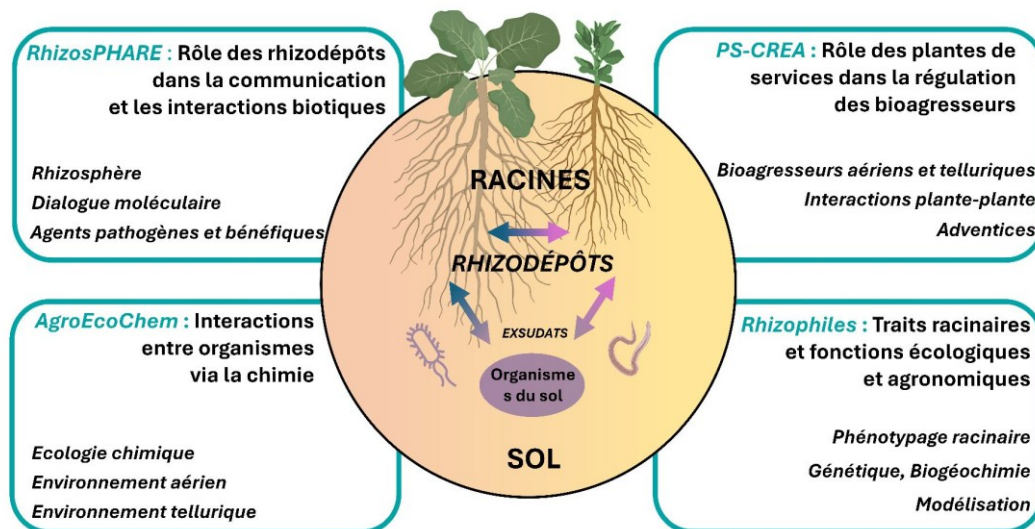


RENCONTRES INTER-RÉSEAUX

RhizosPHARE, Rhizophiles

PS-CREA, AgroEcoChem

Rhizodépôts et interactions entre plantes, bioagresseurs et organismes bénéfiques



Montpellier

21 au 23 septembre 2026

PROGRAMME

Lundi 21 septembre CIRAD, Campus de Lavalette. Amphithéâtre Alliot

Avenue Agropolis, 34398 Montpellier Cedex 5
Accès Tram 5, arrêt « Agropolis ».

13h30-14h00	Accueil café
14h00-15h05	Présentation des rencontres et des réseaux
14h00-14h05	Présentation des journées inter-réseaux
14h05-15h-05	Présentation des réseaux RhizosPHARE, PS-CREA, Rhizophiles et AgroEcoChem
15h05-15h40	Conférencier invité : Caroline Caporalino (ISA, Sophia Antipolis) Les tagètes au service de la régulation des nématodes : comment les interactions racinaires modifient-elles les exsudats en co-culture tomate-tagète ?
15h40-16h25	Session 1 <i>Chair : A.M. Cortesero</i>
15h40-15h55	Angèlique André (ASTRO, Guadeloupe) Symbioses mycorhiziennes et interactions plantes de services-plantes cultivées
15h55-16h10	Andrea Castaldi (CiTCoM, Paris) Multiblock PLS profiling of flax roots in a soil-fauna rhizosphere context under climate-change scenarios
16h10-16h25	Daciana Papura (SAVE, Gradignan) Le rôle de champignons entomopathogènes dans la protection des vignes non-greffées contre des ravageurs telluriques
16h25-17h00	Pause-café autour des posters. Venez rencontrer : C. Armengaud, L. Barry, M. Barthod, M. Beloglazov, E. Courchinoux, S. Cueff, L. Delval, G. Desbrosses.
17h00-18h00	Session 2 <i>Chair : J.B. Peltier</i>
17h00-17h15	Celia Heroguez (PSH, Avignon) Étude des exsudats racinaires d'une plante de services, dans le cadre d'une stratégie combinant plusieurs leviers agroécologiques de lutte contre les nématodes à galles
17h15-17h30	Josselin Bodilis (GlycoMEV, Rouen) Les pompes à efflux RND : des acteurs clés de l'adaptation bactérienne à la rhizosphère ?

17h30-17h45	Marceau Levasseur (IAM, Champenoux) Development of a correlative imaging method to map molecular and biological actors in the rhizosphere of model trees
17h45-18h00	Philippe Nacry (IPSiM, Montpellier) Apoplastic pH regulation appears to underlie Azospirillum-mediated maintenance of primary root growth under water deficit
19h00-	Apéritif et diner <i>Rendez-vous directement au domaine du domaine de Rieucoulon pour une visite suivie d'une dégustation de vin du domaine et le repas (Localisation, accès Tram5 arrêt « Ovalie »)</i>

Mardi 22 septembre
CIRAD, Campus de Lavalette.
Amphithéâtre Alliot

Avenue Agropolis, 34398 Montpellier Cedex 5
Accès Tram 5, arrêt « Agropolis ».

08h50-09h00	Accueil café
09h00-09h35	Conférencier invité, Alain Bouchereau (IGEPP, Rennes) Root Exudation, Exometabolome, and Chemical Ecology: Selected illustrations of agroecological relevance
09h35-11h05	Session 3 <i>Chair : H. Gautier</i>
09h35-09h50	Baptiste Barbault (GlycoMEV, Rouen) Effet opposé des exsudats racinaires sur la formation de biofilm chez <i>Pseudomonas fluorescens</i> et <i>Bacillus subtilis</i>
09h50-10h05	Agnès Attard (ISA, Sophia Antipolis) Decoding the first dialogue between plants and oomycetes: Spatiotemporal dynamics of early infection
10h05-10h20	Jean-Bernard Cliquet (EVA, Caen) Rhizodéposition du carbone et de l'azote atmosphérique par quatre différentes légumineuses en relation les activités enzymatiques du sol
10h20-10h35	Gabriel van den Broek (IJPB, Versailles) PARSADA METASERV : Mise en place de ressources et d'outils génériques pour la sélection et le déploiement des plantes de services contre les bioagresseurs
10h35-10h50	Edouard Evangelisti (ISA, Sophia Antipolis) Data-driven inference of local behavioural rules predicts emergent properties of <i>Phytophthora</i> zoospore dispersal

10h50-11h05	Sylvain Chéreau (IGEPP, Rennes) Metabolomics to support the deployment of alternative control solutions against <i>Heterodera carotae</i>
11h05-11h40	<i>Pause-café autour des posters.</i> Venez rencontrer : T. Laisné, V. Lauvergeat, S. Le Gall, D. Moreau, E. Personeni, T. Souyris
11h40-13h00	<i>Atelier de réflexion</i> Organisateurs : D. Moreau, A. Attard, G. Louarn, A.M. Cortesero, J.-Benoit Peltier, F. Rees, H. Gautier, P. Nacry.
13h00-14h00	<i>Déjeuner au restaurant du CIRAD</i>
14h20-14h40	<i>Photo de groupe</i>
14h40-15h55	<i>Session 4</i> Chair : D. Moreau
14h40-14h55	Celia Seassau (AGIR, Toulouse) Des Brassicacées aux glucosinolates : une piste prometteuse pour réguler l'orobanche du tournesol
14h55-15h10	Louis-Valentin Méteignier (PHIM, Montpellier) Interspecific transfer of a root exudate cocktail is linked to root chromatin reprogramming and systemic chemical defenses in rice
15h10-15h25	Mariane Chedid (GlycoMEV, Rouen) Le remodelage des arabinogalactanes-protéines racinaires du pois (<i>Pisum sativum</i>) face au stress osmotique et à l'infection par <i>Aphanomyces euteiches</i>
15h25-15h40	Amandine Germon (Eco&Sols, Montpellier) High-frequency in situ soil imaging reveals root dynamics and interactions with soil fauna
15h40-15h55	Philippe Hinsinger (Eco&Sols, Montpellier) Le PEPR SolsVivants - Comprendre les interactions dans les sols pour agir
15h55-16h30	<i>Pause-café autour des posters</i>
16h30-17h20	<i>Restitution des ateliers</i>
17h20-18h00	<i>Définition d'actions communes, discussion libre et conclusion</i>
19h00-	Apéritif et dîner Rendez-vous à 19h30 au restaurant le Sens Six , à Montpellier (Localisation , accès Tram3 arrêt Jules Guesde)

Mercredi 23 septembre
Rencontres RhizosPHARE/Rhizophiles
Agropolis, salle Badiane
Avenue Agropolis, 34398 Montpellier Cedex 5
Accès Tram 5, arrêt « Agropolis ».

08h50-09h00	Accueil café
09h00-09h30	Conférencier invité, G. Freschet (SETE, Moulis)
09h30-11h00	Session 1
	<i>Chair : P. Nacry</i>
09h30-09h45	Yann Boursiac (IPSiM, Montpellier) Multiscale phenotyping tools to unravel water transport in plant roots
09h45-10h00	Jean-Benoît Peltier (IPSiM, Montpellier) One flew over the exudate's nest : diversity, methods of analysis and standardization
10h00-10h15	Amelia Henry (AGAP, Montpellier) Rice root trait correlations with methane emissions are growth stage and environment dependent
10h15-10h30	Baptiste Naly (CEFE, Montpellier) Water availability and root strategies of herbaceous species: towards a better understanding of the Root Economics Spectrum
10h30-11h10	Pause-café autour des posters.
11h10-12h30	Ateliers de réflexion (2x45 min) Atelier 1 : Mesurer la dynamique spatio-temporelle de la rhizodéposition en lien avec la croissance racinaire (V. Lauvergeat, S. Chéreau, P. Nacry) Atelier 2 : Modéliser l'architecture et le fonctionnement des racines (F. Rees, P. Viaud, G. Louarn)
13h00-14h00	Déjeuner au restaurant du CIRAD
14h30-15h30	Session 2
	<i>Chair : F. Rees</i>
14h30-14h45	Benjamin Peret (IPSiM, Montpellier) Deciphering local and systemic control of root developmental plasticity in white lupin
14h45-15h00	Gabin Piton (Eco&Sols, Montpellier) MIXROOT-C : les systèmes de cultures diversifiés comme levier pour augmenter les apports de Carbone racinaire au sol
15h00-15h15	Marcel Nahim Diouf (Eco&Sols, Montpellier) Genetic and Functional Determinants of Rhizosheath Formation in Pearl Millet (<i>Pennisetum glaucum</i>) : An Adaptive Trait Enhancing Resilience to Water Deficit Stress and Shaping the Rhizosphere Microbiota

15h15-15h30	Antonio Rodriguez (URP3F, Lusignan) How multispecies grasslands with low N inputs can improve soil N cycling under temperate conditions?
15h30-16h30	<i>Restitutions des ateliers et actions futures (école chercheurs, webinaires thématiques, ...)</i>
16h30-17h30	<i>Visites du CIRAD sur réservation</i>

Mercredi 23 septembre
Rencontres PS-CREA
Agropolis, salle du conseil
Avenue Agropolis, 34398 Montpellier Cedex 5
Accès Tram 5, arrêt « Agropolis ».

09h00 - 13h00

- Debrief des rencontres inter-réseaux
- Présentations visant à alimenter la réflexion sur les orientations pour le futur de PS-CREA :
 - o Projet PARSADA METASERV (Gabriel Van den Broeck et Alexandre de Saint-Germain, IJPB)
 - o Jeu sérieux sur les plantes de services (Célia Seassau, AGIR)
 - o Projet sur les synergies entre plantes de services et animaux de services (Delphine Moreau, Agroécologie)
 - o Mise au point et évaluation d'une stratégie de protection des cultures de poireau contre Thrips tabaci à l'aide de plantes de service (Sébastien Picault, CTIFL)

13h00 - 14h30 ***Déjeuner au restaurant du CIRAD***

14h30 - 16h00

Discussion collective sur les orientations pour le futur de PS-CREA

Résumés des Présentations orales

Les tagètes au service de la régulation des nématodes : comment les interactions racinaires modifient-elles les exsudats en co-culture tomate–tagète ?

Caroline DJIAN-CAPORALINO¹, Andrea CASTALDI², Cliven NJEKETE¹, Alan KERGUNTEUIL³, Sophie MANTELIN¹, Pascal CARDINAEL⁴, Valerie PEULON-AGASSE⁴, Claire CARAVEL¹, Claude CASTELLA³, Doriane DUMONT³, Sharmistha ARIAL¹, Victoria FAIVRE¹, Marielena LAHOREAU¹, Estelle FOREY²

¹ INRAE, Université Côte d'Azur, UMR 1355 ISA, 06903 Sophia-Antipolis, France

² Univ Rouen Normandie, INRAE, Normandie Univ, ECODIV USC 1499, F-76000 Rouen, France

³ INRAE, UR 1115 PSH, 228 route de l'Aérodrome, CS 40509, 84914 Avignon Cedex 9, France

⁴ Univ Rouen Normandie, SMS EA 3233, F-76000 Rouen, France

Contact: caroline.caporalino@inrae.fr & andrea.castaldi@univ-rouen.fr

Key words: *Tagetes* spp.; *Meloidogyne* spp.; chimiotactisme; métabolomique; plantes de services.

Abstract (max 350 words):

Les exsudats racinaires constituent une interface essentielle entre les plantes et leur environnement biotique. Leur composition est influencée par de nombreux facteurs, notamment les interactions entre espèces végétales, mais les conséquences fonctionnelles de cette interaction restent peu documentées. Les tagètes (*Tagetes* spp.), utilisées comme plantes de services en co-culture avec des Solanaceae maraîchères pour limiter les nématodes à galles (*Meloidogyne* spp.), offrent un modèle pertinent pour explorer les liens entre interactions racinaires, rhizodépôts et fonctions biologiques.

Dans le cadre du projet Cap Zero Phyto, nous avons d'abord étudié les propriétés biologiques d'exsudats de tagètes collectés en hydroponie. Les exsudats prélevés avant floraison présentent un effet ovicide significatif sur les nématodes, alors qu'aucun effet larvicide n'a été observé. Ces résultats ont conduit au développement de bioessais de chimiotactisme, plus sensibles et adaptés aux faibles quantités d'exsudats obtenues.

Afin de mieux représenter les interactions racinaires en conditions proches du sol, deux dispositifs complémentaires ont ensuite été mis en oeuvre: les *EcoRoots*, permettant l'échantillonnage en sol vivant¹, et la méthode des *Milking Plants*². Les premiers essais montrent une attraction des larves par les exsudats de tomate, une répulsion par ceux de tagète, et la disparition de cette attraction lorsque les deux espèces sont cultivées ensemble, suggérant que la co-culture modifie les signaux chimiques perçus par les nématodes.

Les analyses métabolomiques confirment cette hypothèse. Les profils obtenus par GC-MS sur les exsudats collectés avec les *EcoRoots* révèlent l'apparition de nouveaux composés spécifiques de la co-culture. Les analyses LC-MS des exsudats issus des *Milking Plants* mettent en évidence un profil intermédiaire entre tomate et tagète, avec plusieurs métabolites différenciellement exprimés, notamment des terpénoïdes et un acide gras sur-exprimés en co-culture.

Ces travaux soulignent l'influence des méthodes de collecte et des interactions entre plantes sur les profils d'exsudation observés. Les perspectives visent à relier ces signatures chimiques à leurs fonctions biologiques par des bioessais miniaturisés, puis à comparer différentes méthodes de concentration des exsudats afin d'harmoniser les protocoles entre laboratoires. Ce travail contribue ainsi à mieux comprendre comment les cultures associées modifient les rhizodépôts et peuvent renforcer les régulations biologiques en agroécologie.

References:

1. Bohm, V., Forey, E., Chauvat, M., Cardinael, P., & Peulon-Agasse, V. (2025). Evaluation of trap discs for root exudate eco-friendly sampling using rhizoboxes. *J. Chromatogr. Open*, 7, 100205. doi: 10.1016/j.jcoa.2025.100205
2. Aryal, S., Djian-Caporalino, C., Forey, E., 2023. *What is the best method to sample and test the root exudates produced by the plants?* Rapport de stage de Master M1 BOOST, INRAE ISA.

Symbioses mycorhiziennes et interactions plantes de services-plantes cultivées

Authors (speaker underlined): Angélique ANDRE¹, Marie CHAVE¹

¹ INRAE Antilles-Guyane, UR ASTRO, Domaine Duclos, 97170 Petit-Bourg, Guadeloupe, France

Contact: angelique.andre@inrae.fr ou angelique.andre68@gmail.com

Key words (max 5): Champignons Mycorhiziens à Arbuscules, Biodiversité rhizosphérique, Biocontrôle, Systèmes de culture agroécologiques

Abstract (max 350 words):

Les champignons mycorhiziens à arbuscules (CMA) sont une composante clé de la biodiversité du sol. Leur association symbiotique avec les racines d'une grande partie des plantes a un rôle essentiel dans les écosystèmes et constitue un des leviers agroécologiques pertinent pour améliorer la production et la santé des cultures. Aujourd'hui, de nombreux produits industriels à base de souches standardisées de CMA sont disponibles mais leur efficacité reste limitée et la mobilisation des CMA indigènes semble tout aussi prometteuse (Frew, 2021). Au-delà de leur rôle dans la nutrition des plantes, une méta-analyse nous a permis de mettre en évidence (i) que les CMA d'origine indigène peuvent être également plus efficaces que les souches commercialisées pour le biocontrôle des bioagresseurs tels que les agents pathogènes fongiques, oomycètes et nématodes à galles, (ii) que certaines familles sont plus efficaces que d'autres, (iii) que des essais au champ sont nécessaires pour mieux comprendre et mobiliser les CMA indigènes (André et Chave, 2026). Parmi les approches envisagées pour mobiliser ces communautés, l'utilisation des plantes de services est prometteuse. Afin d'accompagner le choix des plantes de services, nous étudions les liens entre identité des plantes et diversité des CMA associés. Quatre plantes de services ont été sélectionnées pour leur potentiel mycorhizotrophe : le sorgho (*Sorghum* sp.), la crotalaire (*Crotalaria juncea*), la tagète (*Tagetes patula*) et la cive (*Allium cepa*). Des analyses de diversité des CMA par métabarcoding ont montré que ces plantes présentent des profils de sélection des CMA très différents. Le sorgho et la cive semblent plutôt généralistes, alors que la tagète et la crotalaire présentent des communautés dominées chacune par une espèce de CMA, appartenant respectivement aux genres *Paraglomus* et *Glomus*. Par ailleurs, l'espèce la plus abondante dans les racines de la crotalaire lui est spécifique et n'est pas multipliée par les autres plantes de services. La capacité de ces plantes de services, sous différentes formes, à transmettre et/ou amplifier certaines communautés de CMA associées à une culture de rente telle que le piment est également étudiée. Les résultats sont encourageants quant à l'utilisation des plantes de services pour mobiliser certaines communautés de CMA.

References:

André, Angélique, et Marie Chave. « Biocontrol Potential of Indigenous AMF Strains: A Systematic Review and Meta-Analysis ». *Biological Control* 217 (juin 2026): 106054. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2026.106054>.

Frew, Adam. « Contrasting Effects of Commercial and Native Arbuscular Mycorrhizal Fungal Inoculants on Plant Biomass Allocation, Nutrients, and Phenolics ». *PLANTS, PEOPLE, PLANET* 3, n° 5 (2021): 536-40. <https://doi.org/10.1002/ppp3.10128>.

Multiblock PLS profiling of flax roots in a soil-fauna rhizosphere context under climate-change scenarios

Andrea CASTALDI^{1,2,3,4}, Victoria BOHM⁴, Stephanie BOUTET³, Pascal CARDINAEL⁴,
Matthieu CHAUVAT², Valérie PEULON-AGASSE⁴, François PERREAU³, Mohamed N.
TRIBA⁵, Alexandre DE SAINT GERMAIN³, Estelle FOREY²

¹ Cibles Thérapeutiques et Conception de Médicaments (CiTCoM UMR CNRS 8038), Faculty of Pharmacie, Université Paris Cité, 75006 Paris, France

² Université Rouen Normandie, INRAE, Normandie Univ, ECODIV USC 1499, 76000 Rouen, France

³ Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, Institute Jean-Pierre Bourgin for Plant Sciences (IJPB), 78000 Versailles, France

⁴ Université Rouen Normandie, Normandie Univ, FR3038, SMS, UR 3233, 76000 Rouen, France

⁵ CB3S, Chimie Bioorganique, Biophysique, Biomatériaux pour la Santé, UMR 7244 CNRS, Université Paris 13, 93017 Bobigny Cedex, France

Contact: andrea.castaldi.96@outlook.it

Key words (max 5): *Linum usitatissimum*; root metabolomics; GC-HRMS; LC-HRMS; MPLS

Abstract (max 350 words):

Root systems develop in a highly complex soil environment, where physical, chemical and biological properties jointly shape water availability, nutrient acquisition and interactions with surrounding organisms [1]. Yet, plant growth and physiology emerge from complex interactions between biotic and abiotic factors in soil. It is therefore essential to adapt our experimental approaches to these natural conditions in order to better reflect ecological reality and improve our understanding and predictions. Multiplatform mass spectrometry is widely used in untargeted plant metabolomics to increase chemical coverage, but integrating heterogeneous datasets remains a central analytical challenge. GC-MS and LC-MS provide complementary access to primary and specialized metabolites in plant extracts [2,3], while multiblock approaches can preserve the structure of analytical datasets and estimate the contribution of each block to sample discrimination [4].

Here we tested whether an increase of temperature might affect flax (*Linum usitatissimum*) using a soil-based systems where roots interact with a living rhizosphere compartment and where roots are exposed to real contrasting soil moisture conditions.

In this study, flax plants were grown in 14 soil-based rhizoboxes under two climatic regimes, with seven biological replicates per condition. Control plants were exposed to current Normandy summer conditions, whereas treated plants were subjected to a regional 2050 RCP 8.5 scenario, corresponding to a +2.2 °C temperature increase and lower relative humidity. Soil fauna was introduced through field-nematode inoculation, allowing the climatic response to be interpreted within a fauna context. This regime successfully generated drier soil conditions, without significantly modifying belowground biomass, shoot/root ratio or total soil carbon.

We therefore combined GC-HRMS and LC-HRMS through a multiblock PLS workflow to investigate whether flax roots displayed detectable metabolic changes under this experimentally validated climate-change scenario. The MB-PLS model revealed a clear treatment-associated metabolic signature, and block contribution analysis indicated how the GC-HRMS and LC-HRMS datasets contributed to sample discrimination.

Overall, this work shows that flax roots undergo metabolic reprogramming under realistic climate-change conditions, even when classical belowground growth traits remain largely unchanged. This platform-resolved multiblock strategy provides a useful framework to investigate root acclimation to climate constraints in soil-based experimental systems.

References:

- [1] Rellán-Álvarez, R.; Lobet, G.; Dinnyen, J.R. Environmental control of root system biology. *Annual Review of Plant Biology* 2016, 67, 619–642. doi: 10.1146/annurev-arplant-043015-111848.
- [2] t'Kindt, R.; Morreel, K.; Deforce, D.; Boerjan, W.; Van Bocklaer, J. Joint GC-MS and LC-MS platforms for comprehensive plant metabolomics: repeatability and sample pre-treatment. *Journal of Chromatography B: Analytical Technologies in the Biomedical and Life Sciences* 2009, 877, 3572–3580. doi: 10.1016/j.jchromb.2009.08.041.
- [3] Zeki, Ö.C.; Eylem, C.C.; Reçber, T.; Kir, S.; Nemutlu, E. Integration of GC-MS and LC-MS for untargeted metabolomics profiling. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis* 2020, 190, 113509. doi: 10.1016/j.jpba.2020.113509.
- [4] Smilde, A.K.; van der Werf, M.J.; Bijlsma, S.; van der Werff-van der Vat, B.J.C.; Jellema, R.H. Fusion of mass spectrometry-based metabolomics data. *Analytical Chemistry* 2005, 77, 6729–6736. doi: 10.1021/ac051080y.

Le rôle de champignons entomopathogènes dans la protection des vignes non-greffées contre des ravageurs telluriques

Daciana PAPURA¹, Mathilde PONCHON², Eva COURCHINOUX¹, Rodrigo LOPEZ-PLANTEY³, Juan Ramón CORTEGOSO CONTRERAS³, Annette REINEKE²

¹ UMR SAVE, Santé et Agroécologie du vignoble, INRAE/Bordeaux Sciences Agro, 71 Avenue Edouard Bourlaux, CS 20032, 33882 Villenave-d'Ornon cedex, France

² Department of Crop Protection, Hochschule Geisenheim University, 65366 Geisenheim, Germany

³ Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ciencias Agrarias. Departamento de Ciencias Biológicas. Almirante Brown 500, Chacras de Coria M5528AHB, Argentina

Contact : daciana.papura@agro-bordeaux.fr; daciana.papura@inrae.fr

Mots clefs : champignon entomopathogène – biocontrôle – insectes telluriques

Résumé :

Les communautés fongiques de la vigne sont étudiées pour leur rôle protecteur face aux bioagresseurs. Le champignon entomopathogène *Metarhizium robertsii*, naturellement présent dans les sols viticoles, est reconnu comme un agent de biocontrôle en raison de sa pathogénicité sur les insectes et sa capacité à s'associer aux plantes en leur apportant des avantages tels que la stimulation de croissance, l'antagonisme vis-à-vis de certaines maladies et la réduction du parasitisme dû aux insectes (Liao *et al.*, 2017). L'objectif de notre étude est de démontrer le potentiel de *M. robertsii* à s'associer de façon persistante à des vignes *Vitis vinifera* non-greffées, ainsi que d'évaluer son potentiel de protection contre l'un de ses ravageurs telluriques, le phylloxéra de la vigne, *Daktulosphaira vitifoliae*

La capacité à coloniser la rhizosphère et l'endosphère racinaire a été évaluée pour quatre souches de *M. robertsii* collectées dans des environnements contrastés (sud de la France, nord de l'Allemagne, centre de l'Argentine et Sud de l'Australie). La colonisation de ces vignes a été évaluée jusqu'à 76 jours post-inoculation par la mise en culture sur milieux sélectif, ainsi que par la quantification de l'ADN par ddPCR. Les paramètres de croissance végétative et le niveau des symptômes produits par le phylloxéra ont été évalués sur les plantes entières.

Les quatre souches ont persisté au niveau de la rhizosphère (60 à 100 %) et, dans une moindre mesure, au niveau de l'endosphère racinaire (4,8 à 33,3 %) jusqu'à 76 jours post-inoculation. Une réduction remarquable de 91 % des dégâts a été observée chez les vignes co-infectées avec la souche française de *M. robertsii* et le phylloxéra, par rapport à celles infectées uniquement par le phylloxéra. Aucun effet de la colonisation fongique n'a été mis en évidence sur les paramètres de la croissance des vignes.

Ces résultats soulignent le potentiel de *M. robertsii* à s'associer au niveau de la rhizosphère des vignes non-greffées et conférer une protection face au phylloxéra. Des recherches supplémentaires sont actuellement en cours pour évaluer la persistance de *M. robertsii* en conditions de terrain afin de proposer une stratégie de lutte biologique.

Références :

Liao, X., Lovett, B., Fang, W., St Leger, R.J., 2017. *Metarhizium robertsii* produces indole-3-acetic acid, which promotes root growth in Arabidopsis and enhances virulence to insects. Microbiology 163, 980–991. <https://doi.org/10.1099/mic.0.000494>.

Étude des exsudats racinaires d'une plante de services, dans le cadre d'une stratégie combinant plusieurs leviers agroécologiques de lutte contre les nématodes à galles

Authors (speaker underlined): Célia HEROGUEZ^{1,2}, Flore BARRY¹, Caroline DJIAN-CAPORALINO², Hélène GAUTIER¹

¹ INRAE, UR1115 PSH, 228 Route de l'aérodrome, Domaine Saint Paul, site Agroparc, 84914 Avignon, France

² INRAE, Université Côte d'Azur, UMR 1355 ISA, 400 Route des Chappes, 06903 Sophia-Antipolis, France

Contact: celia.heroguez@inrae.fr ou celia.heroguez@gmail.com

Key words: Agroécologie, combinaison de leviers, exsudats racinaires, nématodes à galles

Abstract (max 350 words):

La réduction du nombre de produits nématicides autorisés, associée à l'émergence de populations de nématodes à galles (*Meloidogyne* spp.) capables de contourner les résistances génétiques, souligne la nécessité de développer des stratégies de lutte agroécologiques contre ces ravageurs majeurs des cultures maraîchères. Plusieurs leviers de gestion ont été étudiés individuellement, mais leur efficacité reste limitée. Nous évaluons donc une stratégie combinant trois leviers agroécologiques : la résistance génétique de la plante cultivée, la co-culture avec une plante de service, et l'association à des champignons mycorrhiziens à arbuscules (CMA). L'objectif est de comprendre leurs interactions, notamment les modifications des exsudats racinaires qu'ils pourraient induire et leurs conséquences sur le bioagresseur.

Le poivron constitue un modèle pertinent, car il possède des résistances efficaces contre les nématodes à galles. Toutefois, ces résistances restent spécifiques de certaines espèces et peuvent être contournées sous forte pression parasitaire, justifiant leur association avec d'autres leviers agroécologiques. La tagète (*Tagetes* spp.) a été retenue pour son fort potentiel de biocontrôle. Non-hôte des nématodes à galles, elle ne permet pas leur reproduction (Njekete et al., 2025) et produit des exsudats racinaires aux propriétés nématicides (Wu, 2021). Les CMA améliorent l'acquisition des éléments minéraux, stimulent la croissance des plantes, et déclenchent un effet de « priming » qui active leurs voies de défense (Umer et al., 2025). Nous faisons l'hypothèse que la mycorhization modifie la nature et la quantité des exsudats racinaires produits par la tagète, le poivron ou leur coculture, influençant ainsi les interactions avec les nématodes.

Pour tester cette hypothèse, nous avons adapté la méthode des « plantes à traire » (Aryal, 2023). Un dispositif original a été développé afin de permettre les interactions racinaires et la mycorhization dans un substrat adapté, tout en autorisant la récolte des exsudats en milieu aqueux à différents stades de développement des plantes. Les exsudats sont en cours d'analyse par métabolomique, puis ils seront évalués pour leurs propriétés nématicides et/ou répulsives vis-à-vis des nématodes à galles.

References:

- Aryal, S., Djan-Caporalino, C., Forey, E., 2023. What is the best method to sample and test the root exudates produced by the plants? Rapport de stage de Master M1 BOOST, INRAE ISA.
- Njekete, C., Caravel, C., Massol, F., Lavoie, A.-V., Djan-Caporalino, C., 2025. Screening and host suitability assessment of nematocidal plants for root-knot nematode control. *Nematol.* 1–16. <https://doi.org/10.1163/15685411-bja10406>
- Umer, M., Anwar, N., Mubeen, M., Li, Y., Ali, A., Alshaharni, M.O., Liu, P., 2025. Roles of arbuscular mycorrhizal fungi in plant growth and disease management for sustainable agriculture. *Front. Microbiol.* 16, 1616273. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2025.1616273>
- Wu, W., 2021. Marigold (*Tagetes erecta*): An Effective *Meloidogyne incognita* Trap Plant. *IJAB* 25, 271–276. <https://doi.org/10.17957/IJAB/15.1666>

Les pompes à efflux RND : des acteurs clés de l'adaptation bactérienne à la rhizosphère ?

Josselin BODILIS¹, Eulalie FOURNEAU¹, Olwen SIMENEL^{1,2}, Baptiste BARBAULT¹, Sylvie NAZARET², Barbara PAWLAK¹

¹ Univ Rouen Normandie, Normandie Univ, SFR Normandie Végétal FED 4277, GlycoMEV UR 4358, Rouen, France.

² Université Claude Bernard Lyon 1, UMR CNRS 5557, UMR INRAE 1418, VetAgro Sup, Ecologie Microbienne

Contact : josselin.bodilis@univ-rouen.fr

Mots clés : (max 5) : Pompes à efflux RND, rhizosphère, exsudats racinaires, rhizocompétence, PGPR

Résumé (max 350 words) :

Le microbiote rhizosphérique joue un rôle majeur dans la nutrition, le développement et la santé des plantes. Son assemblage dépend notamment des exsudats racinaires, mélange moléculaire complexe qui attire et permet la croissance de bactéries bénéfiques [1,2]. Cependant, ces exsudats contiennent également des phytomolécules toxiques, constituant ainsi un environnement sélectif pour les microorganismes. Les mécanismes permettant aux bactéries de répondre à cette complexité chimique restent encore mal compris.

Les pompes à efflux de type RND (Resistance-Nodulation-Division) sont principalement connues pour leur implication dans la résistance bactérienne aux antibiotiques, aux métaux et à différents composés toxiques. Récemment, nous avons montré, par une analyse phylogénétique et écologique de plus de 6 000 pompes RND, que les bactéries associées aux racines des plantes possèdent des génomes particulièrement riches en gènes codant des systèmes d'efflux de ce type [3]. Nous émettons ainsi l'hypothèse que la richesse en pompes RND contribue à l'adaptation des bactéries à la rhizosphère.

Afin de tester cette hypothèse, nous avons analysé par RNAseq l'expression des gènes codant les pompes RND chez deux bactéries bénéfiques rhizosphériques, *Pseudomonas fluorescens* ATCC 17400 et *Azospirillum brasilense* Sp245, cultivées en présence d'exsudats racinaires de pois (*Pisum sativum*), colza (*Brassica napus*) ou ray-grass (*Lolium perenne*).

Les exsudats racinaires provoquent une profonde réorganisation de l'expression des pompes à efflux bactériennes. Alors que seul un nombre limité de pompes RND est fortement exprimé en milieu riche, la présence d'exsudats entraîne l'expression d'un répertoire beaucoup plus diversifié de pompes RND chez les deux bactéries étudiées. De plus, l'intensité de cette réponse dépend du couple plante-bactérie et apparaît maximale avec les exsudats exerçant les contraintes les plus fortes sur la croissance bactérienne.

Ces résultats suggèrent ainsi que les pompes RND constituent une composante importante, et jusqu'ici largement sous-estimée, de la rhizocompétence bactérienne.

Références :

[1] Fourneau, E. *et al.* (2024) Available at : <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1473099>

[2] Fourneau, E *et al.* (2026) Available at : <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2026.101293>

[3] Bodilis, J. *et al.* (2024) Available at : <https://doi.org/10.1093/ismeco/ycad018>

Development of a correlative imaging method to map molecular and biological actors in the rhizosphere of model trees

Marceau LEVASSEUR¹⁻², Vincent CARRÉ², Aurélie DEVEAU¹

(1) Université de Lorraine, INRAE, IAM, F-54000 Nancy, France

(2) Université de Lorraine, Laboratoire de Chimie Physique – Approche Multi-Échelles des Milieux Complexes, 57070 Metz, France

Abstract:

The rhizosphere is the interface where plant roots and microorganisms interact, and root exudates are key drivers of microbial community assembly. These complex organic mixtures recruit microorganisms while being reshaped by microbial activity, creating a dynamic and reciprocal relationship. However, most omics approaches provide only an averaged view of the biological and molecular dynamics occurring in the rhizosphere and do not capture spatial heterogeneity.

To address this challenge, we developed a membrane-based workflow using *Populus trichocarpa* grown in rhizoboxes. Membranes with distinct chemical properties were used to collect root exudates at different contact times and were analyzed by ultra-high-resolution mass spectrometry imaging (MSI) under several sample preparation conditions. In parallel, membranes carrying bacteria originating from the poplar rhizosphere were analyzed by fluorescence in situ hybridization coupled to confocal laser scanning microscopy (FISH-CLSM).

This approach allowed us to identify a membrane compatible with microbial adhesion and two complementary sample preparation methods for MSI. It also generated root exudate-specific molecular maps and showed that relatively short contact times are required to accumulate exuded metabolites while limiting signal delocalization. Importantly, we demonstrated that MSI and FISH-CLSM can be performed on the same membranes.

In the future, this methodology will be used to generate spatial maps of microbial and chemical diversity in the rhizosphere. By integrating these two dimensions, it will become possible to identify chemical hotspots and determine whether they are positively or negatively associated with specific microbial taxa. Finally, MSI-detected molecules will be annotated using liquid chromatography coupled to tandem mass spectrometry.

Apoplastic pH regulation appears to underlie *Azospirillum*-mediated maintenance of primary root growth under water deficit

Christian Elmarc BAUTISTA¹, Guilhem. DESBROSSES¹, Claire PRIGENT COMBARET² and Philippe NACRY¹

¹ IPSiM, Campus INRAE/Institut Agro/UMR, 2 place Pierre Viala, 34060 Montpellier, France

² Laboratoire d'Écologie Microbienne (LEM), UMR 5557 CNRS, Université Claude Bernard Lyon 1, INRAE, VetAgro Sup, Villeurbanne, France.

Contact: Philippe.nacry@inrae.fr

Key words: PGPR, root growth, water deficit, hormones, pH

Abstract :

Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) enhance plant resilience to water deficit, yet the mechanisms by which they sustain root growth under stress remain incompletely understood. Here, among several strains, we investigated how *Azospirillum lipoferum* 4B modulates primary root (PR) development in *Arabidopsis thaliana* exposed to polyethylene glycol-induced osmotic stress (OS), a widely used proxy for water deficit in gnotobiotic conditions. Colonization of roots with strain 4B preserved PR elongation under OS, restoring root growth to levels comparable to those of unstressed plants, whereas lateral root development remained inhibited. Physiological analyses showed that bacterial inoculation reduced the OS-induced accumulation of abscisic acid (ABA) and ethylene and restored reactive oxygen species (ROS) levels in the root tip. However, the growth-promoting effect of 4B was maintained in ABA- and ethylene-signaling mutants, indicating that these hormonal pathways are not essential for the plant response to bacteria colonization. Instead, our results identify apoplastic pH as a putative key regulator of the interaction suggesting that *A. lipoferum* actively modifies the apoplastic environment. Consistent with this hypothesis, strengthening the buffering capacity of the growth medium progressively abolished the bacterial growth-promoting effect. Furthermore, fluorescence lifetime imaging microscopy (FLIM) using the pH-sensitive reporter pHluorin demonstrated that 4B induces local apoplastic alkalinization under osmotic stress. Together, these findings reveal apoplastic pH regulation as a previously unrecognized mechanism through which beneficial rhizobacteria sustain primary root growth under water-deficit conditions, providing new insights into plant adaptation to drought and the mechanisms underlying PGPR-mediated stress tolerance. Future work will seek to characterize the chemical dialogue between plant roots and *A. lipoferum*, with particular emphasis on identifying root and bacterial exudates that control Plant/bacteria interaction and cooperatively regulate root adaptation to water deficit.

Exsudation racinaire, Exométabolome et Ecologie chimique : quelques illustrations d'intérêt agroécologique

Root Exudation, Exometabolome, and Chemical Ecology: Selected illustrations of agroecological relevance

Alain Bouchereau¹,

¹ Université de Rennes, UMR INRAE-Institut Agro Rennes-Angers-Université de Rennes 1349, Institut de Génétique, Environnement et Protection des Plantes (IGEPP), Rennes-Le Rheu, France

Contact: alain.bouchereau@univ-rennes.fr

Key words:

Rhizodéposition ; Métabolismes primaire et spécialisé ; Nutrition ; Allélopathie ; Signalisation chimique.
Rhizodeposition; Primary and Specialized Metabolism; Nutrition; Allelopathy; Chemical Signaling.

Abstract:

La conduite agroécologique est aujourd'hui indispensable à la durabilité des systèmes de productions agricoles et végétales en particulier. Plusieurs leviers sont activés en ce sens, visant notamment à limiter les intrants chimiques, mobiliser la diversité génétique et les propriétés de résilience et solliciter les interactions et les coopérations biologiques et écologiques dans les systèmes cultivés, à partir du sol en particulier. La rhizodéposition joue des rôles essentiels dans l'acquisition et l'absorption des éléments minéraux par la plante, dans ses interactions avec les micro-organismes du sol, dans sa protection contre les pathogènes, dans sa communication chimique et l'allélopathie (la plante libère dans son environnement des substances chimiques capables d'influencer la croissance, le développement ou la germination d'autres organismes) ou bien encore dans la structuration du sol. Connaître et optimiser les conditions d'exsudation racinaire et en comprendre les fonctionnalités présente donc un intérêt majeur.

Nous reprendrons les concepts qui régissent les fonctions d'exsudation racinaire et les métabolismes associés et illustrerons le propos de plusieurs exemples de projets qui s'attachent à décrire les acteurs chimiques et métaboliques mobilisés dans différentes fonctions trophiques, allélopathiques, défensives, attractives ou plus largement d'écologie chimique chez les Brassicacées et Fabacées en particulier. L'importance de maîtriser les outils de la chimie analytique, et de la métabolomique, les techniques de récolte des exsudats racinaires ainsi que des tests robustes de mesures d'activités biologiques sera mise en avant.

Agroecological management has become essential for ensuring the sustainability of agricultural systems, particularly crop production systems. To this end, several complementary strategies are being implemented, including reducing reliance on chemical inputs, harnessing genetic diversity and resilience-related traits, and promoting biological and ecological interactions within cropping systems, especially those occurring in the soil. Root exudation plays pivotal roles in mineral nutrient acquisition and uptake, interactions with soil microorganisms, protection against pathogens, chemical signaling and allelopathy (through the release of bioactive compounds capable of influencing the growth, development, or germination of other organisms), as well as in soil aggregation and structural organization. Consequently, improving our understanding of the factors regulating root exudation, optimizing the conditions under which it occurs, and elucidating its functional significance are of major scientific and agronomic importance.

In this presentation, we will review the fundamental concepts governing root exudation and related metabolisms and illustrate these principles through several research projects aimed at identifying the chemical and metabolic actors involved in a range of trophic, allelopathic, defensive, attractive, and, more broadly, chemical ecological functions, with particular emphasis on members of the Brassicaceae and Fabaceae families. Special attention will be given to the importance of mastering state-of-the-art analytical chemistry and metabolomics approaches, reliable methodologies for root exudate collection, and robust bioassays for the quantitative assessment of biological activities.

References:

- Missinou et al., (2022) Identification and Quantification of Glucosinolates and Phenolics in a Large Panel of *Brassica napus* Highlight Valuable Genetic Resources for Chemical Ecology and Breeding. J. Agri. Food Chem. 10.1021/acs.jafc.1c08118
- Carpentier et al., (2025) Contrasting glucosinolate profiles in rapeseed genotypes shape the rhizosphere-insect continuum and microbial detoxification potential in a root herbivore. mSystems, 10.1128/msystems.01269-25.
- Santos et al., (2025) High-throughput Plant Metabolomics and Predictive Modelling. High-Throughput Plant Metabolomics. CABI Biotechnology Series
- Ahmed et al., (2026) *Arabidopsis thaliana* triggers *Phelipanche ramosa* germination via isothiocyanates under negative strigolactone regulation. The Plant Cell (under review).
- Couderc J. et al., (2026) Early defense mechanisms in roots and rhizosphere of leguminous plants against oomycetes and fungi soil-borne pathogens. J. Plant Pathology (review in preparation).

Effet opposé des exsudats racinaires sur la formation de biofilm chez *Pseudomonas fluorescens* et *Bacillus subtilis*.

Baptiste BARBAULT¹, Eulalie FOURNEAU¹, Barbara PAWLAK¹, Josselin BODILIS¹.

¹Univ Rouen Normandie, Normandie Univ, SFR Normandie Végétal FED 4277, GlycoMEV UR 4358, Rouen, France.

Contact : baptiste.barbault1@univ-rouen.fr

Mots clés : (max 5) : Biofilm protecteur, exsudats racinaires, PGPR

Résumé (max 350 words) :

Le microbiote rhizosphérique, *i.e.* les microorganismes vivant dans la fine zone de sol sous l'influence des racines, est composé de nombreuses PGPR (Plant Growth-Promoting Rhizobacteria) et joue un rôle clé pour la santé et le développement des plantes. En effet, ce microbiote peut stimuler la croissance des plantes et/ou les protéger contre les stress biotiques et abiotiques. Il a été montré que l'installation durable de ces microorganismes dans la rhizosphère est notamment déterminée par les exsudats racinaires, mélange moléculaire complexe capable de réguler leur croissance, leur chimiotactisme et la formation de biofilms protecteurs sur les racines [1], [2], [3]. Ainsi, réussir à moduler le microbiote rhizosphérique d'une plante receveuse par l'apport d'exsudats racinaires exogènes permettrait de réduire l'utilisation d'intrants chimiques pour une agriculture plus durable.

Dans ce contexte, nous nous sommes intéressés plus particulièrement à la quantification des biofilms formés par deux PGPR, *Pseudomonas fluorescens* ATCC 17400 et *Bacillus subtilis* ATCC 6633 en réponse à des exsudats racinaires de différentes plantes. Pour cette étude, ont été utilisés les exsudats racinaires issus de plantules de pois âgées de 7 jours et de plantes de pois, de raygrass et de colza âgées de 5 semaines.

L'étude est menée en microplaques, ce qui permet, après coloration au cristal violet, d'estimer de façon indirecte la quantité de bactéries sous forme de biofilm. Dans cet environnement expérimental, *P. fluorescens* colonise la paroi des puits tandis que *B. subtilis* forme un biofilm à l'interface air-liquide, appelé pellicule. Les résultats préliminaires ont montré, de manière intéressante, que la formation de biofilm par *P. fluorescens* est inhibée en présence d'une solution concentrée d'exsudats racinaires. Par contraste, la formation de biofilm par *B. subtilis* est stimulée avec une modification de la structure de la pellicule.

Les résultats ainsi observés semblent cohérents avec la disparité des comportements PGPR décrits pour nos souches. De plus, des données de transcriptomique (RNAseq), en cours d'analyse, devraient permettre d'expliquer les bases moléculaires de cette réponse. Enfin, nous développons actuellement une technique de microfluidique afin d'étudier la formation de biofilm *in vivo*, sur des racines d'*Arabidopsis thaliana* en présence ou en absence d'exsudats racinaires exogènes.

Références :

- [1] Fourneau, E. *et al.* (2024) Available at : <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1473099>.
- [2] Fourneau, E *et al.* (2026) Available at : <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2026.101293>
- [3] Srivastava, A.K. et al (2025) Available at : <https://doi.org/10.1111/pce.15245>

Decoding the first dialogue between plants and oomycetes: Spatiotemporal dynamics of early infection

Joëlle LE BERRE¹, Naïma MINET¹, Philippe THOMEN², Céline COHEN², Xavier NOBLIN², Éric GALIANA¹, and Agnès ATTARD¹

¹ INRAE, CNRS, Université Côte d'Azur, UMR-ISA, Laboratoire Interaction plantes-oomycètes, Sophia Antipolis, France

² CNRS UMR 7010, Université Côte d'Azur, UMR-INPHYNI, Nice, France

Contact : agnes.attard@inrae.fr

Abstract

In the soil, rhizodeposits play a key role in the molecular dialogue between roots and microorganisms, thereby influencing plant growth and health. However, their function, nature, and mode of action are still poorly understood. Oomycete plant pathogens have evolved a wide range of strategies to infect host tissues. Among these, the ability to detect host-derived signals is crucial for initiating infection. Yet, the molecular mechanisms underlying pathogen attraction to the host prior to penetration remain poorly understood [1]. To identify the plant signals and cellular functions involved in this early stage of infection, we conducted a multidisciplinary study to investigate the rhizospheric interaction between the soil-borne oomycete *Phytophthora parasitica* and the model plant *Arabidopsis thaliana* [2]. Based on this interaction, we developed new tools dedicated to microscale spatiotemporal phenotyping, enabling the imaging of zoospore behavior during swimming under conditions that mimic the rhizosphere [3,4,5]. We demonstrated that the zoospore attraction to the root surface consists of four short and defined stages within the first minutes after inoculation, and that zoospore motility is guided by root-derived exudates in the rhizosphere. These insights advance our understanding of early infection dynamics at fine spatiotemporal scales (micrometers, milliseconds), and open new opportunity to investigate plant-oomycete signaling processes at previously inaccessible scales.

References

- [1] Bassani I, Larousse M, Tran QD, Attard A, Galiana E. (2020). *Phytophthora* zoospores: From perception of environmental signals to inoculum formation on the host-root surface Computational and Structural Biotechnology Journal 18:3766–3773. <https://doi.org/10.1016/j.csbj.2020.10.045>
- [2] Le Berre JY, Gourgues M, Samans B, Keller H, Panabières F, Attard A. (2017). Transcriptome dynamic of *Arabidopsis* roots infected with *Phytophthora parasitica* identifies VQ29, a gene induced during the penetration and involved in the restriction of infection. PLoS One. Dec 27;12(12):e0190341. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190341>
- [3] Galiana E, Cohen C, Thomen P, Etienne C, Noblin X. (2019). Guidance of zoospores by potassium gradient sensing mediates aggregation. J R Soc Interface. <https://doi.org/10.1098/rsif.2019.0367>
- [4] Lupatelli CA, Attard A, Kuhn ML, Cohen C, Thomen P, Noblin X, Galiana E. (2023). Automated high-content image-based characterization of microorganism behavioral diversity and distribution. Comput Struct Biotechnol J 21:5640-5649. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.csbj.2023.10.055>
- [5] Cohen C, Gauci FX, Noblin X, Galiana E, Attard A, Thomen P. (2025). Kinetics of zoospores approaching a root using a microfluidic device. Physical Review E 111, 024411. DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.111.024411>

Rhizodéposition du carbone et de l'azote atmosphérique par quatre différentes légumineuses en relation les activités enzymatiques du sol

Jean-Bernard Cliquet^{1,3}, Mohamed Kanté^{1,2,3}, Wassila Riah-Anglet^{2,3}, Isabelle Trinsoutrot-Gattin^{2,3}

¹ Normandie Université, UNICAEN, INRAE, EVA, 14000 Caen, France

² UniLaSalle, Unité de recherche AGHYLE UP 2018, 3 Rue du Tronquet, F-76134 Mont Saint Aignan, France.

³ SFR NORVEGE Fed4277, Normandie Université, F-76821 Mont-Saint-Aignan, France

Contact : jean-bernard.cliquet@unicaen.fr

Key-words : Rhizodéposition, Carbone, Azote, Légumineuses, Micro-organismes

Abstract : Les légumineuses fournissent de nombreux services écosystémiques. Par le processus de rhizodéposition, elles libèrent du carbone et de l'azote dans le sol, ce qui augmente la teneur en carbone organique du sol et réduit l'utilisation d'engrais azotés. L'objectif de cette étude était d'évaluer, sur un même échantillonnage, la rhizodéposition de carbone et d'azote issue de la fixation atmosphérique de différentes légumineuses, en relation avec la dynamique du carbone et de l'azote dans le sol par la mesure des activités enzymatiques. Quatre légumineuses à graines et fourragères (pois, féverole, trèfle blanc et trèfle incarnat) ont été cultivées dans des conditions contrôlées et une méthode de double marquage a été mise au point pour mesurer les flux de carbone et d'azote de l'atmosphère vers le sol. Les plantes ont été placées une fois par semaine dans une chambre de marquage au ^{13}C afin de mesurer la fixation du carbone par photosynthèse et la rhizodéposition nette du carbone. La méthode de dilution isotopique au ^{15}N a été utilisée pour mesurer la fixation et la rhizodéposition de l'azote atmosphérique (N_2). Un panel de 5 activités enzymatiques clefs en relation avec le cycle du carbone, de l'azote et du phosphore a été mesuré. Le trèfle incarnat (12 %) et le trèfle blanc (8 %) ont transféré au sol les proportions les plus élevées de carbone fixé par photosynthèse. À l'inverse, le pois (10 %) et le trèfle blanc (8 %) ont transféré au sol les proportions les plus élevées d'azote fixé par voie symbiotique. Les différences observées sont liées à la capacité de fixation du carbone et de l'azote. La rhizodéposition du carbone augmente proportionnellement à la rhizodéposition de l'azote pendant la période de reproduction. La rhizodéposition influence également le fonctionnement biologique du sol en stimulant les activités enzymatiques, en particulier sous féverole et trèfles. Notre étude démontre que la rhizodéposition du carbone est contrôlée par la photosynthèse et que la rhizodéposition de l'azote atmosphérique est contrôlée par la fixation biologique de l'azote. Ces apports en carbone et en azote répondent aux besoins nutritionnels et favorisent la croissance des microorganismes.

Reference : Kanté M et al., 2023, Journal of Ecology : 111-1468-1482

PARSADA METASERV : Mise en place de ressources et d'outils génériques pour la sélection et le déploiement des plantes de services contre les bioagresseurs

Auteurs (présentateurs soulignés) : Alexandre DE SAINT GERMAIN¹, Safia MEDIENE², Gabriel VAN DEN BROEK¹,

¹ INRAE, IJPB, SAS, Route de Saint-Cyr, Versailles, France

² UMR Agronomie, 22 place de l'Agronomie, Palaiseau, France

Partenaires : INRAE (AGRO, URGI, ISA, AGIR, PHIM, ASTRO, BFP, IGEPP, CNRGV, PSH, GETPLAGE, Agroécologie, GENTYANE), CIRAD, CTIFL, APREL, GRAB, ARVALIS, CTCS, GRCETA, ITEIPMAI, GEVES

Contact : alexandre.de-saint-germain@inrae.fr / gabriel.van-den-broek@inrae.fr / safia.mediene@inrae.fr

Mots clés (max 5) : Plantes de services, agroécologie, allélopathie, bioagresseurs, système de culture innovant

Résumé (max 350 mots) :

Le retrait progressif de substances actives phytopharmaceutiques à l'échelle européenne place certaines filières agricoles françaises face à des impasses techniques en matière de gestion des bioagresseurs. Parmi les leviers mobilisables, les plantes de services (PdS) suscitent un intérêt croissant pour leurs effets de régulation des bioagresseurs. Leurs mécanismes d'action, leurs performances selon les contextes pédoclimatiques et agronomiques, ainsi que les conditions de leur déploiement demeurent néanmoins insuffisamment caractérisés et standardisés entre les filières.

Dans ce contexte, le projet PARSADA METASERV, financé par FranceAgriMer, vise à produire des ressources, méthodes et outils génériques pour l'évaluation et le déploiement des PdS contre les bioagresseurs. Dans la continuité des acquis du réseau PS-CREA, le projet ambitionne de renforcer les liens entre connaissances fondamentales, évaluation agronomique et usages opérationnels. Déployé sur cinq ans, METASERV mobilise un consortium transfilière avec pour but l'étude d'une présélection de 26 PdS en systèmes de culture variés, en ciblant la régulation des nématodes à galles, pathogènes fongiques, ravageurs et adventices.

Trois niveaux complémentaires d'investigation sont mobilisés : (i) des expérimentations en conditions contrôlées visant à identifier et quantifier les mécanismes biologiques impliqués dans la régulation des bioagresseurs, (ii) des expérimentations au champ évaluant simultanément services et disservices dans des systèmes de culture contrastés et (iii) des approches omiques permettant de caractériser les déterminants moléculaires associés aux fonctions d'intérêt. Une attention particulière est portée aux risques de disservices liés à l'usage des PdS, notamment de compétition pour les nutriments ou de réservoir de phytovirus.

À l'issue du projet, METASERV vise à produire un cadre méthodologique harmonisé pour l'évaluation des PdS, des bases de connaissances ouvertes et interopérables, ainsi que des ressources opérationnelles destinées aux acteurs des filières. Plus largement, le projet cherche à mieux comprendre les déterminants biologiques et agronomiques conditionnant la mobilisation des PdS comme levier de régulation des bioagresseurs.

Références :

1. Djian-Caporalino C., Lavoie A.-V., coord, 2024. Les plantes de services. Vers de nouveaux agroécosystèmes. Versailles, éditions Quæ, 388 p.

Data-driven inference of local behavioural rules predicts emergent properties of *Phytophthora* zoospore dispersal

Joëlle LE BERRE¹, Agnès ATTARD¹, Edouard EVANGELISTI¹

¹ Institut Sophia Agrobiotech, UMR INRAE 1355, Université Côte d'Azur, Sophia Antipolis, France

Contact: edouard.evangelisti@inrae.fr

Key words: oomycete, zoospore, agent-based modelling, prediction, microbial dispersal

Abstract:

Motile microorganisms navigate complex environments in search of nutrients, hosts and favourable ecological niches. Plant-pathogenic oomycetes are no exception: their biflagellate zoospores actively swim through water-filled soil pores before reaching and infecting host tissues. Yet how individual swimming behaviour gives rise to population-scale dispersal remains poorly understood. Here, we developed an end-to-end, data-driven framework that turns time-lapse microscopy into predictive agent-based simulations of zoospore dispersal by inferring local behavioural rules directly from experimental trajectories. Using *Phytophthora nicotianae*, we analysed nearly 60,000 trajectories and quantified both local swimming dynamics and emergent dispersal properties. An empirical two-state model revealed alternating SLOW and FAST swimming regimes, while preserving temporal memory and the coupling between speed and turning. Embedded in an agent-based cellular automaton, these simple local rules were sufficient to reproduce the main emergent properties of experimental trajectories. An independent hidden Markov modelling approach converged on a closely related two-state organisation, showing that the underlying behavioural states integrate speed, turning dynamics and directional persistence rather than speed alone. We then tested whether these inferred rules could predict dispersal in a new environment containing physical obstacles. Without recalibrating the swimming behaviour, the model reproduced experimental dispersal when combined with simple collision rules and identified transient post-collision slowdown as a key behavioural response. These results show that local behavioural rules extracted directly from microscopy can predict microbial dispersal beyond the conditions in which they were inferred. More broadly, our framework connects quantitative imaging, behavioural inference and predictive agent-based modelling to bridge the gap between individual motility and emergent dispersal.

Metabolomics to support the deployment of alternative control solutions against *Heterodera carotae*

Sylvain CHEREAU¹, Sylvain FOURNET¹, Catherine PORTE¹ & Josselin MONTARRY¹

¹ INRAE, UMR 1349 - IGEPP, Domaine de la motte, 35653 Le Rheu, France

Contact: sylvain.chereau@inrae.fr

Key words: nematode, *H. carotae*, exudate, metabolomic, fractionation

Abstract:

Heterodera carotae[1] is an obligate plant-parasitic cyst nematode. Without protection, its development on carrots is responsible for yield losses of up to 80%. Since 2018, phytosanitary control methods (via chemical soil fumigation) have been banned in France, severely impacting carrot production across entire production areas. Capable of parasitizing only the genus *Daucus*, *H. carotae* has developed strategies to recognize its host plant by perceiving the chemical signals it emits through its roots. This specificity has led to the development of a "suicide hatching" strategy [2], [3], which involves tricking the nematode regarding the presence of its host plant, whose effectiveness has already been demonstrated. However, its widespread deployment across production areas is hampered by the difficulty of producing sufficient quantities of root exudates. Identifying the molecule(s) recognized by this nematode could help overcome this obstacle. To this end, the ECLODERA project relies on combining two complementary metabolomic approaches (by LC-HRMS) analysis of root exudates: 1) the analysis of exudates collected at different phenological stages, and 2) the analysis of exudates from 15 different Apiaceae varieties. The results obtained have allowed the identification of a candidate molecule. To confirm this structure, bio-guided fractionation approaches (via UHPLC) are being carried out.

References:

- [1] J. Montarry, M. Biget, S. Chereau, L. Lebreton, E. Grenier, et S. Fournet, « The carrot cyst nematode *Heterodera carotae*: a major plant-parasitic nematode requiring more investigation », *Nematology*, vol. 26, n° 10, p. 1079-1089, oct. 2024, doi: 10.1163/15685411-bja10361.
- [2] C. Gautier *et al.*, « Hatching of *Globodera pallida* Induced by Root Exudates Is Not Influenced by Soil Microbiota Composition », *Front. Microbiol.*, vol. 11, p. 536932, oct. 2020, doi: 10.3389/fmicb.2020.536932.
- [3] B. Ngala *et al.*, « Hatching Induction of Cyst Nematodes in Bare Soils Drenched With Root Exudates Under Controlled Conditions », *Front. Plant Sci.*, vol. 11, p. 602825, janv. 2021, doi: 10.3389/fpls.2020.602825.

Des Brassicacées aux glucosinolates : une piste prometteuse pour réguler l'orobanche du tournesol

Roudaire Thibault¹, Pull Manon², Vrielynck Nathalie¹, Seassau Célia²

¹ Université de Toulouse, INRAE, CNRS, LIPME, 31326, Castanet-Tolosan, France

³ Univ Toulouse, Toulouse INP, PURPAN, INRAE, AGIR, Castanet-Tolosan, France

Contact: celia.seassau@purpan.fr

Mots clés : *Orobanche cumana*, cultures intermédiaires multi-services, biofumigation, composés bioactifs, inhibition de la germination.

Résumé :

La culture du tournesol est confrontée à la progression d'*Orobanche cumana*, plante parasite racinaire responsable d'importantes pertes de rendement, notamment dans le bassin méditerranéen et en Europe de l'Est. Les stratégies actuelles reposent principalement sur des hybrides résistants et des herbicides, mais l'émergence régulière de nouvelles races très virulentes impose le développement de solutions plus durables.

La pratique de la biofumigation, après une interculture de Brassicacées, pourrait constituer une stratégie agroécologique intéressante, en libérant des isothiocyanates (ITCs), issus de l'hydrolyse des glucosinolates (GSLs) par la myrosinase après broyage et incorporation des tissus végétaux.

Nos travaux ont évalué ce potentiel selon une approche expérimentale multi-échelle. Au laboratoire, des graines d'*O. cumana* ont été exposées à des tissus broyés de neuf espèces ou variétés de Brassicacées (cinq moutardes, trois radis et une navette fourragère), ainsi qu'à six GSLs en présence de myrosinase, et trois ITCs, testés à différentes concentrations. Des essais sous serre ont ensuite évalué l'effet de biomasses de Brassicacées incorporées au sol ainsi que d'un traitement associant un GSL à la myrosinase sur les émergences d'orobanche sur un génotype de tournesol sensible.

Les résultats montrent qu'une espèce de moutarde exerce l'effet inhibiteur le plus fort et le plus reproductible sur la germination d'*O. cumana*, quelles que soient l'origine géographique et la virulence des cinq lots de graines testés. Cinq Brassicacées ont un effet plus modéré, tandis que trois sont inefficaces. Les essais avec les molécules (GSL et ITC) démontrent que trois GSLs et les ITC inhibent fortement la germination, jusqu'à une inhibition totale selon la concentration. Sous serre, trois Brassicacées réduisent significativement les émergences aériennes, et le traitement GSL + myrosinase présente l'efficacité la plus élevée.

Les premiers essais au champ, comparant une Brassicacée à un sol nu avant le tournesol, n'ont pas permis, à ce stade, de démontrer un effet significatif de la biofumigation sur les émergences d'*O. cumana*, en raison de la forte hétérogénéité spatiale de la distribution des graines du parasite. La poursuite des expérimentations, associée à l'évaluation d'applications ciblées de GSLs en présence de myrosinase, constitue une perspective prometteuse pour le développement d'une stratégie agroécologique de gestion d'*O. cumana*.

Interspecific transfer of a root exudate cocktail is linked to root chromatin reprogramming and systemic chemical defenses in rice

Laura MATHIEU, Rémi PELISSIER, Inès BENAMEUR, Nicolas PONCELET, Adam ROCHEPEAU, Claudia ROUVEYROL, Pierre PETRIACQ, Jean-Benoit MOREL and Louis-Valentin METEIGNIER

^a PHIM Plant Health Institute, Univ Montpellier, IRD, CIRAD, INRAE, Institut Agro, Montpellier, France

^b Université de Bordeaux, INRAE, UMR1332 Biologie du Fruit et Pathologie, Villenave d'Ornon 33882, France

^c Bordeaux Metabolome, MetaboHUB, PHENOME-EMPHASIS, Villenave d'Ornon 33882, France

Contact: louis-valentin.meteignier@inrae.fr

Key words (max 5): root exudates, plant-plant interaction, hormesis, systemic signaling, chemical defense

Abstract (max 350 words): Crop diversification can stabilize yields and enhance ecosystem services, yet the molecular mechanisms by which neighboring plants influence receiver physiology remain poorly understood. In maize-based intercropping systems, benzoxazinoids (BXs), indole-derived specialized metabolites exuded by maize roots, have traditionally been viewed as allelochemicals or defense compounds. However, natural BX cocktails in maize-conditioned soils can improve subsequent crop performance, sometimes independently of detectable microbiota changes, suggesting direct effects on receiver plants. Because BXs can be taken up by roots and accumulate in plant tissues, we asked whether maize-derived BXs can act as interspecific regulatory cues that reprogram rice physiology beyond the root interface. Using an agriculturally relevant rice-maize co-culture system, we show that exposure to BX-containing maize root exudates reduces disease caused by *Magnaporthe oryzae*, a major fungal pathogen of rice, without trade-off on growth. Combining donor genotype comparisons, molecular profiling, chromatin analyses, and metabolomics, we provide evidence that maize BXs taken up by rice roots are associated with histone hyperacetylation, consistent with chromatin activation, and with broad reconfiguration of the rice metabolome. These effects extend to leaves, where rice establishes a systemic defense-related chemical state. Our findings support a model in which the cocktail of specialized metabolites released by one crop species act not only as local biochemical effectors but also as interspecific chemical-epigenetic regulators in neighboring plants. This work provides a molecular framework linking crop diversification, metabolite transfer, chromatin regulation, systemic metabolism, and disease resistance, and opens new perspectives for exploiting natural plant-plant chemical signaling to improve crop resilience in sustainable agroecosystems.

References:

Le remodelage des arabinogalactanes-protéines racinaires du pois (*Pisum sativum*) face au stress osmotique et à l'infection par *Aphanomyces euteiches*

Mariane CHEDID¹, Vincent LEMAITRE^{1,2}, Mélanie FORTIER^{1,3}, Olivier PERRUCHON¹, Marie-Christine KIEFER-MEYER¹, Marie-Laure FOLLET¹ and Maïté VICRE¹

¹Univ Rouen Normandie, Normandie Univ, GLYCOMEV UR 4358, SFR Normandie Végétal FED 4277, Fédération internationale « NORSEVE », F-76000 Rouen, France

²Univ Rouen Normandie, Inserm, CNRS, Normandie Univ, HeRacLeS US 51 UAR 2026, PRIMACEN, F-76000, Rouen, France

³RAGT 2n, Centre de recherche de Druelle, F-12510, Druelle Balsac, France

Contact: mariane.chedid1@univ-rouen.fr

Key words (max 5):

Pisum sativum, Root Extracellular Trap, Arabinogalactan Proteins, stress osmotique, *Aphanomyces euteiches*

Abstract (max 350 words):

Le pois (*Pisum sativum*) est une légumineuse largement cultivée présentant un intérêt économique et agronomique majeur. Ses graines, riches en protéines, lui confèrent une forte valeur nutritionnelle, tandis que sa capacité à fixer l'azote atmosphérique via son interaction symbiotique avec les bactéries telluriques du genre *Rhizobium* contribue à l'enrichissement des sols et à la durabilité des systèmes agricoles. Cependant, sa production est fortement affectée par la variabilité des conditions climatiques printanières. Les printemps pluvieux favorisent le développement de la pourriture racinaire causée par l'oomycète *Aphanomyces euteiches*, tandis que les printemps secs entraînent des déficits hydriques précoces compromettant la croissance des plantules. Dans un contexte de changement climatique, le développement de cultivars tolérants à ces deux contraintes constitue un enjeu majeur.

Une meilleure compréhension des mécanismes de réponse des racines des plantules de pois est donc nécessaire. Le **Root Extracellular Trap (RET)**, constitué de cellules dérivées de la coiffe racinaire (Associated Cap-Derived Cells, AC-DCs) et du mucilage qui les entoure, représente une première ligne de défense. Cette structure dynamique participe à la perception des signaux environnementaux, à la protection de l'apex racinaire et aux interactions avec les microorganismes telluriques. Des études antérieures ont montré que le stress osmotique précoce et l'infection par *A. euteiches* modifient la production du RET. De plus, la composition des arabinogalactanes-protéines (AGPs) racinaires, protéoglycannes de la membrane plasmique et de la paroi cellulaire, est altérée dès les premières heures suivant l'application de ces stress. Il reste cependant à déterminer si les modifications quantitatives et qualitatives des AGPs sont spécifiques à chaque type de stress et si elles participent à des mécanismes d'adaptation distincts impliquant un remodelage différentiel de la paroi cellulaire et du RET.

References:

- [1] Driouich, A., Follet-Gueye M.L., Vicro, M., & Moore, J. P. (2024). « The root extracellular trap ; a complex and dynamic biomatrix network essential for plant protection ». *Current opinion in plant biology*. vol. 82, p. 102656. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2024.102656>
- [2] Laloum, Y., Gangneux, C., Gügi, B., Lanoue, A., Munsch, T., Blum, A., Gauthier, A., Trinsoutrot-Gattin, I., Boulogne, I., Vicro, M., Driouich, A., Laval, K., & Follet-Gueye, M. L. (2021). Faba bean root exudates alter pea root colonization by the oomycete *Aphanomyces euteiches* at early stages of infection. *Plant science : an international journal of experimental plant biology*. vol. 312, p. 111032. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2021.111032>
- [3] Cannesan, M. A., Durand, C., Burel, C., Gangneux, C., Lerouge, P., Ishii, T., Laval, K., Follet, M-L., Driouich, A. & Vicro-Gibouin, M. (2012). « Effect of arabinogalactan proteins from the root caps of pea and *Brassica napus* on *Aphanomyces euteiches* zoospore chemotaxis and germination ». *Plant physiology*, 159(4), 1658-16

High-frequency in situ soil imaging reveals root dynamics and interactions with soil fauna.

Amandine Germon^{1,2}, Emma Belaud^{1,2}, Mickael Hedde¹, Christophe Jourdan^{1,2}

¹ UMR Eco&Sols, CIRAD, INRAE, IRD, Institut AgroMontpellier, Université Montpellier, Campus La Gaillarde, Batiment 12, 2 Place Viala, 34060 Montpellier, France

² CIRAD, UMR Eco&Sols, 34060 Montpellier, France

Contact: amandine.germon@cirad.fr

Key words (max 5): Soil imaging, Root dynamics, Soil fauna, Deep learning, belowground interactions

Abstract (max 350 words):

Soil hosts a major fraction of terrestrial biodiversity, yet its opacity makes in situ observation of belowground biological processes particularly challenging. We present an automated and energy-autonomous imaging system designed for long-term installation directly in the soil at a selected depth. The device acquires high-resolution images at user-defined frequencies and transfers them via Wi-Fi or 3G/4G networks to a cloud-based platform for remote access, storage, and automated analysis using deep-learning algorithms.

This imaging pipeline enables near-real-time observation of root growth and turnover, as well as interactions between roots, soil invertebrates, and fungi, including mycorrhizal colonization. By providing continuous observations at fine spatial and temporal scales, the system offers new opportunities to quantify root growth, mortality, and decomposition, characterize root–fauna interactions, and derive indicators of root and soil health and biodiversity.

This approach therefore opens new perspectives for monitoring belowground ecosystems and overcoming long-standing methodological limitations in soil ecology.

Le PEPR SolsVivants - Comprendre les interactions dans les sols pour agir

Authors (speaker underlined): Philippe HINSINGER¹, Jérôme MATHIEU²

¹ INRAE, UMR Eco&Sols, Place Viala, Montpellier, France

² Sorbonne Université, UMR iEES-Paris, 4 Place Jussieu, Paris, France

Contact: philippe.hinsinger@inrae.fr

Key words (max 5): interaction trophique, interaction non trophique, réseau d'interactions, santé des sols, sol

Abstract (max 350 words): Le PEPR SolsVivants fait partie de la nouvelle génération de PEPRs (Programmes et Equipements Prioritaires de Recherche) d'Agences lancée en 2026. Il s'agit d'un programme national proposé par l'Agence AGRALIFE, doté d'un budget de 9M€ sur 5 ans (à compter du 19 Avril 2026), et copiloté par INRAE et le CNRS. Ce PEPR a pour mission de produire des connaissances sur le rôle des organismes du sol et de leurs multiples réseaux d'interaction dans la multifonctionnalité des sols, pour une diversité de types de sols, d'usages et de mode de gestion, afin de faire face au défi de la préservation et de l'amélioration de la santé des sols. Le PEPR SolsVivants a comme objectifs de structurer et animer la communauté scientifique nationale en écologie et sciences du sol et de soutenir financièrement deux projets de recherches ambitieux, en interaction avec les organismes de recherche, les universités, les écoles et les parties prenantes concernées. Ces deux Projets Ciblés concernent : (i) les réseaux d'interactions dans les sols, avec l'ambition d'intégrer à la fois les interactions trophiques et non trophiques et (ii) l'impact de ces interactions biotiques dans les sols sur la multifonctionnalité des sols. Dans ce second Projet Ciblé, un accent particulier sera mis sur deux ensembles de fonctions : (i) d'une part, la structuration du sol et les transferts d'eau, de gaz, de solutés et de particules de sol, (ii) d'autre part, les transformations impliquées dans les cycles biogéochimiques du carbone, de l'azote, du phosphore et d'autres nutriments. Ces deux Projets Ciblés recouvrent un total de 45 tâches de recherche portées par six Groupes de Recherche organisés par grands types d'écosystèmes, tempérés ou tropicaux, plus ou moins anthropisés. En outre, quatre Axes d'animation transverse ont également été identifiés pour relever les défis scientifiques du PEPR SolsVivants : (i) développer des recherches multi taxa, (ii), faire le lien entre approches empiriques et théoriques, (iii) explorer des scénarios de changements environnementaux et (iv) créer des synergies entre les spécialistes du sol travaillant dans les environnements tempérés et tropicaux.

References: <https://pepr-solsvivants.fr>

Multiscale phenotyping tools to unravel water transport in plant roots

Yann BOURSIAC¹, Fabrice BAUGET^{2,3}, Didier FELBACQ⁴

¹ Institute for Plant Sciences of Montpellier (IPSiM), Univ Montpellier, CNRS, INRAE, Institut Agro, Montpellier, France

² CIRAD, UMR AGAP institut, Montpellier, France

³ AGAP institut, Univ Montpellier, CIRAD, INRAE, Institut Agro, Montpellier, France

⁴ Laboratoire Charles Coulomb (L2C), Univ Montpellier, CNRS, Montpellier, France

Contact: yann.boursiac@inrae.fr

Key words: root hydraulic architecture, water transport, modeling, experimentation

Abstract :

Water uptake by roots is a key adaptation of plants to aerial life. Water uptake depends on root system architecture and tissue hydraulic properties, which shape the root hydraulic architecture (Tyree & Zimmermann, 2002). At the root scale the water transport has two components: the axial flow into the xylem vessels, characterized by an axial conductance (K_x); and the radial flow, related to the water flow through the peripheral cell layers, characterized by a radial conductivity (k_r). At the tissue level, the radial water transport involves complex pathways across root tissues commonly referred as apoplastic and ‘cell-to-cell’ pathways.

In our lab, we have been developing experimental and modeling approaches at different scales, in order to better understand how the components involved in water transport integrate into a full hydraulic architecture. At each level, our results show an interplay between those components and, therefore, none of them can be neglected.

For example, based on a new model-assisted “cut-and-flow” method, we have shown that axial and radial conductivities are co-limiting parameters in highly-branched root systems (Boursiac et al., 2022). Other results demonstrated that, under water stress condition, the osmotic component of water transport cannot be neglected (Bauget et al., 2023).

At the cellular scale, while the two radial pathways are often considered as separate in textbooks, they are highly connected and nothing prevents water from changing route between tissues. Indeed, our current modeling and experimental work on root cross-section shows that purely apoplastic pathways are very unlikely. Water molecules rather follow a ‘cell-to-cell’ pathway, whose length depends on the permeability of the plasma membrane (Felbacq et al. in prep).

References:

- Bauget, F., Protto, V., Pradal, C., Boursiac, Y., & Maurel, C. (2023). A root functional–structural model allows assessment of the effects of water deficit on water and solute transport parameters. *Journal of Experimental Botany*, 74(15), 1594-1608. <https://doi.org/10.1093/jxb/erac471>
- Boursiac, Y., Pradal, C., Bauget, F., Lucas, M., Delivorias, S., Godin, C., & Maurel, C. (2022). Phenotyping and modeling of root hydraulic architecture reveal critical determinants of axial water transport. *Plant Physiology*, kiac281. <https://doi.org/10.1093/plphys/kiac281>
- Tyree, M. T., & Zimmermann, M. H. (2002). Hydraulic Architecture of Whole Plants and Plant Performance. In M. T. Tyree & M. H. Zimmermann (Éds.), *Xylem Structure and the Ascent of Sap* (p. 175-214). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-04931-0_6

Rice root trait correlations with methane emissions are growth stage and environment dependent

Amelia HENRY^{1,2}, Thuong VO², C. Arloo CENTENO², Mignon NATIVIDAD², Mary Louise MENDOZA², Crisanta BUENO³, Reiner WASSMANN², Ando RADANIELSON²

¹ CIRAD, AGAP Inst., Equipe PhenoMEEn, bât 1 avenue Agropolis, Montpellier, France

² International Rice Research Institute, Pili Drive, Los Baños, Laguna, Philippines

³ University of the Philippines, Los Baños, Laguna, Philippines

Contact: amelia.henry@cirad.fr

Key words (max 5): rice, methane emissions, root cortical aerenchyma, root length density

Abstract (max 350 words):

Both rice root traits and methane (CH₄) emissions vary across environments; this high degree of variability has hampered the identification of low CH₄-emitting varieties and related plant traits. To harness the environmental variability that is inherent to both methane emissions and root studies, we conducted 10 separate field experiments with 12-18 varieties in which plant root traits and CH₄ emissions were concurrently measured at four growth stages. Across experiments, the environment had a stronger effect than genotype in terms of both plant traits and CH₄ emissions, and no consistent direct correlations were observed between plant traits and CH₄ emissions. However, when the experiments were grouped into low and high CH₄-emitting environments based on their seasonal emissions, distinct trends emerged by growth stage and in some cases opposite trends were observed between the low and high CH₄-emitting environments. Notably, the correlation between percent of root cortical aerenchyma (RCA) at vegetative stage and CH₄ emissions was positive in high CH₄-emitting environments and negative in low CH₄-emitting environments. In other cases, root traits showed more consistent correlations with CH₄ emissions across growth stages and environments, such RCA after vegetative stage (+) and nodal root cross-sectional area at vegetative stage and panicle initiation (+). Root length (root length density, L-type lateral root length, and nodal root length) and dry weight generally showed more of an effect on CH₄ emissions in the high-emitting environments in which greater root length was correlated with lower emissions. Based on multiple regression, different combinations of traits were related to CH₄ emissions at the four growth stages and in the different CH₄-emitting environments. The traits that consistently contributed to the CH₄ multiple regression models were nodal root (+) and cortex (-) cross-sectional areas across all four growth stages in high CH₄-emitting environments, and root cortical aerenchyma (+) from panicle initiation onward in low CH₄-emitting environments. The results highlight the growth stage and environment-dependent context of how plant traits are related to CH₄ emissions, and help explain the long-standing contrasting results in the literature.

Water availability and root strategies of herbaceous species: towards a better understanding of the Root Economics Spectrum

Authors : **Baptiste NALY**, Blandine DUNOYER, Florian FORT

¹ CNRS, UMR 5175, CEFE, 1919 route de Mende, Montpellier, France

Contact: baptiste.naly@cefe.cnrs.fr

Key words: functional ecology, root traits, hydric gradient

Abstract:

Water availability is one of the main ecological filters structuring plant communities (Pearson & Dawson, 2002). Climate change, by increasing the frequency and intensity of extreme events (Tabari, 2020; Walsh et al., 2020), modifies this availability and affects ecosystem functioning (Konapala et al., 2020; Weiskopf et al., 2020). Herbaceous species constitute an ideal model for studying plant adaptation mechanisms (Mooney et al., 2009) as well as the Root Economics Spectrum (RES), a conceptual framework proposed by Bergmann et al., (2020) linking environmental gradients, physiological trade-offs, and symbiotic adaptations. This study aims to determine how variations in morphological, architectural, and anatomical root traits are related to the hydric niche of perennial herbaceous species, and to evaluate their contribution to the expansion of the RES. To address this question, we collected 75 species representatives of a wide range of soil moisture niches from natural habitats, identified using the phytosociological indicator values of Philippe Julve. Roots were then scanned and analyzed using the WinRhizo software to measure morphological traits, including mean root diameter (MRD), root tissue density (RTD), and specific root length (SRL), as well as the architectural trait root branching intensity (RBI). In parallel, a subset of the samples was used to measure anatomical traits. Using a paraffin embedding protocol followed by microtome sectioning, we quantified the relative proportions of aerenchyma, xylem, and cortex in the roots.

The results revealed strong correlations between Root Economics Spectrum (RES) trait values (RTD, SRL) and species niche position along the water availability gradient. RTD decreased markedly with increasing water availability in the species' habitat ($R^2 = 0.40^{***}$), whereas SRL and the proportions of aerenchyma and cortex were higher in species from wetter habitats ($R^2 = 0.17^{***}$ and 0.60^{***} , respectively). We detected a strong phylogenetic signal for RBI ($\lambda = 0.95$), but no response to the environmental gradient.

These results show that the Root Economics Spectrum (RES) is strongly structured by the ecological niche of species, particularly their hydric niche, which appears to be a major driver of ecosystem structure and influences species position along the conservation axis.

References:

- Bergmann, J., Weigelt, A., Kuyper, T. W., Guerrero-Ramirez, N., Valverde-Barrantes, O. J., Bruehlheide, H., Freschet, G. T., Iversen, C. M., Kattge, J., McCormack, M. L., Meier, I. C., Rillig, M. C., Roumet, C., Semchenko, M., Sweeney, C. J., van Ruijven, J., York, L. M., & Mommer, L. (2020). The fungal collaboration gradient dominates the root economics space in plants. *SCIENCE ADVANCES*.
- Konapala, G., Mishra, A. K., Wada, Y., & Mann, M. E. (2020). Climate change will affect global water availability through compounding changes in seasonal precipitation and evaporation. *Nature Communications*, 11(1), 3044. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-16757-w>
- Mooney, H., Larigauderie, A., Cesario, M., Elmquist, T., Hoegh-Guldberg, O., Lavorel, S., Mace, G. M., Palmer, M., Scholes, R., & Yahara, T. (2009). Biodiversity, climate change, and ecosystem services. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 1(1), 46-54. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2009.07.006>
- Pearson, R., & Dawson, T. P. (2002). *Blackwell Publishing Ltd*. <https://doi.org/undefined>
- Tabari, H. (2020). Climate change impact on flood and extreme precipitation increases with water availability. *Scientific Reports*, 10(1), 13768. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-70816-2>
- Walsh, J. E., Ballinger, T. J., Euskirchen, E. S., Hanna, E., Mård, J., Overland, J. E., Tangen, H., & Vihma, T. (2020). Extreme weather and climate events in northern areas: A review. *Earth-Science Reviews*, 209, 103324. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103324>
- Weiskopf, S. R., Rubenstein, M. A., Crozier, L. G., Gaichas, S., Griffis, R., Halofsky, J. E., Hyde, K. J. W., Morelli, T. L., Morissette, J. T., Muñoz, R. C., Pershing, A. J., Peterson, D. L., Poudel, R., Staudinger, M. D., Sutton-Grier, A. E., Thompson, L., Vose, J., Weltzin, J. F., & Whyte, K. P. (2020). Climate change effects on biodiversity, ecosystems, ecosystem services, and natural resource management in the United States. *Science of The Total Environment*, 733, 137782. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137782>

Deciphering local and systemic control of root developmental plasticity in white lupin

Authors (speaker underlined): Mélanie GASSER, Morgane TASSAINT, Sébastien BOTT, Benjamin PÉRET

Institute for Plant Sciences of Montpellier (IPSiM), Univ Montpellier, CNRS, INRAE, Institut Agro, Montpellier, France

Contact: benjamin.peret@cnrs.fr

Key words: white lupin; cluster roots; root development; systemic signalling

Abstract:

White lupin (*Lupinus albus*) displays remarkable root developmental plasticity, notably through the formation of cluster roots, highly specialized structures that improve phosphorus acquisition under nutrient-limiting conditions. Using a forward genetics approach, we recently identified **CONSTITUTIVE CLUSTER ROOT 1 (CCR1)** as a major negative regulator of cluster root formation. CCR1 encodes a leucine-rich repeat receptor-like kinase orthologous to the HAR1/SUNN/NARK receptors controlling Autoregulation of Nodulation in legumes. Analysis of *ccr1* mutants and interspecific grafting experiments demonstrated that CCR1 acts systemically from the shoot to coordinately restrict cluster root and nodule formation. These results led us to propose an **Autoregulation of Cluster Root and Nodule Development (AoDev)** pathway, connecting nutrient-dependent systemic signalling with root organogenesis.

We are now extending this framework through the characterization of additional mutants affecting cluster root development. In particular, **CCR2** defines a distinct regulatory mechanism acting locally in the root. Its molecular and functional characterization provides an opportunity to understand how local and systemic regulatory pathways interact to shape root developmental responses to nutrient availability.

To accelerate the discovery and functional analysis of genes controlling these processes, we have developed a large-scale **TILLING population in white lupin**. Combined with targeted mutation screening approaches, this resource provides access to allelic series in genes of interest and considerably expands the genetic toolkit available for this still underexploited crop species. It complements our forward genetic screens and establishes a reverse-genetics framework for testing candidate regulators of root development and nutrient responses.

Together, these approaches illustrate how the combination of forward and reverse genetics can uncover the molecular mechanisms coordinating root system architecture with nutrient availability and establish white lupin as a powerful model to investigate developmental adaptations of legume roots.

References:

Marquès L, Divol F, Boultif A, Garcia F, Soriano A, Maurines-Carboneill C, Fernandez V, Verstraeten I, Pidon H, Izquierdo E, Hufnagel B and Péret B. (2025) The white lupin CCR1 receptor-like kinase controls systemic Autoregulation of Cluster Root and Nodule Development. Proc Natl Acad Sci USA. doi: [10.1073/pnas.2418411122](https://doi.org/10.1073/pnas.2418411122)

MIXROOT-C : les systèmes de cultures diversifiés comme levier pour augmenter les apports de Carbone racinaire au sol

Gabin Piton¹, Jeremy Detrey¹, Amar Hidjeb¹, Jose-Antonio Navarro-Cano², Diego Abalos³, Abdulkadir Bal⁴, Simon Boudsocq¹, Jose-Antonio González Pérez⁶, Josej Hakl⁷, Jonathan Holland⁸, Zuzana Hrevušová⁷, Katja Klump⁹, Zhi Liang³, Frederique Louault⁹, Esben Øster Mortensen³, Layla San-Emeterio⁶, Ansa Palojarvi¹⁰, Catherine Picon-Cochard⁹, Chiara Pistocchi¹¹, Ilevina Sturite¹², Frederic Rees⁵, Celine Richard-Molard⁵, Monika Toleikienė¹³, Agne Versulienė¹³, Pirjo Yli-Hemminki¹⁰, Jim Rasmussen³, Isabelle Bertrand¹

¹ INRAE-IRD-CIRAD-SupAgro, University Montpellier, UMR Eco&Sols, Montpellier, France, ² INIA – CSIC, Madrid, Spain, ³ Aarhus University, Tjele, Denmark, ⁴ GAP Agricultural Research Institute, Sanliurfa, Turkey, ⁵ INRAE - AgroParisTech, Université Paris-Saclay, UMR EcoSys, France, ⁶ IRNAS-CSIC, Seville, Spain, ⁷ Czech University of Life Sciences Prague, Praha-Suchbát, CZU, ⁸ AFBI, Belfast, UK, ⁹ INRAE, Université Clermont Auvergne, Vetagro Sup, UREP, Clermont-Ferrand, France, ¹⁰ Natural Resources Institute (LUKE), Helsinki, Finland, ¹¹ SupAgro Montpellier, France, ¹² NIBIO, Ås, Norway, ¹³ LAMMC, Akademija, Lithuania

Contact: gabin.piton@inrae.fr

Key words (max 5): Diversification, biomasse racinaire, turnover, rhizodéposition, traits

Abstract (max 350 words):

Les estimations de la biomasse racinaire et des apports de C racinaire au sol dans les systèmes de cultures restent encore très incertaines alors que leur potentiel pour augmenter les stocks de C organique du sol est de plus en plus souligné (Jackson et al. 2017). Ce potentiel pourrait être d'autant plus important dans les horizons au-dessous de la couche labourée (subsoil) où les conditions pourraient être d'autant plus favorable à la séquestration de C à long terme. Les systèmes diversifiés, tels que les cultures intercalaires, les prairies à haute diversité et l'agroforesterie pourraient constituer des stratégies pour augmenter la biomasse racinaire, et les apports de C racinaire au sol (turnover racinaire et rhizodéposition). Le projet Européen MIXROOT-C (EJP-Soil) a eu pour objectif d'évaluer ce potentiel sur un réseau de sites Européens. Des mesures harmonisées sur le topsoil et le subsoil (0-100cm) ont été réalisées sur 2022 et/ou 2023 sur 19 sites répartis du nord (Norvège) au Sud (Turquie/Espagne) de l'Europe : 5 sites en grandes cultures (GC), 4 de prairies temporaires (PT), 5 de prairies permanentes (PP) et 5 agroforestiers (AF). L'étude des biomasses confirme le potentiel de la diversification à augmenter (PT, AF) ou au moins maintenir (GC) la biomasse racinaire, tout en augmentant la production aérienne (PT, AF) ou en la maintenant tout en réduisant la fertilisation (GC). L'étude du turnover racinaire (ie. Renouvellement lié à la mortalité) des systèmes pérennes (PT, PP, AF) indique des variations d'un facteur 10 à travers l'Europe. Celle-ci apparaît d'abord expliquée par les gradients de sols et de traits racinaires couverts par les sites et dans une moindre mesure par leurs différences de climats. L'influence des stratégies de diversification déployées au sein de chaque site apparaît limitée. Finalement, l'étude de la rhizodéposition par traçage isotopique *in situ* sur 2 sites indique que l'allocation du C à la rhizodéposition (estimée net) est très variable et peut largement dépasser chez certaines espèces les coefficients moyens généralement considérés (Pausch and Kuzyakov, 2017). Ces variations apparaissent cependant prédictibles par les traits racinaires.

References: Jackson, Robert B., et al. "The ecology of soil carbon: pools, vulnerabilities, and biotic and abiotic controls." *Annual review of ecology, evolution, and systematics* 48 (2017): 419-445. / Pausch, Johanna, and Yakov Kuzyakov. "Carbon input by roots into the soil: quantification of rhizodéposition from root to ecosystem scale." *Global change biology* 24.1 (2018): 1-12.

Genetic and Functional Determinants of Rhizosheath Formation in Pearl Millet (*Pennisetum glaucum*) : An Adaptive Trait Enhancing Resilience to Water Deficit Stress and Shaping the Rhizosphere Microbiota

Authors : **Marcel Nahim DIOUF**^{1,2}, Laurent LAPLAZE³, Laurent COURNAC^{1,2}

¹ IRD, Eco&Sols, Université de Montpellier, CIRAD, INRAE, Institut Agro, Montpellier, France

² IRD, Eco&Sols, LMI-IESOL, Dakar, Senegal

³ IRD, DIADE, Université de Montpellier, CIRAD, Montpellier, France

Contact: marcel.diouf@ird.fr

Key words: Pearl Millet, Rhizosheath, Rhizosphere, Water stress, Bacteria

Abstract:

Water and nutrient constraints are major factors limiting agricultural productivity worldwide. Among the strategies developed by plants to improve the acquisition of soil resources, rhizosheath formation, defined as the adhesion of soil particles to roots, is thought to play a role in tolerance to abiotic stresses. However, the mechanisms involved, as well as the effects of this trait on soil properties and the rhizosphere microbiota, remain poorly documented.

This study aims to better understand the genetic and functional determinants of rhizosheath formation in pearl millet (*Pennisetum glaucum*). A panel of near-isogenic lines (BC₂F₄), were generated by 2 back crosses in the high rhizosheath line genetic background followed by 4 cycles of selfing. These recombinant lines were phenotyped under controlled conditions. Rhizosheath size was estimated from the ratio of the mass of root adhering soil to root tissue biomass (RAS/RT). Lines contrasting for this trait were then subjected to different water regimes (well-watered, moderate water stress, and severe water stress). The bacterial community associated with the rhizosheath was characterized by 16S rRNA gene sequencing. The results reveal significant genetic variability in rhizosheath size despite the strong genetic proximity of the lines studied. Lines with a high rhizosheath size displayed better root development, greater maintenance of growth under moderate water stress, and improved water retention in the rhizosphere. Furthermore, the rhizosheath appears to act as a compartment for microbial selection, with higher bacterial abundance in lines with a high rhizosheath size under water constraint. These results suggest that the rhizosheath constitutes a promising adaptive trait for improving crop resilience to abiotic stresses. They also highlight the value of integrating plant–soil–microorganism interactions into varietal selection strategies.

References:

DIOUF, Marcel Nahim, NAKOMBO-GBASSAULT, Princia, SANÉ, Youssoupha, et al. Rhizosheath formation is positively correlated with retention of water in the rhizosphere and water deficit stress tolerance in pearl millet. *Scientific African*, 2025, p. e03103.

DE LA FUENTE CANTÓ, Carla, DIOUF, Marcel Nahim, Mbourou Nelly, NDOUR, Papa Mamadou Sitor, et al. Genetic control of rhizosheath formation in pearl millet. *Scientific Reports*, 2022, vol. 12, p. 9205.

NDOUR, Papa MS, GUEYE, Mariama, BARAKAT, Mohamed, et al. Pearl millet genetic traits shape rhizobacterial diversity and modulate rhizosphere aggregation. *Frontiers in Plant Science*, 2017, vol. 8, p. 1288.

How multispecies grasslands with low N inputs can improve soil N cycling under temperate conditions?

Authors: **Antonio Rodriguez**¹, Abad Chabbi^{1,2}, Cornelia Rumpel³, Gaetan Louarn¹

¹Unité de recherche pluridisciplinaire prairies et plantes fourragères (URP3F), Centre de recherche INRAE Nouvelle-Aquitaine-Poitiers, France

²UMR ECOSYS, Ecologie fonctionnelle et écotoxicologie des agroécosystèmes Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, France

³CNRS, Institute of Ecology and Environmental Sciences, UMR 7618, CNRS-Sorbonne University-INRAE-UPEC-IRD, 75005 Paris, France

Contact: antonio.rodriguez@inrae.fr

Key words (max 5): ley grasslands, soil exoenzymes, nitrogen cycle, plant quality, taproots

Abstract (max 350 words):

Agricultural intensification plays a major role in altering carbon and nutrient cycles, thereby contributing to global-change threats such as climate warming and ecosystem eutrophication. A promising solution to these drawbacks is the swift to a biological diversification of farming systems that can maintain productivity while partially closing the carbon and nutrient cycles. One example of these diversified farming systems are multi-specific ley grasslands introduced in cropping rotations. By selecting plant species and varieties with particular traits, mixtures of forage plants can be designed for multiple purposes, thereby introducing the positive effects of biodiversity on ecosystem multifunctionality.

In this talk I will present recent results from our Legacy experiments, which assess the yield and soil benefits of multispecies grassland leys, as well as their legacy effects on follow-on crops in a rotation. These experiments consist on grassland plots that were established systematically, varying in the proportions of six contrasted species (*Lolium perenne*, *Festuca arundinacea*, *Medicago sativa*, *Trifolium pratense*, *Plantago lanceolata* and *Cichorium intybus*), ranging from monocultures up to six species mixtures, and plots were monitored for a suite of responses.

I will show how biochemical composition of plant organs (above-ground parts, roots and taproots) varied across the different plant communities, and how the potential activity of soil exoenzymes and soil ammonium stocks decreased in six species mixtures compared to monocultures. These preliminary results may serve as a basis for reflection on the role of root systems in the effects of plant-community composition on soil processes, as well as to inspire the meeting participants to build collaborations to test new hypotheses.

References:

O'Malley, J., Finn, J. A., Malisch, C. S., Suter, M., Meyer, S. T., Peratoner, G., Thivierge, M.-N., Abalos, D., Adler, P. R., Bezemer, T. M., Black, A. D., Ergon, Å., Golińska, B., Grange, G., Hakl, J., Hoekstra, N. J., Huguenin-Elie, O., Jing, J., Jungers, J. M., ... Brophy, C. (2026). Multispecies grasslands produce more yield from lower nitrogen inputs across a climatic gradient. *Science*, 391(6781), 179–183. <https://doi.org/10.1126/science.ady0764>

Mise au point et évaluation de stratégies de protection des cultures de poireau contre *Thrips tabaci* à l'aide de plantes de service

Sébastien PICAULT¹, Charlotte LE PENNEC¹, Mathis INGREMEAU^{1,2}, Mohamed KONE^{1,3}, Jean-Charles MIDON^{1,4}, Loïc FOUYER¹, Moussa DIOP^{1,5}

¹ CTIFL, 35 allée des sapins, ZI Belle Etoile – Antares 44483 Carquefou Cedex

² ENSAIA, 2 avenue de la forêt de Haye BP 20163 54505 Vandœuvre-lès-Nancy

³ ISTOM, 4 rue Lakanal 49000 Angers

⁴ Université de Montpellier, place Eugène Bataillon 34095 Montpellier

⁵ ISARA, Agrapole, 23 rue Jean Baldassini 69367 Lyon Cedex 07

Contact : sebastien.picault@ctifl.fr

Mots-clefs :

Poireau, *Thrips tabaci*, huiles essentielles, lutte biologique

Résumé :

En culture de poireau, le thrips *Thrips tabaci* peut entraîner des pertes économiques importantes en dégradant la qualité commerciale du produit final. Afin de maintenir les populations de ce ravageur en-deçà du seuil de nuisibilité économique, deux stratégies de protection agroécologiques ont été mises au point par le CTIFL et ses partenaires dans le cadre du projet INSPIQ. La première consiste à empêcher l'installation de *T. tabaci* dans la culture en repoussant les individus avec des odeurs de plantes (rue officinale, reine des prés, coriandre) ou d'huiles essentielles (microcapsules ou amalgames de microcapsules d'huile essentielle de coriandre) [1]. La seconde consiste à favoriser les processus de régulation naturelle en attirant les prédateurs de thrips dans la culture avec des plantes pollinifères, nectarifères et banques (lutte biologique par conservation) [2]. L'efficacité de ces stratégies a été évaluée en 2025 et 2026 dans le cadre de dispositifs expérimentaux en blocs complets. Les résultats obtenus montrent que l'association de rue officinale, de reine des prés ou de coriandre au poireau permet de réduire de 50% à 60% la densité d'activité journalière de *T. tabaci* et le niveau d'infestation des plantes par *T. tabaci* par rapport à un témoin non traité. Cependant, l'effet sur le niveau de sévérité des dégâts subséquents n'est pas significatif. En conditions contrôlées, l'effet répulsif de l'huile essentielle de coriandre est très fort (80% des individus adoptent un comportement de fuite lorsqu'ils sont soumis à l'odeur de cette huile essentielle), mais cet effet disparaît au champ lorsque l'huile essentielle est pulvérisée sur le feuillage des plantes sous forme de microcapsules. En revanche, l'utilisation d'amalgames de microcapsules d'huile essentielle de coriandre (granulés placés dans un panier au centre de parcelles élémentaires de 44m²) permet de réduire significativement la sévérité des dégâts de thrips. Néanmoins, le niveau d'efficacité de cette stratégie reste pour le moment insuffisant (31%). Enfin, la stratégie de lutte biologique par conservation a permis de réduire le niveau d'infestation des cultures de poireau de façon significative, avec une efficacité de 40 à 50%.

Références:

[1] Sébastien Picault, Anne Marie Cortesero, Hélène Gautier, Laurent Gomez, Juliette Pellat, 2025. REPULSE : mise au point et évaluation de stratégies de protection des cultures légumières contre les ravageurs basées sur l'utilisation de plantes répulsives. Innovations Agronomiques, 107, pp.163-176.

[2] Gagnon A-E., Fortier A.M., Audette C., 2024. Biological Control and Habitat Management for the Control of Onion Thrips, *Thrips tabaci* Lindeman (Thysanoptera: Thripidae), in Onion Production in Quebec, Canada. Insects, 15(4), 232.

Résumés des posters

Dynamics of root physiological and developmental responses to nitrate heterogeneity in *Arabidopsis thaliana*

Cannelle Armengaud¹, Xingyu Zheng², Amandine Crabos¹, Philippe Nacry¹, Romain Fernandez³, Thibaut Perez¹, Benoît Lacombe¹, Fanchon Divol¹, Esther Izquierdo-Alegre¹, Virginia Protto¹, Gabriel Krouk¹, Saket Navlakha² and Sandrine Ruffel¹

¹ IPSiM, CNRS, INRAE, Montpellier, France; ² CHSL, Simons Center for Quantitative Biology, Cold Spring Harbor, NY, USA; ³AGAP Institut, Cirad, Montpellier, France

Contact: cannelle.armengaud@inrae.fr

Key words (max 5): Nitrate, root development, heterogeneity, transport

Abstract (max 350 words):

Nitrate (NO₃⁻), a major nitrogen source limiting plant growth, is heterogeneously distributed in soil. To cope with this, plants integrate local and systemic N signals to optimize uptake and root architecture. Indeed, roots display preferential growth and enhanced uptake in NO₃⁻-rich patches compared to homogeneous conditions, revealing systemic and compensatory regulation. However, the temporal coordination of these responses was unknown.

Using split-root experiments, dynamic root phenotyping and NO₃⁻ influx measurements we capture the response sequence. Within hours, heterogeneity triggers a transient systemic regulation of the high-affinity transport system (HATS) with local primary root modulation, followed by regulation of lateral root development and systemic regulation of the low-affinity transport system (LATS). Using a HATS-impaired mutant, we show HATS is required for regulation of LATS and part of root development responses.

Our results provide a temporal framework for responses to heterogeneity, paving the way for molecular analyses to identify regulatory modules coordinating nutrient uptake with developmental plasticity.

References:

- Ruffel, Sandrine, Gabriel Krouk, Daniela Ristova, Dennis Shasha, Kenneth D. Birnbaum, et Gloria M. Coruzzi. 2011. « Nitrogen Economics of Root Foraging: Transitive Closure of the Nitrate-Cytokinin Relay and Distinct Systemic Signaling for N Supply vs. Demand ». *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 108 (45): 18524-29. <https://doi.org/10.1073/pnas.1108684108>.
- Ruffel, Sandrine, Arthur Poitout, Gabriel Krouk, Gloria M. Coruzzi, et Benoit Lacombe. 2016. « Long-Distance Nitrate Signaling Displays Cytokinin Dependent and Independent Branches ». *Journal of Integrative Plant Biology* 58 (3): 226-29. <https://doi.org/10.1111/jipb.12453>.
- Poitout, Arthur, Amandine Crabos, Ivan Petřík, et al. 2018. « Responses to Systemic Nitrogen Signaling in Arabidopsis Roots Involve Trans-Zeatin in Shoots ». *The Plant Cell* 30 (6): 1243-57. <https://doi.org/10.1105/tpc.18.00011>.

Root metaxylem area influences drought tolerance and transpiration in pearl millet in a soil texture dependent manner

Authors (speaker underlined): Pablo AFFORTIT^{1*}, Luke BARRY^{1*}, Awa FAYE^{2*}, Dylan H. JONES^{3*}, Philip HEGARTY⁴, Daniela N'DO⁵, Rime FARSSI⁵, Juan C. BACA CABRERA⁶, Aurélien LENGREND⁷, Ezenwoko BENSON⁸, James BURRIDGE¹, Mame Sokhatil NDOYE², Daniel MOUKOUANGA¹, Prakash GANGASHETTY⁹, Mohammed RIYAZADDIN⁹, Stephanie BARNARD³, Rahul BHOSALE³, Tony PRIDMORE⁸, Pascal GANTET¹, Vincent VADEZ^{1,2}, Philippe CUBRY¹, Sylvain DELZON⁵, Mathieu JAVAUX⁷, Tina KOEHLER⁴, Bassirou SINE², Ndjido KANE², Malcolm BENNETT³, Jonathan A. ATKINSON³, Laurent LAPLAZE¹, Darren M. WELLS³, Alexandre GRONDIN^{1,2}

¹ DIADE, IRD, Université de Montpellier, CIRAD, Montpellier France

² CERAAS, Institut Sénégalais des Recherches Agricoles (ISRA), Thiès, Senegal

³ School of Biosciences, University of Nottingham, Sutton Bonington, United Kingdom

⁴ Root-Soil Interaction, TUM School of Life Sciences, Technical University of Munich, Emil-Ramann-Str. 4/II, 85354 Freising, Germany

⁵ UMR BIOGECO, INRAE, University of Bordeaux, Cestas, France

⁶ Forschungszentrum Jülich GmbH, Institute of Bio- and Geoscience: Agrosphere (IBG-3),

⁷ Earth and Life Institute, Environmental Sciences (ELIE), UCLouvain, Louvain-la-Neuve, 1348 Ottignies-Louvain-la-Neuve, Belgium

⁸ School of Computer Science, University of Nottingham, United Kingdom

⁹ International Crop Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT), Niamey, Niger

Contact: luke.barry@ird.fr

Key words: Pearl millet, drought, metaxylem vessel, transpiration restriction, soil hydraulics.

Abstract (max 350 words): Pearl millet is a key cereal for food security in drylands but its yield is strongly impacted by drought. We investigated how root anatomical traits contribute to mitigating the effects of vegetative drought stress in pearl millet. We examined associations between root anatomical traits and agronomical performance in a pearl millet diversity panel under irrigated and vegetative drought stress treatments in field trials. The impact of associated anatomical traits on transpiration was assessed using subpanels grown in different soil within a greenhouse. In the field, total metaxylem area was positively correlated with grain weight and its maintenance under drought. In the greenhouse, genotypes with larger metaxylem area grown in sandy soil exhibited a consumerist water use strategy under irrigation, which shifted to a conservative strategy under drought. Water savings was mediated by transpiration restriction under high evaporative demand. This mechanism was dependent on soil hydraulics as it was not observed in peat soil with higher hydraulic conductivity upon soil drying. We propose that water savings under drought, mediated by large metaxylem area and its interaction with soil hydraulics, help mitigate vegetative drought stress. Our findings highlight the role of soil hydraulic properties in shaping plant hydraulics and drought tolerance.

References:

1. Baca Cabrera, J. C. et al. Root anatomical gradients and cultivar differences underlie variation in root hydraulic properties in German winter wheat. *J Exp Bot* 177 (2026) doi:10.1093/jxb/erag177.
2. Cai, G. et al. Transpiration response to soil drying and vapor pressure deficit is soil texture specific. *Plant Soil* 500, 129–145 (2024).
3. Carminati, A. & Javaux, M. Soil Rather Than Xylem Vulnerability Controls Stomatal Response to Drought. *Trends in Plant Science* 25, 868–880 (2020).
4. Kholová, J., Hash, C. T., Kakker, A., Kočová, M. & Vadez, V. Constitutive water-conserving mechanisms are correlated with the terminal drought tolerance of pearl millet [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.]. *J Exp Bot* 61, 369–377 (2010).
5. Koehler, T. et al. Going underground: soil hydraulic properties impacting maize responsiveness to water deficit. *Plant Soil* 478, 43–58 (2022).
6. Tardieu, F., Draye, X. & Javaux, M. Root Water Uptake and Ideotypes of the Root System: Whole-Plant Controls Matter. *Vadose Zone Journal* 16, vzj2017.05.0107 (2017).
7. Trachsel, S., Kaeppler, S. M., Brown, K. M. & Lynch, J. P. Shovelomics: high throughput phenotyping of maize (*Zea mays* L.) root architecture in the field. *Plant Soil* 341, 75–87 (2011).

Building a cheap and efficient root system through gravitropism

Authors (speaker underlined): Mado BARTHOD¹, Matthieu Pierre PLATRE¹, Christophe PRADAL²

¹ Institute for Plant Sciences of Montpellier (IPSiM), UMR IPSiM, IBIP, Bât. 7 – 2 place Pierre Viala, 34060 Montpellier cedex 2, FRANCE

² Institute of Genetic Improvement and Adaptation of Mediterranean and Tropical Plants (AGAP), TA A-108/01, Avenue d'Agropolis, F-34398 Montpellier Cedex 5, FRANCE

Contact: mado.barthod@umontpellier.fr

Key words (max 5):

- Architecture du système racinaire
- Changement climatique
- Modélisation
- Plasticité
- Phénotypage à haut débit

Abstract (max 350 words):

Root systems are essential for plant survival, adaptation and development. They ensure anchorage and soil foraging through **Growth**, and enable distribution of photoassimilates, nutrients, and water through **Transport**. Like all transport networks, plants must optimize their **Root System Architecture (RSA)** to maximize transport efficiency (**Transport**) while minimizing growth in order to reduce construction cost (**Cost**). However, these objectives are competitive: improving one negatively impacts the other, leading to a **cost-efficiency tradeoff**. To determine whether RSAs follow transport network design principle by finding a solution that satisfies both constraints, we use a Pareto-based graph framework. It defines the range of possible optimal RSAs for the tradeoff and assesses whether the observed RSA is following Pareto optimality. Knowing that this Pareto optimality is conserved across plants species, under natural and laboratory conditions¹, we wondered: **What are the biological mechanisms driving the RSA Pareto Optimality conservation in root systems?**

References:

1. Faizi *et al.* (2025), *BioRxiv*, 10.1101/2025.07.25.666579.
2. Lanza *et al.* (2012), *Dev Cell*, 10.1016/j.devcel.2012.04.008
3. Armengot *et al.*, (2016), *Journal of Experimental Botany*, 10.1093/jxb/erw216
4. Friml *et al.*, (2002), *Nature*, 10.1038/415806a
5. Retzer *et al.* (2019), *Nature Communications*, 10.1038/415806a
6. Zheng *et al.*, (2015), *Molecular Plants*, 10.1016/j.molp.2014.12.021
7. González-García *et al.*, (2011), *Development*, 10.1242/dev.057331

Augmenter la persistance des champignons entomopathogènes à proximité des racines de vignes par l'utilisation d'un couvert végétal inoculé, afin de protéger ses racines contre des ravageurs telluriques

Eva COURCHINOUX¹, Leana GOORIAH¹, Juan Ramón CORTEGOSO CONTRERAS², Daciana PAPURA¹

¹ UMR SAVE, Santé et Agroécologie du vignoble, INRAE/Bordeaux Sciences Agro, 71 Avenue Edouard Bourlaux, CS 20032, 33882 Villenave-d'Ornon cedex, France

² Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ciencias Agrarias. Departamento de Ciencias Biológicas. Almirante Brown 500, Chacras de Coria M5528AHB, Argentina

Contact : eva.courchinoux@inrae.fr

Mots clefs : champignon entomopathogène – biocontrôle - racines – insectes telluriques – couvert végétal

Résumé :

Les champignons entomopathogènes jouent un rôle important dans la régulation naturelle des ravageurs tout en établissant des relations mutuelles avec les plantes (Randot & Reineke, 2018). Leur capacité à coloniser la rhizosphère et l'endosphère de plantes en fait des outils prometteurs en protection contre les ravageurs telluriques.

Parmi eux, *Metarhizium robertsii* est naturellement présent dans les sols agricoles et est en capacité de coloniser la rhizosphère et l'endosphère de diverses espèces végétales, dont la vigne *Vitis vinifera*. Il est capable de persister dans ses racines jusqu'à 3 mois post-inoculation, en induisant ainsi une réduction significative des dégâts causés par le phylloxéra radicicole *Daktulosphaira vitifoliae*, un ravageur tellurique de la vigne (Ponchon et al, 2024). Afin d'augmenter la persistance de cette relation avec la vigne, l'utilisation d'un couvert végétal préalablement inoculé avec *M. robertsii* a été étudiée dans des conditions contrôlées et aussi sur le terrain.

Des graines de trois espèces, l'avoine (*Avena sativa*), la féverole (*Vicia faba*) et le trèfle incarnat (*Trifolium incarnatum*), utilisées seules ou en mélange en couvert végétal habituellement planté dans les vignobles champenois, ont été inoculées avec une suspension de spores de *M. robertsii*. Elles ont ensuite été semées en pots, dans des conditions contrôlées (phytotron) et en mélange ((avoine et trèfle) dans l'inter-rang de deux parcelles de vignes.

Les résultats démontrent que *M. robertsii* s'associe et est capable de persister jusqu'à 6 mois au niveau des racines (rhizosphère) des trois espèces du couvert végétal testées seules ou en mélange aussi bien en conditions contrôlées (50-100 %) qu'en conditions de terrain (83-100%). Ainsi, ce couvert végétal inoculé pourrait jouer un rôle de réservoir supplémentaire de *M. robertsii* dans les sols viticoles, à proximité des pieds de vigne à protéger contre les ravageurs telluriques. Des études complémentaires sont en cours afin de mettre en évidence le transfert de l'inoculum associé aux racines de ce couvert végétal vers les racines de vignes. Cette approche permettrait la mise en œuvre effective d'une stratégie de lutte biologique à l'échelle parcellaire.

Références :

Randot Y, Reineke A (2018) Endophytic *Beauveria bassiana* in grapevine *Vitis vinifera* (L.) reduces infestation with piercing-sucking insects. Biological Control 116:82–89.

<https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2016.10.006>

Ponchon M, Papura D, López-Plantey R, Joubard B, Singh M, Rahmani K, Reineke A, Thiéry D (2024) Potential of the entomopathogenic fungus *Metarhizium robertsii* to control radicicole grape phylloxera *Daktulosphaira vitifoliae*. Entomologia Generalis 44 : 937-948 .

<https://doi.org/10.1127/entomologia/2024/2689>

Régulation de l'érosion hydrique par les racines de la végétation des milieux cultivés

Authors (speaker underlined): Sixtine CUEFF

¹ INRAE, LISAH, 2 place Pierre Viala, Montpellier, France

Contact: sixtine.cueff@inrae.fr

Key words (max 5): érosion hydrique, végétation, racine, sol, agrégat

Abstract (max 350 words):

Mes recherches portent sur l'étude des interactions entre l'érosion hydrique et la végétation des milieux cultivés (végétation naturelle et cultivée). Cette dernière constitue un levier de régulation majeur, agissant sur les différents sous-processus de l'érosion hydrique, aussi bien par le biais des organes aériens que souterrains. Ces effets dépendent également du contexte pédologique dans lequel évolue la végétation, de sa phénologie saisonnière et des opérations de gestion.

Une part importante de mes travaux actuels vise à caractériser les effets des stratégies de gestion de la végétation en inter-rang de vigne sur deux propriétés du sol indicatrices de la sensibilité des sols à l'érosion : stabilité des agrégats et conductivité hydraulique. Un de mes projets en cours porte sur les effets du type de sol et de végétation (naturelle ou semée) sur la stabilité des agrégats. Pour mettre en évidence les effets des parties racinaires de la végétation, des traits morphologiques (biomasse, longueur, etc.) et chimiques (C/N) ont été mesurés sur les racines. Des travaux complémentaires seront menés pour déterminer la part d'effet liée à la stimulation des microorganismes au voisinage des racines. Enfin, des travaux à venir se concentreront sur l'évolution saisonnière des effets des racines sur la stabilité des agrégats et la conductivité hydraulique à saturation, en lien avec la dynamique racinaire au cours d'une saison culturale. En complément d'un suivi in situ, une expérimentation en condition contrôlée permettra d'évaluer plus spécifiquement les effets du processus de rhizodéposition et de création/obturation des pores par les racines sur ces deux propriétés.

Une autre partie de mes recherches s'intéresse aux effets de la végétation sur le ruissellement et l'érosion hydrique. Prochainement, une expérimentation au champ de simulation de pluie visera à caractériser les effets de la présence d'un couvert de sorgho fourrager, de sa modalité d'implantation et d'irrigation sur la dynamique du ruissellement et de l'érosion hydrique. Pour évaluer les effets spécifiques aux racines, les systèmes racinaires seront caractérisés. Des simulations seront également menées sur des modalités de sorgho sans la partie aérienne.

Grapevine root systems show strong plasticity in response to soil texture in Bordeaux vineyards

Louis DELVAL¹, Charli DELAYRE¹, Clément SAINT CAST¹

¹EGFV, Univ. Bordeaux, Bordeaux Sciences Agro, INRAE, ISVV, F-33882 Villenave d'Ornon, France

Contact: louis.delval@inrae.fr

Key words: Grapevine, rootstock, soil texture, plasticity

Abstract

In viticulture, grapevine water deficit significantly impacts the yield and quality of the wine produced (van Leeuwen et al., 2018). One of the practices that can influence grapevine water status is the choice of the rootstock onto which the grape variety is grafted (Bernardo et al., 2025). Numerous studies, conducted in a common garden, have shown that the rootstock partly defines the morphological and geometrical root traits in the soil, impacting water uptake (Ollat et al., 2015). However, while it is well known that the root system is also highly responsive to the erratic conditions through plasticity, few studies have attempted to quantify how soil—and in particular soil texture—affects structural and functional root traits in grapevines. We worked on a 11-year-old vineyard plot of *Vitis vinifera* cv. Merlot grafted on 3309C, characterized by significant spatial heterogeneity in soil texture, i.e., clay soil in the west and gravelly sandy clay soil in east of the field. By digging 2-meter-deep pits in each soil type, we collected soil samples from each horizon to analyze their physicochemical properties. We also analyzed root distribution using a wire mesh grid, as well as root geometrical, morphological and anatomical traits from 1 dm³ undisturbed soil cubes and fine-root samples. Although the plant material was similar in both soil types, we observed significant differences in the root systems, including a more uniform root distribution and finer roots in the clay soil profile. These preliminary results show that a single grapevine rootstock adjusts its growth in response to soil properties and resource availability. This plasticity in response to the belowground environment is essential, particularly for perennial plants which must be able to perform across various pedoclimatic scenarios.

References:

- Bernardo, S., Marguerit, E., Ollat, N., Gambetta, G.A., Saint Cast, C., de Miguel, M., 2025. Root system ideotypes: what is the potential for breeding drought-tolerant grapevine rootstocks? *J Exp Bot* 76, 2970–2984. <https://doi.org/10.1093/jxb/eraf006>
- Ollat, N., Peccoux, A., Papura, D., Esmenjaud, D., Marguerit, E., Tandonnet, J.-P., Bordenave, L., Cookson, S. j., Barrieu, F., Rossdeutsch, L., Lecourt, J., Lauvergeat, V., Vivin, P., Bert, P.-F., Delrot, S., 2015. Rootstocks as a component of adaptation to environment, in: *Grapevine in a Changing Environment*. John Wiley & Sons, Ltd, pp. 68–108. <https://doi.org/10.1002/9781118735985.ch4>
- van Leeuwen, C., Roby, J.-P., Rességuier, L. de, 2018. Soil-related terroir factors: a review. *OENO One* 52, 173–188. <https://doi.org/10.20870/oenone.2018.52.2.2208>

The colonization of the *Arabidopsis* root system by either *Pseudomonas simiae* WCS417 or *Pseudomonas ogarae* F113 is having common and specific impacts on the iron transport and homeostasis transcriptional machinery.

Leo GIORNELLI¹, Pierre BOULANGER¹, Lilou HENRENT¹, Florence VIGNOLS¹, Christian DUBOS¹, Guilhem DESBROSSES¹

IPSiM, Univ Montpellier, CNRS, INRAE, Institut Agro, Place Viala, Montpellier, France

Contact: guilhem.desbrosses@umontpellier.fr

Key words : *Arabidopsis*, iron uptake, iron homeostasis, beneficial interaction, *Pseudomonas*

Abstract :

The ability of iron, the most abundant metal on earth, to accept or donate an electron makes this element a pivotal player in the biochemistry of both plants and the individual bacteria that compose their microbiota. Consequently, in the environment, plants and bacteria can be expected from a reductionist perspective, to compete for this resource. Yet, some of the best illustrations of their respective iron requirements comes from associative symbiosis, in which bacteria can enhance plant iron uptake while plants support their rhizobacterial partners through the exudation of C-rich compounds. To explore this paradox, we grew *in vitro* *Arabidopsis* plantlets inoculated or not with either *Pseudomonas simiae* WCS417 a bioprotective strain known to promote iron uptake in plants¹ or *Pseudomonas ogarae* F113 a strain well-documented for its plant growth-promoting activity². We then examined the impact of both strains on the transcriptional regulation of genes involved in iron transport and as well as iron homeostasis.

In our biological system, both strains promote major changes in root development that are likely to affect the iron transport and homeostasis pathways. We confirmed the ability of WCS417 to activate *IRT1* transcription. Interestingly, this transcriptional activation was observed only when the bacteria colonized the root surface. In contrast, F113 did not induce a similar increase in *IRT1* transcription. We also found that both strains were able to activate *FER1* transcription when present in the vicinity of the roots as well as when colonizing the roots surfaces.

Taken together these results indicate the transcriptional network controlling iron uptake and homeostasis is a useful model to distinguish between bacterial strains that otherwise have similar effects on root development. They also suggest that unlike Ferritin, *IRT1* is involved in a specific response elicited by WCS417. Further work will extend this investigation to other genes such as PDR9 and NPF2.7 which are involved in coumarin-mediated iron transport.

References:

1 DOI: 10.1111/tpj.12995

2 DOI: 10.1094/MPMI-07-17-0185-R

RHIZOSCOPE : Root phenotyping under controlled semi-hydroponic conditions

Authors (speaker underlined): Denis FABRE¹, Thomas LAISNÉ²

¹ CIRAD, AGAP Institute, Ecophysiology Platform, 389 av. Agropolis, Montpellier, France

² CIRAD, AGAP Institute, Ecophysiology Platform, 389 av. Agropolis, Montpellier, France

Contact: thomas.laisne@cirad.fr

Key words (max 5): Phénotypage racinaire, hydroponie, architecture, analyse d'images

Abstract (max 350 words):

Le système racinaire joue un rôle majeur dans l'acquisition de l'eau et des éléments minéraux, ainsi que dans l'adaptation des plantes aux contraintes environnementales. Son étude reste cependant difficile, notamment en raison du caractère souterrain et complexe des racines.

Développé au CIRAD, le Rhizoscope est un dispositif de phénotypage racinaire permettant de caractériser l'architecture et la morphologie des systèmes racinaires dans des conditions semi-hydroponiques contrôlées. Il comprend 192 rhizoboxes en Plexiglas, réparties dans quatre bacs contenant une solution nutritive aérée et recyclée. Les rhizoboxes sont remplies de billes de verre transparentes, qui assurent le maintien des racines tout en imposant une contrainte mécanique homogène.

Ce dispositif permet de cultiver simultanément un grand nombre de plantes et d'observer leur système racinaire jusqu'à environ 30 jours après le semis. Après retrait des billes de verre, des images à haute résolution sont acquises puis analysées afin de mesurer différents caractères, notamment la longueur, le diamètre et le nombre de racines, leur profondeur, leur angle de croissance, ainsi que les biomasses racinaires.

Il constitue un outil adapté à l'étude de la diversité génétique et de la plasticité racinaire en réponse aux contraintes environnementales. Les données produites peuvent ainsi contribuer à l'identification de caractères et de déterminants génétiques associés à une meilleure acquisition des ressources et à l'adaptation des plantes aux stress multiples.

References:

Courtois B. et al. (2013). Genome-wide association mapping of root traits in a japonica rice panel. PLOS ONE, 8, e78037.

Bettembourg M. et al. (2017). Genome-wide association mapping for root cone angle in rice. Rice, 10, 45.

Borianne P. et al. (2018). GT-RootS: An integrated software for automated root system measurement from high-throughput phenotyping platform images. Computers and Electronics in Agriculture.

Title: Do root traits leave a lasting functional imprint on the soil? A preliminary column experiment to track soil properties changes, from bare soil to senescent roots, with two contrasting root systems

Abstract:

Root systems are widely recognized as "ecosystem engineers." However, the trait-specific dimension of these legacies, particularly the way in which contrasting root traits influence the coupled trajectory of soil physical, microbial, and chemical properties from active growth through the post-mortem phase, remains under-explored, particularly under climate stress conditions relevant to agricultural systems (Jiang et al. 2023; Mueller et al. 2024; Witzgall et al. 2024).

In order to address this question, an exploratory column experiment was conducted (columns 40 cm high x 16 cm diameter). The experiment involved the comparison of three treatments: (1) bare soil (control), (2) fasciculated root system (winter wheat, *Triticum aestivum*), and (3) taproot system (alfalfa, *Medicago sativa*). The experiment was monitored at three key time points: (1) the initial state of bare soil, (2) the flowering stage (living roots), and (3) the senescent root system *in situ* (three months after plant death). A comprehensive array of soil physical properties was measured, including soil hydric properties (such as water retention at field capacity (W0.3) and at the wilting point (W15b) to calculate to Water Holding Capacity (WHC)), microbial and fungal biomass, exopolymeric substances (EPS), and metabolic quotient (qCO₂) levels. Additionally, MicroResp™ catabolic profiles were assessed. These measurements were taken across three soil depth layers (0-13cm; 13-26cm; 26-40cm). The plants were cultivated with controlled fertigation in a greenhouse under chronic heat with water deficit progressively imposed from late vegetative through reproductive stages.

Microbial qCO₂ rose from initial bulk soil to flowering stage to root senescence, signaling a progressive stress-driven shift toward low-efficiency metabolism on root necromass. The catabolic profiles shifted after the plant death to a signature dominated by trehalose (a biomarker of fungi and osmotic stress), differing from the initial state. Both root systems increased the soil WHC relative to bulk soil while alive, most strongly for alfalfa (+77 %). However, this gain was lost post-senescence for alfalfa, due to the combination of possible biopore collapse (significant W0.3 decline) and surface-chemistry legacy (W15 rise along with the EPS). Wheat post-senescence, by contrast, retained a modest but persistent increase (+8.5 %), consistent with a greater the mesopores stability (persistence of a high W0.3) generated by their fibrous roots. The preliminary results suggest that these fasciculated and taproot root systems imprint partially persistent signatures on soil hydraulic and microbial properties.

Jiang X, Zhong X, Yu G, et al (2023) Different effects of taproot and fibrous root crops on pore structure and microbial network in reclaimed soil. *Sci Total Environ* 901:165996.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165996>

Mueller CW, Baumert V, Carminati A, et al (2024) From rhizosphere to detritosphere – Soil structure formation driven by plant roots and the interactions with soil biota. *Soil Biol Biochem* 193:109396. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2024.109396>

Witzgall K, Steiner FA, Hesse BD, et al (2024) Living and decaying roots as regulators of soil aggregation and organic matter formation—from the rhizosphere to the detritosphere. *Soil Biol Biochem* 197:109503. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2024.109503>

Développement d'une approche de modélisation pour mieux comprendre le rôle de l'allélopathie dans les interactions entre plantes cultivées et adventices

Delphine Moreau¹, Aurélie Baquet¹, Alain Bouchereau², Younes Dello², Aurélie Gfeller³, Sophie Jasinski⁴, Oumayma Mhamdi⁴, Alexandre de Saint Germain⁴, Nathalie Colbach¹

¹Agroécologie, INRAE, Institut Agro, Univ. Bourgogne Europe, 21000 Dijon, France

²IGEPP, INRAE, Institut Agro, Univ. Rennes, 35000 Rennes, France

³Herbology in Field Crops and Viticulture, Plant Production Systems, Agroscope, Nyon, Switzerland

⁴Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, Institute Jean-Pierre Bourgin for Plant Sciences (IJPB), 78000, Versailles, France.

Contact: delphine.moreau@inrae.fr

Key words (max 5): Adventices, agroécologie, régulation biologique, métabolites spécialisés, exsudats racinaires

Abstract (max 350 words): Divers mécanismes peuvent influencer les interactions entre plantes au sein de communautés végétales hétérogènes. La compétition pour les ressources (lumière, eau et éléments minéraux) est considérée comme le principal mécanisme et a fait l'objet de nombreuses études. En revanche, le rôle de l'allélopathie (considérée ici comme un mécanisme par lequel une plante peut influencer la croissance d'une plante voisine grâce à la libération de composés allélochimiques dans la rhizosphère au cours de son cycle de vie) a été peu étudié. Pourtant, le recours à des espèces ou variétés allélopathiques est régulièrement proposé comme levier agroécologique pour favoriser la maîtrise des adventices. Cependant, la coexistence de l'allélopathie et de la compétition rend difficile la quantification, sur le terrain, des effets strictement attribuables à l'allélopathie [1].

Les modèles mécanistes constituent des outils précieux pour quantifier des variables ou des mécanismes difficiles à mesurer sur le terrain. FLORSYS est le seul modèle mécaniste permettant de quantifier les effets des systèmes de culture, en interaction avec les conditions pédologiques et climatiques, sur la dynamique d'une flore adventice plurispécifique et les impacts sur la production des cultures [2]. Ce modèle prend en compte la compétition entre les plantes, mais pas encore les interactions allélopathiques.

L'objectif est de présenter les travaux que nous menons actuellement pour développer un 'module allélopathie' à intégrer dans FLORSYS, afin de prendre en compte la capacité de certaines plantes à influencer la croissance des plantes voisines en libérant des allélochimiques dans la rhizosphère au cours de leur cycle de vie. Ce travail s'appuie sur des données issues d'expériences et de la littérature, ainsi que sur les connaissances d'experts.

References:

[1] Mahé et al. (2022) Deciphering field-based evidence for weed regulation by crop allelopathy. A review. *Agron Sustain Dev* 42:50.

[2] Colbach et al. The FLORSYS crop-weed canopy model, a tool to investigate and promote agroecological weed management. *Field Crops Research* 261, 108006.

Effets intergénérationnels d'un thermoprimer sur la morphologie et l'exsudation racinaire chez le colza d'hiver : Un levier contre la hernie des crucifères ?

Amy-Melody Volny-Anne¹, Sophie Brunel-Muguet¹, Quentin Dupas¹, Mélanie Jubault², & Emmanuelle Personeni¹.

¹Normandie Université, UNICAEN, INRAE, UMR 950 Ecophysiologie Végétale, Agronomie et Nutritions, N, C, S, Esplanade de La Paix, CS14032, Cedex 5, 14032, Caen, France

²AGROCAMPUS OUEST, UMR 1349 Institut de Génétique pour l'Environnement et la Protection des Plantes, F-35000 Rennes, France

Contact : emmanuelle.personeni@unicaen.fr

Mots-clés : colza, thermoprimer, *P. brassicae*, exsudats racinaires.

Résumé:

Le changement climatique augmente les événements extrêmes qui fragilisent les systèmes agricoles en affectant leur rendement et favorise les maladies [1] ; [2]. C'est le cas de la hernie des crucifères, maladie racinaire majeure lors de l'implantation chez le colza, causée par *P. brassicae* et favorisée par des conditions douces et pluvieuses en début de cycle. La susceptibilité du colza au pathogène est également dépendante des interactions avec les communautés microbiennes du sol, elles-mêmes modulées par la composition des exsudats racinaires [3]. La réponse des plantes à ces stress multiples et séquentiels résulte d'interactions entre ces stress qui peuvent refléter des effets mémoire. Ces effets mémoire peuvent avoir un effet sensibilisant par un phénomène d'amorçage (priming), [4], qui permet à la plante d'acquiescer une tolérance à un stress ultérieur [5]. Ces effets peuvent s'observer entre générations de plantes (effets intergénérationnels) et pour des stress de différentes natures (cross ou trans-priming), [6]. Les mécanismes qui en sont à l'origine impliquent des facteurs non génétiques et transmissibles qui s'expriment dans la descendance en conditions de stress [7].

Dans le projet KORRIGAN (K(C)ross stress priming intergenerational), les objectifs sont d'évaluer (i) les effets intergénérationnels du stress thermique sur les traits racinaires (morphologie, exsudats) et (ii) la contribution de ces effets sur la réponse à la hernie des crucifères. Deux expérimentations ont été conduites en conditions (semi)-contrôlées à partir de graines issues de plantes mère stressées : (i) la première avec des plantules inoculées avec *P. brassicae* (1 modalité thermique, 2 géotypes) et (ii) la seconde avec des plantules non inoculées (3 modalités thermiques, 4 géotypes). Les premiers résultats indiquent que les effets mémoire n'affecteraient pas la composition des exsudats mais plutôt l'architecture racinaire. La perspective de ce travail est de pouvoir proposer de nouveaux leviers pour davantage contrôler la susceptibilité à la hernie des crucifères en explorant les effets de l'environnement maternel.

Références:

[1] IPCC, 2023 ; <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>, [2] Lahlali et al., 2024 ; <https://doi.org/10.1016/j.crope.2024.05.003>, [3] Bolan et al., 2025 ; <https://doi.org/10.1080/07352689.2025.2549655>, [4] Lämke et Bäurle, 2017 ; <https://doi.org/10.1186/s13059-017-1263-6>, [5] Hilker M. et Schmülling T., 2019 ; <https://doi.org/10.1111/pce.13526>, [6] Llorens et al., 2020 ; <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817892-8.00001-5>, [7] Pasquali Medici De Biron et al., 2026 ; <https://doi.org/10.1111/ppl.70718>

Root investment or outsourcing? Intraspecific variation in plant resource acquisition strategies

Authors (speaker underlined): Thomas SOUYRIS¹, Agnès ARDANUY¹, Benoit LEFEBVRE¹

¹ Univ Toulouse, CNRS, INRAE, LIPME, 24 Chemin de Borde Rouge, Auzeville, 31326 Castanet Tolosan cedex, 52627 Toulouse, CS, France

Contact: thomas.souyris@inrae.fr

Key words (max 5): Root ecology; Arbuscular mycorrhizal fungi; Intraspecific variation; Phenotypic plasticity; Resource acquisition strategies

Abstract (max 350 words):

Plants face a fundamental trade-off in acquiring soil resources: investing in their own roots or outsourcing the task to fungi. These strategies fall along a continuum between autonomous root exploration and dependence on arbuscular mycorrhizal fungi (AMF). While this framework is well established across species, its relevance at the intraspecific level and the role of phenotypic plasticity remain largely unexplored.

Yet substantial intraspecific variation in root traits exists and could structure contrasting acquisition strategies among genotypes. Morphological traits shape soil exploration, while anatomical traits can modulate mycorrhizal colonization, with cortical tissue serving as the site of nutrient exchange. These traits may also be plastic in response to AMF presence. Still, at the intraspecific scale, integrating genetic variation and phenotypic plasticity within a multivariate functional framework remains understudied.

We examine how intraspecific variation and plasticity in root traits structure a multidimensional space of resource acquisition strategies in *Triticum aestivum*. A pot experiment was conducted with 24 wheat genotypes grown under two treatments (with or without mycorrhizal fungal inoculation), in sterilized soil reinoculated with a microbial filtrate (20 µm) to standardize the non-mycorrhizal community. Plants were grown under low nitrogen availability. We analyze root morphological traits (e.g., specific root length), anatomical traits (e.g., stele-to-cortex ratio), and mycorrhizal colonization rates. We measure root nitrogen content, along with shoot nitrogen and phosphorus content, to quantify the nutritional benefit associated with the symbiosis.

We hypothesize that genotypes are distributed along a functional gradient, ranging from root-dominated exploration to increasing reliance on mycorrhizal symbiosis, and that trait plasticity modulates their position along this gradient in response to AMF. We will also test whether genotype position in this trait space predicts mycorrhizal colonization and nutrient acquisition, and whether traits and AMF act independently or interactively.

By integrating intraspecific variation, phenotypic plasticity, and plant–microorganism interactions within a trait-based framework, this study aims to refine our understanding of the intraspecific dimension of resource acquisition strategies in crop plants.

PARTICIPANTS

Nom	Prénom	Email	Institut
ALLASIA	VALERIE	valerie.allasia@inrae.fr	INRAE
ANDRE	Angelique	angelique.andre@inrae.fr	INRAE
ARDANUY	Agnes	agnes.ardanuy@inrae.fr	INRAE
ARDITI	William	william.arditi@supagro.fr	L'institut Agro Montpellier
ARMENGAUD	Cannelle	cannelle.armengaud@inrae.fr	INRAE
ATTARD	Agnès	agnes.attard@inrae.fr	INRAE
BALDAZI	Valentina	Valentina.valentina.baldazzi@inrae.fr	INRAE
BALLINI	Elsa	elsa.ballini@supagro.fr	Institut Agro Montpellier
BARBAULT	Baptiste	baptiste.barbault1@univ-rouen.fr	Université de Rouen
BARRY	Luke	luke.barry@ird.fr	IRD
BELOGLAZOV	Mikhail	mikhail.beloglazov@cefe.cnrs.fr	INRAE
BEN AMAR	Myriam	myriam.ben-amar@inrae.fr	INRAE
BODILIS	Josselin	josselin.bodilis@univ-rouen.fr	Université de Rouen Normandie
BORDAT	AMANDINE	amandine.bordat@inrae.fr	INRAE
BOUCHEREAU	Alain	alain.bouchereau@univ-rennes.fr	/
BOURSIAC	Yann	yann.boursiac@inrae.fr	INRAE
BOUSSELIN	Xavier	x.bousselin@groupe-esa.com	ESA
CASTALDI	Andrea	andrea.castaldi.96@outlook.it	Faculté de Santé - Université Paris Cité
CHEDID	Mariane	marianechedid@gmail.com	Université de Rouen Normandie
CHEREAU	Sylvain	sylvain.chereau@inrae.fr	INRAE
CLIQUET	Jean-Bernard	jean-bernard.cliquet@unicaen.fr	Université de Caen
CORTEGOSO CONTRERAS	Juan Ramón	juan-ramon.cortegoso-contreras@inrae.fr	INRAE
CORTESERO	Anne Marie	anne-marie.cortesero@univ-rennes.fr	Université de Rennes/INRAE
CUEFF	Sixtine	sixtine.cueff@inrae.fr	INRAE
DAMOUR	Gaëlle	gaelle.damour@cirad.fr	CIRAD
DE SAINT GERMAIN	ALEXANDRE	Alexandre.De-Saint-Germain@inrae.fr	INRAE
DELAYRE	Charli	charli.delayre@inrae.fr	INRAE
DELVAL	Louis	louis.delval@inrae.fr	INRAE
DESBROSSES	Guilhem	guilhem.desbrosses@umontpellier.fr	Université de Montpellier
DIOUF	Marcel Nahim	celodiouf152@gmail.com	IRD
DJIAN-CAPORALINO	Caroline	caroline.caporalino@inrae.fr	INRAE
EVANGELISTI	Edouard	edouard.evangelisti@inrae.fr	Université Côte d'Azur
FAVERY	bruno	bruno.favery@inrae.fr	INRAE
FEVRIER	Florence	florence.fevrier@ctifl.fr	CTIFL
FRESCHET	Grégoire	gregoire.freschet@sete.cnrs.fr	CNRS
FREVILLE	Hélène	helene.freville@inrae.fr	INRAE
GAUTIER	Hélène	helene.gautier@inrae.fr	INRAE
GERMON	Amandine	amandine.germon@cirad.fr	CIRAD
HENRY	Amelia	amelia.henry@cirad.fr	CIRAD
HEROGUEZ	Célia	celia.heroguez@inrae.fr	INRAE

HINSINGER	Philippe	philippe.hinsinger@inrae.fr	INRAE
JOURDAN	Christophe	jourdand@cirad.fr	CIRAD
KERGUNTEUIL	Alan	alan.kergunteuil@inrae.fr	INRAE
KUHN	Marie-Line	marie-line.kuhn@inrae.fr	INRAE
LAISNE	Thomas	thomas.laisne@cirad.fr	CIRAD
LAUVERGEAT	Virginie	virginie.lauvergeat@inrae.fr	Université de Bordeaux
LAVOIR	Anne-Violette	anne-violette.lavoir@inrae.fr	Université Côte d'Azur - INRAE
LE GALL	Samuel	s.le.gall@extern.fz-juelich.de	
LEVASSEUR	Marceau	marceau.levasseur@inrae.fr	INRAE
LOUARN	Gaëtan	gaetan.louarn@inrae.fr	INRAE
LUGAN	Raphaël	raphael.lugan@umontpellier.fr	Université de Montpellier
MALAVIALLE	Ines	ines.malavialle@inrae.fr	
MAUREL	Christophe	christophe.maurel@cnrs.fr	CNRS/INRAE
MBAYE SAMBA	Ramatoulaye Thiaba		Université Cheikh Anta Diop (UCAD)
MCLEOD	Louis	louis_mcleod@hotmail.fr	INRAE
MINET	Naïma	naima.minet@inrae.fr	INRAE
MOREAU	Delphine	delphine.moreau@inrae.fr	INRAE
MOUGEL	Christophe	christophe.mougel@inrae.fr	INRAE
NACRY	Philippe	philippe.nacry@inrae.fr	INRAE
NALY	Baptiste	baptiste.naly@cefe.cnrs.fr	CNRS
NJEKETE	Cliven	cliven.njekete@inrae.fr	INRAE
NOBLIN	Xavier	xavier.noblin@univ-cotedazur.fr	Institut de Physique de Nice, (INPHYNI)
PAPURA	Daciana	daciana.papura@agro-bordeaux.fr	Bordeaux Sciences Agro/INRAE
PAWLAK	Barbara	barbara.pawlak@univ-rouen.fr	Université de Rouen Normandie
PELTIER	Jean-Benoit	jean-benoit.peltier@inrae.fr	INRAE
PERET	Benjamin	benjamin.peret@cnrs.fr	CNRS
PERRIN	Benjamin	benjamin.perrin@inrae.fr	INRAE
PERSONENI	Emmanuelle	emmanuelle.personeni@unicaen.fr	Université de Caen/INRAE
PICAULT	Sébastien	sebastien.picault@ctifl.fr	CTIFL
PITON	Gabin	gabin.piton@inrae.fr	INRAE
REES	Frédéric	frederic.rees@inrae.fr	INRAE
RIAH	Wassila	wassila.riah-angle@unilasalle.fr	UniLaSalle
RODRIGUEZ	Antonio	antonio.rodriguez-hernandez@inrae.fr	INRAE
RUFFEL	Sandrine	sandrine.ruffel@inrae.fr	INRAE
SAINT CAST	Clément	clement.saint-cast@inrae.fr	INRAE
SIMON	Sylvaine	sylvaine.simon@inrae.fr	INRAE
TIXIER	Aude	aude.tixier@inrae.fr	INRAE
VAN DEN BROEK	Gabriel	gabriel.van-den-broek@inrae.fr	INRAE
VIAUD	Pauline	pauline.viaud@inrae.fr	INRAE
VIVIN	Philippe	philippe.vivin@inrae.fr	INRAE
ZANCARINI	Anouk	anouk.zancarini@inrae.fr	INRAE