseases relying on plant immunity* XVIII IS-MPMI Congress 14-18 July 2019 Glasgow, Scotland, UK

◆ Amiel A, Benamar A, Fournier S, Puech Pagès V, Dumas B, André O (2020) *Characterization of A. thaliana responses to plant defence elicitors using untargeted metabolomics* European RFMF ➤



Metabomeeting January 22-24 2020 Toulouse

◇ Alba N., Hortala M., Gayrard D., Rey T., Dumas B., Lautru S. *Study of the interactions between plants and a Streptomyces strain with plant defence-eliciting properties*. Journées Jean Chevaugéon Bactéries, Aussois 2020

◇ Nicolle C, Hortala M, Gayrard D, Amiel A, Belmas E, Noel A, Lautru S, Rey T, Dumas B. *Molecular basis of plant defense stimulation by the soil borne Streptomyces strain AgN23: characterization of a novel necrotic elicitor*. **Oral presentation delivered at the 13th International Conference of the French Society of Plant Biology**. Perpignan, France, September 2022.

◇ Nicolle C, Hortala M, Gayrard D, Amiel A, Belmas E, Noel A, Lautru S, Rey T, Dumas B. *Molecular basis of plant defense stimulation by the soil borne Streptomyces strain AgN23: characterization of a novel necrotic elicitor*. **Oral presentation delivered at the 13th International Conference of the French Society of Plant Biology**. Montpellier, France, August 2022.

◇ Nicolle C, Hortala M, Gayrard D, Amiel A, Belmas E, Noel A, Lautru S, Rey T, Dumas B. *Molecular basis of plant defense stimulation by the soil borne Streptomyces strain AgN23: characterization of a novel necrotic elicitor*. **Poster presentation delivered at the 9th John Innes/Rudjer Boskovic Summer School on "Microbial Specialized Metabolites: Ecology, Evolution and Applications"**, Dubrovnik, Croatia.

◇ Dumas B *Identification and characterization of new microbial strains for plant protection and nutrition: The BioPlantProducts project*. MicrobiOccitanie 4-6 Juillet 2022 **3e rencontre des laboratoires de microbiologie de la région Occitanie**.

◇ Nicolle C, Gayrard D, Amiel A, Noel A, Long M, Lautru S, Rey T, Dumas B. *Identification of a Streptomyces necrotic elicitor involved in antifungal activity, plant defense stimulation and bacteria fitness in the rhizosphere*. **Oral presentation to be delivered at 12th International Congress**

of Plant Pathology (ICPP) PlantBioRes Satellite Symposium. Lyon, France, August 2023.

◇ Nicolle C, Gayrard D, Amiel A, Noel A, Long M, Lautru S, Rey T, Dumas B. *Identification of a Streptomyces necrotic elicitor involved in antifungal activity, plant defense stimulation and bacteria fitness in the rhizosphere*. **Poster presentation to be delivered at 12th International Congress of Plant Pathology (ICPP)**. Lyon, France, August 2023.

PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

◇ Vergnes S. et al., (2020) *Phyllosphere colonization by a soil Streptomyces sp. promotes plant defense responses against fungal infection* **Mol Plant Microbe Interact** 33:223-234

◇ Gayrard D et al. (2023) *Genome sequence of a Streptomyces strain revealed expansion and acquisition of gene repertoires potentially involved in adaptation to the root rhizosphere*. **Phytofrontiers** 3:535-547

◇ Nicolle C. et al. (2024) *Root associated Streptomyces produce galbonolides to modulate plant immunity and promote rhizosphere colonisation* **bioRxiv** 2024.01.20.576418; <https://doi.org/10.1101/2024.01.20.576418> (soumis pour publication)

AUTRES VALORISATIONS

◇ Dumas B Protection des plantes à l'aide des Stimulateurs de Défense des Plantes (SDP) Conférence sur invitation Journée Biocontrôle SNHF, ENSAT Toulouse, 12 mars 2019

◇ Dumas B Rencontre Exploreur Université de Toulouse – Quai des Savoirs dans le cadre du cycle « du laboratoire à l'entreprise. Présentation du Laboratoire Commun « BioPlantProducts » 9 mars 2021 |

ARPHY

GCPE – PAYSAGE

Accompagnement par la Recherche du réseau DEPHY – Prise en compte des pressions de bioagresseurs et du paysage dans les systèmes de grande culture et polyculture élevage

> Thèse d'Emeric Courson

RESPONSABLE SCIENTIFIQUE

Benoit RICCI
INRAE
benoit.ricci@inrae.fr

Emeric Courson
INRAE
emeric.courson@inrae.fr

FINANCEMENTS

Coût total du projet : 140 000€
Montant de la subvention OFB : 100 000€
[Appel National Ecophyto \(2018\)](#)

PARTENAIRES

◇ INRAE, UMR agroécologie, Dijon

En bref Ce projet a été conduit au travers de la thèse d'Emeric Courson dont l'objectif était de rechercher si la pression régionale de bioagresseurs et le contexte paysager jouaient chacun un rôle déterminant dans la capacité des exploitations à réduire leur dépendance aux pesticides. En analysant les données du réseau DEPHY-Ferme (en grande culture et polyculture-élevage entre 2014 et 2019), nous avons montré que la présence de haies et de parcelles de petite taille dans le paysage sont des facteurs clés pour appuyer la réduction de l'usage des insecticides. Nous avons également confirmé qu'une forte pression régionale de bioagresseurs contribue directement à un niveau élevé d'usage d'insecticides.

Bioagresseurs

Paysage

Pesticides

Polyculture élevage

DEPHY-Ferme

Grande culture

BSV

EIPHYT



L'identification de systèmes de cultures qui permettent de **réduire la dépendance aux produits phytosanitaires tout en préservant les performances économiques** des exploitations est un enjeu central qui nécessite de comprendre les conditions de situations de production, de contextes paysagers et de pressions de bioagresseurs dans lesquels ces différents systèmes sont performants. On peut notamment faire l'hypothèse que les pressions locales en bioagresseurs dépendent non seulement des pressions régionales mais aussi de **l'environnement paysager plus ou moins favorable aux régulations biologiques** et à la dissémination des organismes bioagresseurs. Plusieurs études ont porté sur l'identification des déterminants paysagers des effectifs de bioagresseurs et/ou d'auxiliaires dans les parcelles agricoles, mais les tendances générales sont difficiles à dégager, la présence, l'intensité et le sens des effets étant très variables d'une étude à l'autre. Par ailleurs, les effets du paysage peuvent aussi dépendre pratiques locales, **la prise en compte conjointe d'une description suffisamment fine des pratiques locales et du contexte paysager est donc essentielle.**

L'objectif du projet ARPHY-GCPE-Paysage était de comprendre, à partir des **données du réseau DEPHY-Ferme** (filiale grande-culture et polyculture élevage), la manière dont **la pression en bioagresseurs et le contexte paysager peuvent conditionner la capacité des systèmes de culture à réduire leur usage de pesticides.** Ce projet consistait en la thèse d'Emeric Courson, conduite à INRAE au sein de l'UMR Agroécologie de Dijon, dirigée par Sandrine Petit et co-encadrée par Benoit Ricci.

Cette thèse a été traitée en trois chapitres, chacun ayant les objectifs suivants (Figure 1) :

- **Chapitre 1** : décrire, sur une étendue nationale, comment la pression régionale de diffé-

rents ravageurs (pucerons, limaces, ravageurs spécialistes du colza) est déterminée par les conditions climatiques et paysagères régionales ;

- **Chapitre 2** : analyser comment le niveau d'utilisation des insecticides dans les systèmes de grande culture et polyculture élevage du réseau DEPHY-Ferme est dépendant du type de système de culture, du paysage environnant et de la pression régionale de ravageurs ;

- **Chapitre 3** : conduire la même analyse qu'au Chapitre 2 mais en focalisant sur le colza, une culture très consommatrice en insecticides, de manière à affiner la prise en compte des pratiques agricoles autres que les traitements phytosanitaires. ➤

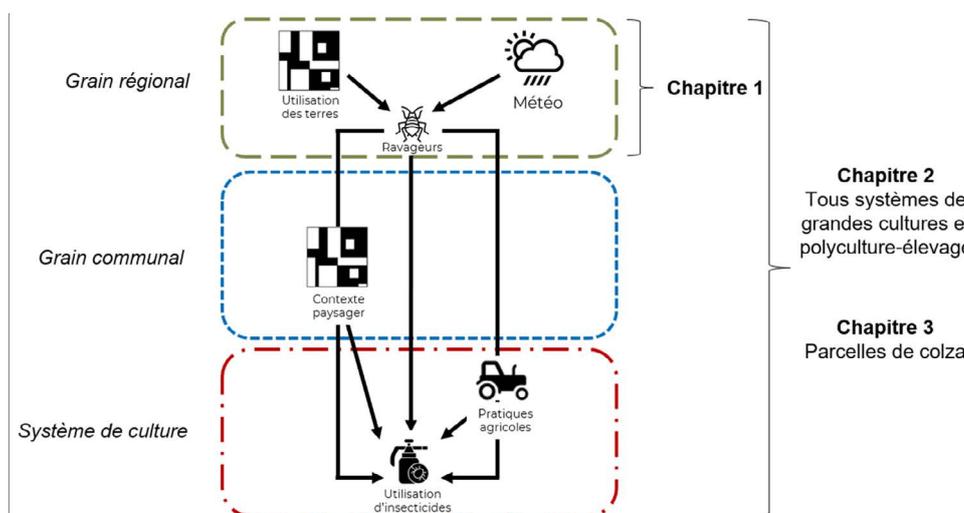


Figure 1 : Graphique conceptuel illustrant les relations étudiées et les échelles spatiales considérées dans chacune des trois parties de la thèse.



Le premier chapitre de la thèse visait à identifier les déterminants régionaux paysagers et environnementaux des pressions de bioagresseurs. Sur l'étendue du territoire français métropolitain, la **pression de plusieurs ravageurs (pucerons des céréales, ravageurs du colza et limaces) a été caractérisée dans 181 petites régions agricoles (PRAs), pour l'année 2018, en calculant pour chaque PRA la proportion d'occurrence de ces ravageurs à partir des données d'observations du réseau national d'épidémiologie EPIPHYT. Nous avons mis en évidence de fortes disparités inter-régionales et inter-ravageurs dans les proportions d'occurrence (Figure 2),** disparités qui s'expliquaient par des différences météorologiques entre régions mais aussi par les grandes caractéristiques agricoles et paysagères de chaque petite région agricole.

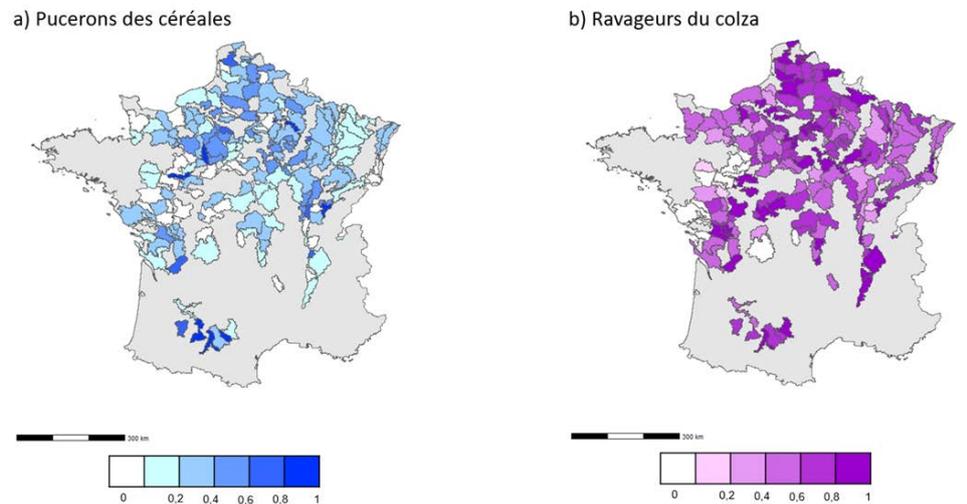


Figure 2. Carte des proportions d'occurrence 2018 pour a) les pucerons des céréales et b) les ravageurs du colza.

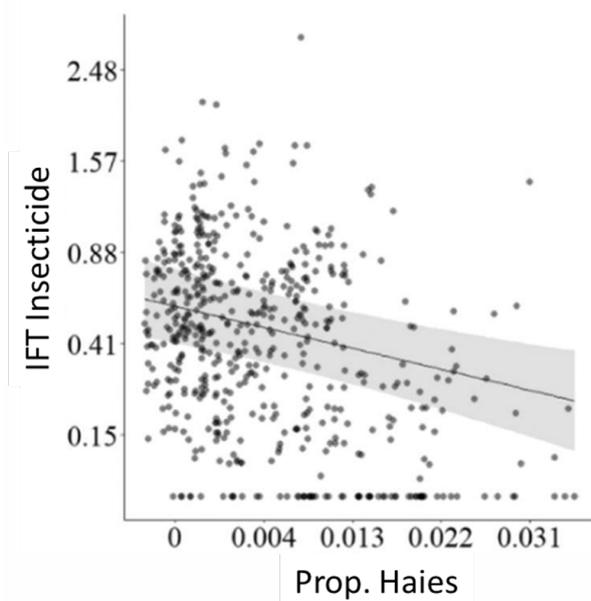


Figure 3. Effet de la proportion de haies dans le paysage sur le niveau d'usage d'insecticides.

Le second chapitre portait sur l'analyse des effets du contexte paysager et de la pression régionale de ravageurs sur l'utilisation d'insecticides. Au sein du réseau DEPHY-Ferme, 557 fermes ont été sélectionnés comme comparable en termes de type de systèmes de culture (blé d'hiver au moins une année sur trois, recours au labour, intensité moyenne de fertilisation), et leur niveau d'utilisation d'insecticides a été mis en regard des pressions régionales de ravageurs (données EPIPHYT) et du paysage environnant les fermes. Il est apparu que **le niveau d'usage d'insecticides était plus faible dans les paysages avec une forte proportion de haies (Figure 3).** Ce résultat était robuste car se maintenait lorsqu'on réduisait le jeu de données aux seules parcelles en blé ou aux seules parcelles en colza. **De manière plus limitée, le niveau d'usage d'insecticides était plus élevé en situations de forte pression régionale de bioagresseurs. ➤**



Le troisième chapitre se focalisait sur le colza, une culture très consommatrice en insecticides, de manière à affiner la prise en compte des pratiques agricoles autres que les traitements phytosanitaires. Dans cette analyse considérant 162 systèmes de cultures incluant du colza entre 2015 et 2020, **le niveau d'usage d'insecticides du colza était plus faible dans les systèmes de culture situés dans des paysages avec des parcelles de petite taille, beaucoup de haies mais peu de prairies.** Les systèmes de cultures sans labour avant le semis de céréales d'hiver suivant le colza, et/ou semant le colza tôt dans l'année utilisaient aussi moins d'insecticides dans le colza.

En bilan, cette thèse a permis de **confirmer l'existence de liens entre pression de bioagresseurs à large échelle, caractéristiques du paysage environnant les systèmes de culture et niveau d'usage d'insecticides dans ces systèmes de culture :**

◇ comme on s'y attend, **une forte pression régionale de bioagresseurs contribuait directement à un niveau élevé d'usage d'insecticides**, tous systèmes de culture confondus ; mais cette relation n'était pas retrouvée en considérant uniquement le colza ;

◇ **la présence de haies et de parcelles de petite taille dans le paysage** sont apparus

comme des facteurs clés pour appuyer la réduction de l'usage des insecticides ;

◇ en revanche, **les résultats concernant les prairies et les forêts étant plus contrastés** alors que ces éléments du paysage sont par ailleurs bien identifiés dans la littérature pour soutenir la biodiversité des milieux agricoles. Comme pour toute étude statistique, ces résultats ne reposent que sur les données utilisées. Les analyses n'ont pas été conduites dans l'objectif de produire des modèles prédictifs mais l'intérêt de ce travail est d'avoir mobilisé de grands jeux de données permettant d'explorer une grande diversité de situations, gage de robustesse des relations identifiées.

Livrables, valorisation et transfert

PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

- ◇ Courson, E., Petit, S., Poggi, S., Ricci, B., 2022. *Weather and landscape drivers of the regional level of pest occurrence in arable agriculture: A multi-pest analysis at the French national scale.* *Agriculture, Ecosystems and Environment.* [Lire](#)
- ◇ Courson E., Ricci B., Muneret L., Petit S. 2024. *Reducing pest pressure and insecticide use by* >





Du côté du transfert

PERSPECTIVES FUTURES

En termes de résultats, la thèse d'Emeric Courson a permis de confirmer l'existence de liens entre pression de bioagresseurs à large échelle, caractéristiques du paysage environnant les systèmes de culture et niveau d'usage d'insecticides dans ces systèmes de culture. Une des hypothèses sous-jacentes à ces résultats est la contribution des haies à la régulation biologique des bioagresseurs. Néanmoins, pour identifier des relations fortes entre habitats semi-naturels et régulations biologiques effectives dans les cultures, permettant de fournir des recommandations efficaces, il est nécessaire de prendre en compte plus finement la composition spécifique de ces habitats.

Du côté de la recherche

Ces questions rejoignent plus largement les questionnements actuels de la recherche sur la compréhension du rôle des infrastructures agroécologiques (haies, bandes fleuries, bandes enherbées) dans les régulations biologiques de bioagresseurs et sur le développement d'outils pour conseiller les agriculteurs pour l'implantation de ces infrastructures. Ces travaux requièrent des données plus fines que celles mobilisées dans cette thèse, à la fois sur les bioagresseurs et les ennemis naturels, et sur les assemblages d'espèces. Nécessairement, il sera plus difficile d'acquérir ces données sur des réseaux aussi larges que ceux utilisés ici et il s'agit donc d'approches complémentaires.

◆ *increasing hedgerows in the landscape.* Science of The Total Environment. [Lire](#)

AUTRES VALORISATIONS

◆ Courson, E. *Analyse multi-échelle des effets du contexte paysager et des pratiques agricoles sur la pression en ravageurs et sur l'utilisation d'insecticides en filière grande culture et polyculture élevage.* Thèse de doctorat soutenue le 28 mars 2023 à Dijon. [Lire le document intégral de la thèse.](#)

CONFÉRENCES SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES, AVEC ET SANS ACTES

◆ Benoit Ricci, Emeric Courson, Sandrine Petit (2022-11-14). *Influence du paysage et des abondances de bioagresseurs sur l'utilisation de*

produits phytosanitaires en grandes cultures. Presented at : Séminaire EMBA – Contrôle biologique par conservation, Avignon (FR), France (2022-11-14 - 2022-11-15), <https://hal.inrae.fr/hal-04008744>

◆ Emeric Courson, Benoit Ricci, Sandrine Petit (2021-10-11). *Contribution of landscape drivers to explain crop pest infestation levels at national scale.* Presented at : REP21 : Colloque Rencontres d'Ecologie des Paysages 2021, Rennes, France (2021-10-11 - 2021-10-13), <https://hal.inrae.fr/hal-03543752> |





Merci

Ce document a été réalisé par l'animation Ecophyto R&I,
Caroline Bottou & Sonia Lequin,
grâce à la mobilisation de tous les membres d'équipes projets !

Pour suivre les actualités EcophytoII+ R&I
rendez-vous sur

 **YouTube**
[Animation Ecophyto RI](#)


EcophytoPIC


animation-ecophyto@inrae.fr