5èmes JOURNÉES FRANCOPHONES DES MYCORHIZES

Du 27 au 29 juin 2018

Dunkerque – France

PROGRAMME ET RÉSUMÉS

Après Dijon, Bruxelles, Nancy et Marrakech, la cinquième édition des Journées Francophones des Mycorhizes (JFM 2018) se déroule à Dunkerque à l'Université du Littoral Côte d'Opale (ULCO) du 27 au 29 juin 2018.

Le but de ces journées scientifiques est d'animer le réseau des mycorhizologues francophones, de dynamiser les échanges et les interactions entre les différentes équipes francophones s'intéressant à la symbiose mycorhizienne, et de faire le point sur l'état d'avancement des connaissances en présentant les résultats les plus récents.

A l'heure du développement durable, la gestion et la valorisation des services écosystémiques rendus par la symbiose mycorhizienne représentent un des enjeux majeurs pour l'optimisation qualitative et quantitative des productions végétales et pour la réhabilitation des sols dégradés.

Ainsi, ce colloque ayant pour thème « la symbiose mycorhizienne et l'environnement : du fondamental à l'appliqué » est organisé en 4 sessions :

- *Session 1 : Le phytobiome et les champignons mycorhiziens : biodiversité, évolution et méthodes d'identification innovantes*
- *Session 2 : Biologie fonctionnelle des symbioses mycorhiziennes : du dialogue moléculaire pré-symbiotique à la physiologie des échanges mutualistes.*
- *Session 3 : Les réponses des mycorhizes aux stress biotiques et abiotiques (notamment liées aux changements climatiques ou aux milieux dégradés)*
- *Session 4 : La production des inoculums mycorhiziens et les potentielles applications agronomiques*

Merci pour votre participation et bienvenue en Région Hauts de France !

Comité d'organisation

Le comité d'organisation comprend des membres de l'Unité de Chimie Environnementale et Interactions sur le Vivant (UCEIV, EA 4492) de l'ULCO :

- Anissa Lounès – Hadj Sahraoui
- Joël Fontaine
- Corinne Aït-Saïd
- Frédéric Laruelle
- Anthony Verdin
- Maryline Magnin-Robert
- Béatrice Randoux
- Benoit Tisserant
- Véronique Vanvincq
- Natacha Facon

Comité scientifique

- Anissa Lounès-Hadj Sahraoui (Université du Littoral Côte d'Opale, Calais, France)
- Joël Fontaine (Université du Littoral Côte d'Opale, Calais, France)
- Philippe Reignault (Université du Littoral Côte d'Opale, Calais, France)
- Daniel Wipf (Université de Bourgogne, France)
- Marc Buée (INRA, Nancy, France)
- Corinne Leyval (Université de Lorraine, Nancy, France)
- Christophe Roux (Université Paul Sabatier, Toulouse, France)
- Michel Chalot (Université de Franche Comté, Montbéliard, France)
- Stephan Declerck (Université Catholique de Louvain, Belgique)
- Mohamed Hijri (Université de Montréal, Canada)
- Marc-André Selosse (Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, France)
- Amadou Bâ (Université des Antilles, Guadeloupe, France)
- Sonia Labidi (INAT, Tunis, Tunisie)
- Arifa Beddiar (Université Badji Mokhtar, Annaba, Algérie)
- Karima Bencherif (Université de Djelfa, Djelfa, Algérie)

Partenaires et sponsors

Le comité d'organisation des 5èmes journées francophones de mycorhizes souhaite remercier l'ensemble de ses partenaires, sans lesquels cet événement n'aurait pu avoir lieu.

Programme

Mercredi 27 JUIN 2018

13h00 : Accueil des participants : ULCO- Centre universitaire des Darses - Dunkerque

13h50 : Mot d'accueil : A. Lounes - Hadj Sahraoui

Session 1 : Le phytobiome et les champignons mycorhiziens : biodiversité, évolution et méthodes d'identification innovantes

Animateurs : D. Blaudez et L. Khabar

14h00 - 14H30 : Franck Stefani : Identification des champignons mycorhiziens à arbuscules : passé, présent, futur

14h30 - 14h50 : Dirk Redecker : Développement d'une méthode d'identification des champignons mycorhiziens à arbuscules par spectrométrie de masse (MALDI- TOF-MS)

14h50 - 15h10 : Christine Juge : Plantes réintroduites sur les sites de résidus miniers de la région de Fermont, à la frontière du Québec et du Labrador : 20 ans de végétalisation, 15 ans de données de sols et de biomasse, 4 ans de suivis de végétation et de mycorhization arbusculaire (MA), et identification des espèces de champignons MA

15h10 - 15h30 : Lisa Ciadamidaro : Utilisation du séquençage haut débit dans l'évaluation de la diversité mycorhizienne sur sites de phytomanagement

15h30 - 15h50 : Frédérique Changey : L'inoculation mycorhizienne module la structure des communautés microbiennes rhizosphériques

15h50 - 16h40 : Pause - Café – SESSION POSTER

16h40 - 17h00 : Alexis Carteron : Changements majeurs des communautés fongiques de sols forestiers à différentes profondeurs et à stratégies mycorhiziennes contrastées

17h00 - 17h20 : Flora Todesco : Dynamique temporelle de la quantité des deux types de compatibilité sexuelle de truffe noire (*Tuber melanosporum*) dans le sol en lien avec le régime hydrique et la température

17h20 - 17h40: Mélanie Roy : En quoi les changements d'échelles et de mesures peuvent-ils éclairer la spécialisation de l'association aulnes-champignons ectomycorhiziens ?

17h40 - 18h00: Simon Morvan : Analyse des communautés fongiques associées aux racines des bleuets sauvages

18H00 : Mots et cocktail de bienvenue : E. Abi-Aad, VP CA ULCO et D. Courcot, Directeur UCEIV

Programme

Jeudi 28 JUIN 2018

Session 2 : Biologie fonctionnelle des symbioses mycorhiziennes : du dialogue moléculaire pré-symbiotique à la physiologie des échanges mutualistes

Animateurs : P.E. Courty et B. Tisserant

9h00 - 9H30 : Judith Felten : Modification de la paroi des cellules racinaires dans l'ectomycorhize : rôle de l'auxine fongique et de la pectine

9h30 - 9h50 : Marc Buée : Décomposition de la nécromasse fongique par les champignons ectomycorhiziens : rôles et fonctions potentiels dans la dépolymérisation de la chitine

9h50 - 10h10 : Benoit Lefebvre : Rôles des signaux symbiotiques dans la mise en place de la symbiose mycorhizienne à arbuscules et variabilité génétique de l'efficacité symbiotique

10h10 - 10h30 : Marco Cosme : L'antagonisme des champignons mycorhiziens à arbuscules vis-à-vis d'*Arabidopsis* dévoile une nouvelle voie moléculaire pré-symbiotique

10h30 - 11h00 : Pause-Café – SESSION POSTER

11h00 - 11h20 : Joan Doidy : Réseaux de régulation du transportome mycorhizien : existe-t-il une voie commune du transport symbiotique ?

11h20 - 11h40 : Christophe Roux : Génomique fonctionnelle de *Rhizophagus irregularis* : un point sur la dépendance au métabolisme lipidique de la plante hôte

11h40 - 12h00 : Laure Valat : Un modèle de culture pour étudier les interactions entre la vigne et les endomycorhizes à arbuscules

12h00 – 14h00 : Buffet déjeunatoire

Programme

Session 3 : Les réponses des mycorhizes aux stress biotiques et abiotiques (notamment liées aux changements climatiques ou aux milieux dégradés)

Animateurs : H. Dupré de Boulois et A. Beddiar

14h00 - 14H30 : Mohamed Hijri : Effets de la salinité, la pollution et la compétition sur la diversité des champignons mycorhiziens arbusculaires

14h30 - 14h50 : Pierre-Louis Alaux : Impact de *Rhizophagus irregularis* MUCL 41833 sur le développement de *Phytophthora infestans* chez la pomme de terre au champ

14h50 - 15h10 : Ismahen Lalaymiab : L'acquisition croissante de silicium chez les bananiers colonisés par *Rhizophagus irregularis* MUCL 41833 réduit l'incidence de *Mycosphaerella fijiensis*

15h10 - 15h30 : Ahmed Qaddoury : Efficacité des champignons mycorhiziens arbusculaires dans la production de plants et la tolérance aux contraintes du milieu chez l'olivier (*Olea europaea*)

15h30 - 15h50 : Maroua Jerbi : Variation de la biomasse naturelle des champignons mycorhiziens arbusculaires dans la rhizosphère des principales poacées en Tunisie septentrionale

15h50 – 16h20 : Pause-Café – SESSION POSTER

16h20 - 16h40 : Maryline Calonne-Salmon : *Rhizophagus irregularis* atténue l'impact du benzo[a]pyrène sur la nutrition phosphatée de *Medicago truncatula*

16h40 - 17h00 : Hacène Meglouli : Les mycorhizes et le phytomanagement des sols historiquement contaminés par les dioxines/furanes : effet sur le microbiote du sol et sur la dissipation de la pollution

17h00 - 17h20 : Paulo E. Lovato: L'utilisation des champignons mycorhiziens arbusculaires dans la récupération de sols dégradés par l'extraction du charbon dans le Sud du Brésil

17h20 - 17h40 : Antoine Tardif: Importance des mycorhizes dans la revégétalisation naturelle d'un ancien site minier aurifère au Canada

19h30 : Dîner de Gala à la Villa Blanche (Coudekerque)

Programme

Vendredi 29 JUIN 2018

Session 4 : La production des inoculums mycorhiziens et les potentielles applications agronomiques

Animateurs : S. Declerck et S. Labidi

9h00 - 9h30 : Martin Trépanier : La production et l'utilisation à grande échelle d'inoculants mycorhiziens : défis et incertitudes

9h30 - 9h50 : Cyrille Bach : Comment les dernières avancées de la recherche fondamentale ont permis d'améliorer les procédés de mycorhization contrôlée

9h50 - 10h10 : Marc Ducousso : Utilisation de plantes nurses pour la mycorhization contrôlée *in situ* de plantes cibles

10h10 - 10h40 : Pause-Café – SESSION POSTER

10h40 - 11h00 : Hamza Khassali : Evaluation des performances d'inoculums microbiens natifs pour l'optimisation des itinéraires culturaux du caroubier

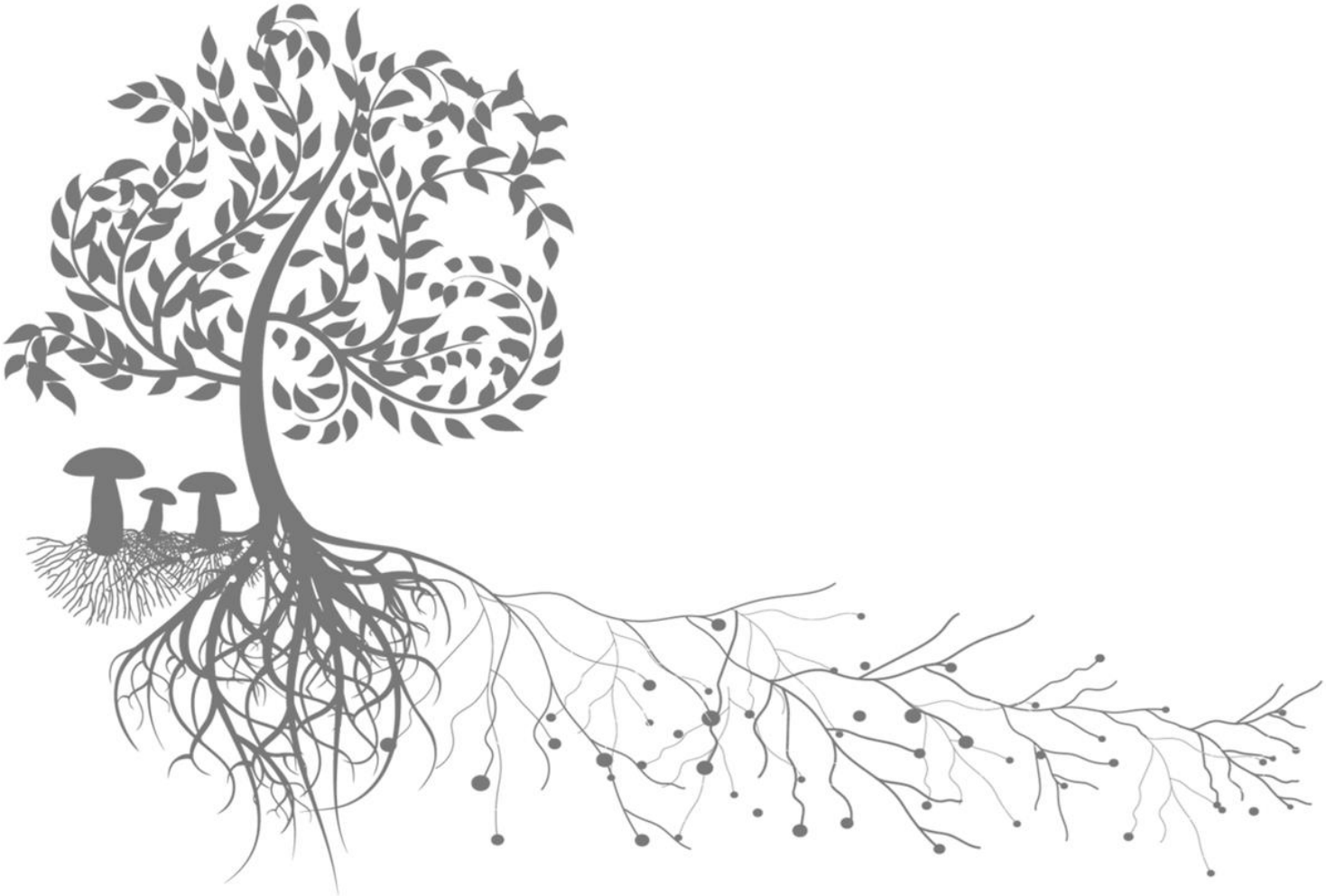
11h00 - 11h20 : Ameni Ben Zineb : Etude de l'effet de la co-inoculation mycorhizes-PGPR en présence de la roche phosphatée Tunisienne

11h20 - 11h40 : Robin Duponnois : Raisonner la valorisation de la symbiose mycorhizienne pour optimiser son impact sur la productivité et la stabilité des agroécosystèmes

11h40 - 12h00 : Mot de conclusion : A. Lounes - Hadj Sahraoui

12H30 : Visite du Marais Audomarois à Clairmarais (retour vers 17h30 à Dunkerque)

Résumés des
Présentations orales



Session 1

Le phytobiome et les champignons mycorhiziens : biodiversité, évolution et méthodes d’identification innovantes

Identification des champignons mycorhiziens à arbuscules : passé, présent, futur

Franck Stefani

Agriculture et Agroalimentaire Canada, 960 avenue Carling Ottawa (ON) K1A 0C6

L'identification des champignons mycorhiziens à arbuscules (CMA) pose de nombreux défis. Les CMA se distinguent des autres champignons mycorhiziens par l'absence de structures macroscopiques, une organisation génétique complexe et une biotrophie obligatoire compliquant leur étude en conditions contrôlées. L'identification morphologique des CMA demande une grande expertise tandis que les marqueurs couramment utilisés pour leur identification moléculaire présentent une grande variabilité intra-souche. Cette conférence fera le point sur les progrès réalisés par les méthodes d'identification des CMA.

Mots clés : champignons mycorhiziens à arbuscules, identification morphologique, identification moléculaire, taxonomie

Développement d'une méthode d'identification des champignons mycorhiziens à arbuscules par spectrométrie de masse (MALDI- TOF-MS)

Thomas Crossay[1], Cyril Antheaume[1,2], **Dirk Redecker[3]**, Lucie Bon[1], Nicolas Chedri[4], Clément Richert[5], Linda Guentas[1], Yvon Cavaloc[1] et Hamid Amir[1]

[1] Institut des Sciences Exactes et Appliquées (EA 7484), Université de Nouvelle-Calédonie, BP R4, 98851, Nouméa, Nouvelle-Calédonie.

[2] Plate-forme d'Analyse Chimique Strasbourg-Illkirch. Université de Strasbourg, F-67400, Illkirch, France.

[3] Agroécologie, AgroSup Dijon, CNRS, INRA, Univ. Bourgogne Franche-Comté, F-21000, Dijon, France.

[4] Institut Pasteur, Bacteriology Research Unit, 98800, Nouméa, Nouvelle-Calédonie.

[5] Bruker Corporation, Nouvelle-Calédonie.

Un des défis majeurs de la recherche sur les champignons mycorhizogènes à arbuscules (CMA) est de développer un marqueur moléculaire commun permettant de différentier les espèces et les isolats de ces champignons et/ou développer une technique simple permettant d'obtenir une empreinte unique pour chaque isolat. Une telle méthode d'identification rapide et fiable des isolats de CMA est nécessaire pour les cultures de collections, la recherche et la certification des inocula commerciaux. La caractérisation par séquences d'ADN ribosomiques et d'autres gènes a beaucoup avancé l'identification moléculaire des CMA mais elle reste toujours relativement coûteuse et laborieuse pour un diagnostic de routine dans une collection ou dans une entreprise.

Nous avons étudié l'utilisation du biotypage protéomique par spectrométrie de masse MALDI-TOF pour l'identification des CMA. Cette technique est déjà largement utilisée pour le diagnostic médical et permet une identification rapide et fiable des microorganismes. Nous avons utilisé les spores de 19 isolats de CMA appartenant à 14 espèces. Nos résultats montrent une nette différenciation de toutes espèces étudiées. La plupart d'isolats de la même espèce ont aussi pu être différenciées.

Cette technique est moins couteuse et plus rapide que les méthodes d'identification par biologie moléculaire, offre une possibilité d'automation et présente une vraie alternative à l'identification basée sur l'ADN.

Mots clés : mycorhize à arbuscules, Glomeromycota, identification

Plantes réintroduites sur les sites de résidus miniers de la région de Fermont, à la frontière du Québec et du Labrador : 20 ans de végétalisation, 15 ans de données de sols et de biomasse, 4 ans de suivis de végétation et de mycorhization arbusculaire (MA), et identification des espèces de champignons MA

Christine Juge[(1)], Normand Cossette[(2)] et Thomas Jeanne[(3)]

[(1)] 1430, Avenue Charles-Huot, Québec, Qc, G1T 2M3; consultante scientifique mycorhizes et sols.

[(2)] 211, rue Abraham-Richard, Varennes, Qc, J3X 1X3; PDG Irrigation NORCO Inc.

[(3)] Laboratoire d'Écologie Microbienne, IRDA, 2700 rue Einstein, Québec, Qc, G1P 3W8.

Depuis 1996, l'entreprise Irrigation Norco a réalisé la végétalisation de surfaces totalisant plus de 1600 ha sur le résidu minier des 4 mines de fer de la région de Fermont, situées de part et d'autre de la frontière du Québec et du Labrador. Dans ces régions arides et venteuses, grâce à la technologie efficace de "remise en végétation" du résidu stérile, condamné à rester à l'état de désert artificiel sans aucune intervention humaine, de nouvelles espèces réapparaissent spontanément, quelques années seulement après la réimplantation d'une biodiversité initiale, laissant la place aux successions végétales et au processus de diversification naturelle des espèces.

Les analyses de sols, de foliaires, et de biomasses végétales, réalisées année après année depuis plus de 15 ans, ont permis de faire le suivi de la progression de la végétation, en fonction notamment des données météorologiques, et des paramètres physico-chimiques des plantes et du sol en formation. Depuis 2014, le relevé des densités de végétation des différentes espèces répertoriées sur les parcelles végétalisées, en fonction de leur âge, a permis de dresser le portrait de l'évolution des végétaux au fil des ans.

Depuis 2014, nous avons également entrepris chaque année une "campagne de mycorhization" à travers ces surfaces végétalisées, afin d'étudier la progression de la symbiose mycorhizienne racinaire des plantes réintroduites. Suite à la campagne de 2017, la compilation des données accumulées depuis 2014 nous a permis de mieux comprendre : 1. l'évolution générale de la mycorhization racinaire au fil des années de végétalisation; 2. l'évolution des taux de mycorhization à partir de 4 années de données sur le tailing de la mine AMEM, végétalisé depuis 2010; 3. le cycle de vie nordique des champignons mycorhiziens arbusculaires en fonction du nombre d'années de végétalisation et des espèces végétales présentes sur les parcelles, grâce à la répartition des structures d'hyphes, d'arbuscules et de vésicules observées; 4. l'évolution de la mycorhization selon les espèces végétales principales.

Par ailleurs, des analyses de taxonomie moléculaire ont été réalisées en 2017 sur des échantillons de sol et de racines provenant de parcelles végétalisées de la mine AMEM, de 2010 à 2016, en collaboration avec le laboratoire d'écologie microbienne de l'IRDA, afin de d'identifier les espèces de CMA présentes sur le site minier. L'amplification par PCR de la région V4 du 18SrARN et la comparaison des séquences obtenues avec la GenBank a révélé la présence de deux espèces principales de CMA : Claroideoglomus claroideum et Rhizophagus intraradices, probablement présentes simultanément, à partir de la 3ème année de végétalisation. L'analyse métagénomique réalisée sur plateforme Illumina MiSeq a confirmé que ces deux espèces sont présentes simultanément, en proportions variables, dans la plupart des parcelles analysées. Le % de Glomeromycota par rapport aux autres groupes microbiens identifiés varie de 1 à 61% selon les parcelles.

Mots clés : végétalisation minière, mycorhization racinaire, espèces végétales réintroduites, taxonomie moléculaire

Utilisation du séquençage haut débit dans l'évaluation de la diversité mycorhizienne sur sites de phytomanagement

Ciadamidaro L.[(1)], Zappelini C.[(1)], Foulon, J.[(1)], Blaudez D.[(2)] et Chalot M.[(1)]

[(1)] Université de Bourgogne Franche-Comté, UMR CNRS 6249 Laboratoire Chrono-environnement, Pôle Universitaire du Pays de Montbéliard, 4 place Tharradin, BP 71427, F-25211, Montbéliard, France

[(2)] Université de Lorraine, UMR CNRS 7360 Laboratoire Interdisciplinaire des Environnements Continentaux, Faculté des Sciences et Technologies, BP 70239, F-54506 Vandoeuvre-lès-Nancy, France

La revégétalisation de sols contaminés par les éléments traces (ET), notamment avec des arbres à croissance rapide produisant une biomasse importante, est considérée comme une option attrayante dans les processus de bioremédiation (Dickinson *et al*., 2009). Les champignons mycorhiziens forment des associations symbiotiques avec les plantes, contribuant ainsi à la tolérance aux ET de celles-ci et participent activement aux processus de biorestauration (Ciccatelli *et al*., 2014). Le but de cette étude est d'approfondir la compréhension actuelle des communautés mycorhiziennes sur trois sites de phytomanagement contaminés par les ET plantés avec un clone de peuplier (Skado) afin de mettre en évidence les facteurs environnementaux qui déterminent l'abondance, la diversité et la structure des communautés microbiennes. Les trois sites d'environ 1 ha (Pierrelaye 95, Fresnes-sur-Escaut 59, Tavaux 39, France) ont été plantés avec 2200 arbres et ont été inoculés ou non avec un inoculum commercial mixte endo/ectomycorhizien. Nous avons caractérisé les communautés fongiques grâce au séquençage Illumina MiSeq (Foulon *et al*., 2016a; Foulon *et al.*, 2016b; Durand *et al*., 2017). Par ailleurs, nous avons montré que l'inoculation permettrait d'accroitre significativement la production de biomasse sur ces sites (Ciadamidaro *et al.*, 2017). L'analyse du sol a révélé que les trois sites présentaient des caractéristiques physico-chimiques contrastées, avec des fractions facilement extractibles de Cd et Zn plus élevées sur le site de Pierrelaye et Fresnes-sur-Escaut et une forte contamination au Hg sur le site de Tavaux. Une étude détaillée de la composition fongique a montré que les communautés présentes sont dominées par les Ascomycota sur les sols de Pierrelaye et de Fresnes-sur-Escaut. Inversement, les Basidiomycota représentent un pourcentage plus élevé de la communauté fongique dans les échantillons du site de Tavaux. Les proportions d'OTUs correspondant à la communauté des champignons mycorhiziens seront détaillées au cours de la présentation.

Ciadamidaro, L., Girardclos, O., Bert, V., Zappelini, C., Yung, L., Foulon, J., Papin, A., Roy, S., Blaudez, D., Chalot, M., 2017. Poplar biomass production at phytomanagement sites is significantly enhanced by mycorrhizal inoculation. Environ. Experim. Bot. 139, 48–56.

Ciccatelli, A., Torrigiani, P., Todeschini, V., Biondi, S., Castiglione, S., Lingua, G., 2014. Arbuscular mycorrhizal fungi as a tool to ameliorate the phytoremediation potential of poplar: biochemical and molecular aspects. iForest-Biogeosci. For. 7, 333–341.

Dickinson, N.M., Baker, A.J.M., Doronila, A., Laidlaw, S., Reeves, R.D., 2009. Phytoremediation of inorganics: realism and synergies. Int. J. Phytorem. 2, 97–114.

Durand, A., Maillard, F., Foulon, J., Gweon, H.S., Valot, B., Chalot, M., 2017. Environmental Metabarcoding Reveals Contrasting Belowground and Aboveground Fungal Communities from Poplar at a Hg Phytomanagement Site. Microb. Ecol. 74, 795–809.

Foulon, J., Zappelini, C., Durand, A., Valot, B., Girardclos, O., Blaudez, D., Chalot, M., 2016a. Environmental metabarcoding reveals contrasting microbial communities at two poplar phytomanagement sites. Sci. Total Environ. 571, 1230–1240.

Foulon, J., Zappelini, C., Durand, A., Valot, B., Blaudez, D., Chalot, M., 2016b. Impact of poplar-based phytomanagement on soil properties and microbial communities in a metal-contaminated site. FEMS. Microb. Ecol. 92, fiw 163.

Mots clés : peuplier skado, élément trace, ectomycorrhize, phytomanagement

L'inoculation mycorhizienne module la structure des communautés microbiennes rhizosphériques

Frédérique Changey[(1)], Hacène Meglouli[(1)], Joël Fontaine[(1)], Maryline Magnin-Robert[(1)], Benoit Tisserant[(1)], Thomas Lerch[(2)] et Anissa Lounès-Hadj Sahraoui[(1)]

[(1)] Unité de Chimie Environnementale et Interactions sur le Vivant (UCEIV), Université du Littoral Côte d'Opale, SFR Condorcet FR CNRS 3417, 50, Rue Ferdinand Buisson, 62228 Calais Cedex, France

[(2)] UMR 7518 « IEES, Institut d'Ecologie et des Sciences de l'Environnement» (CNRS-UPEC-AgroParisTech-ENS-UPMC-IRD), Université Paris-Est Créteil, 60, avenue du Général de Gaulle, 94010 Créteil Cedex

La rhizosphère constitue un environnement dynamique dans lequel les plantes influencent fortement leur environnement racinaire proche. Les relations positives, négatives et rétroactives des plantes sur les communautés microbiennes du sol sont bien documentées. Ces relations sont en effet décrites comme intimement liées à la capacité des racines à modifier la porosité, le pH et à exsuder des molécules organiques. De plus, la capacité d'exsudation varie selon l'espèce végétale (Garbeva *et al*., 2008), le stade de développement (Chaparro *et al*., 2014) et la santé de la plante (Berendsen et al., 2012). Cependant, l'impact de la mycorrhization de ces plantes sur leurs capacités à modifier les populations microbiennes demeure moins connu. C'est pourquoi, cette étude vise à comprendre si l'ajout d'inoculum de champignons mycorhiziens à arbuscules à différentes espèces végétales a un impact sur le microbiote des rhizosphères et de caractériser ces modifications. Les communautés microbiennes (bactéries, champignons, archées) de plusieurs rhizosphères ont été évaluées par des méthodes quantitatives et qualitatives de biologie moléculaire (qPCR et T-RFLP). Nos résultats montrent que l'inoculation mycorhizienne a un effet significatif sur la biomasse, la diversité et la structure des communautés de micro-organismes rhizosphériques et de façon plus inédite ces effets ne sont pas identiques et même parfois antagonistes en fonction des taxa. Ce travail permet de consolider l'intérêt d'intégrer le concept de mycorhizopshère dans l'étude des communautés microbiennes du sol.

Garbeva P, van Elsas JD, van Veen JA (2008) Rhizosphere microbial community and its response to plant species and soil history. Plant and Soil 302: 19-32.

Chaparro JM, Badri DV, Vivanco JM (2014) Rhizosphere microbiome assemblage is affected by plant development. ISME J 8: 790-803.

Berendsen RL, Pieterse CMJ, Bakker PAHM (2012) The rhizosphere microbiome and plant health. Trends in Plant Science 17: 478-486.

Mots clés : rhizosphère, espèces végétales, communauté microbienne, Inoculation mycorhizienne

Changements majeurs des communautés fongiques de sol forestiers à différentes profondeurs et à stratégies mycorhiziennes contrastées

A. Carteron[(1)], S. Joly[(1)], M. Beigas[(1)], B.L. Turner[(2)] et E. Laliberté[(1)]

[(1)] Institut de Recherche en Biologie Végétale, Département de Sciences Biologiques, Université de Montréal, Canada.

[(2)] Smithsonian Tropical Research Institute, Balboa, Ancon, Republic of Panama

L'étude de la distribution des microorganismes est indispensable pour comprendre leurs fonctions dans le sol. Les champignons du sol tendent à exhiber une grande variabilité spatiale mais les mécanismes sous-jacents de partitionnement de la niche sont encore mal compris.

Nous avons comparé les communautés fongiques du sol de forêts adjacentes dominées par l'érable à sucre (une espèce formant des mycorhizes arbusculaires) et/ou le hêtre américain (une espèce ectomycorhizienne) afin de quantifier l'importance relative des variables abiotiques du sol et de la végétation dominante. Pour ce faire, nous avons utilisé une approche de séquençage de gènes marqueurs à haut débit (région ITS2 et plateforme Illumina MiSeq) pour identifier les champignons présents dans les cinq premiers horizons organiques et minéraux du sol de 15 parcelles.

Ces communautés fongiques montrent une grande variabilité fonctionnelle et structurelle qui est en majeure partie dictée par les variations des paramètres abiotiques entre les horizons de sol. Les champignons saprotrophes tendent à dominer les horizons supérieurs du sol, lesquels sont riches en carbone, azote et phosphore organique alors que les champignons mycorhiziens se retrouvent plus en profondeur, dans les horizons minéraux. De plus, ces communautés fongiques varient aussi de façon significative en fonction des stratégies mycorhiziennes des arbres dominants. Cette variabilité suggère que le type d'arbre dominant est un filtre important des communautés fongiques du sol même à des échelles spatiales locales (6 km2 pour cette étude), bien que la variation verticale entre horizons demeure tout de même plus importante.

Nos résultats suggèrent que les changements de communautés fongiques des sols forestiers sont largement induits par l'hétérogénéité environnementale entre horizons du sol, se traduisant par des différences marquées de composition en quelques centimètres seulement. L'utilisation de marqueurs génétiques additionnels pour les champignons mycorhiziens arbusculaires et les racines des plantes pourrait permettre de préciser les interactions souterraines.

Mots clés : Communautés fongiques ; Forêt tempérée ; Ectomycorhizes ; Saprotrophes

Dynamique temporelle de la quantité des deux types de compatibilité sexuelle de truffe noire (*Tuber melanosporum*) dans le sol en lien avec le régime hydrique et la température

Flora Todesco[(1)], Michel Tournayre[(2)], Fabrice Lheureux[(3)] et Claude Murat[(1)]

[(1)] INRA, UMR 1136 INRA-Université de Lorraine, Interactions Arbres/Microorganismes, Laboratoired'Excellence ARBRE, INRA-Nancy, 54280 Champenoux, France

[(2)] Fédération Française des Trufficulteurs, 2 rue Joseph Lacroix, 30700 Uzès

[(3)] Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes (CTIFL), Centre de lanxade, 28 route des Nebouts, 24130 Prigonrieux

Les truffes sont des champignons Ascomycètes, appartenant au genre Tuber, formant des associations ectomycorrhiziennes avec les arbres et les arbustes. Actuellement 90 % des truffes noires (T. melanosporum) sont récoltées en plantation, mais les itinéraires techniques de gestion sont encore peu fiables. *T. melanosporum*a un mode de reproduction sexuée hétérothallique, il est donc primordial de mieux connaître les facteurs pouvant favoriser cette reproduction, pour optimiser les itinéraires techniques.

L'objectif de notre projet, financé par FranceAgriMer et intitulé CulturTruf, est d'étudier la reproduction sexuée de la truffe noire et de caractériser le rôle du régime hydrique et de la température du sol sur le cycle biologique des truffes. 13 sites expérimentaux ont été mis en place dans toute la France et 45 arbres sont suivis avec des sondes tensiométriques. Un échantillonnage mensuel de sol est effectué sous chaque arbre pour suivre la dynamique temporelle des ADN des deux types de compatibilité par PCR quantitative.

Après un an de suivi nous avons mis en évidence des variations annuelles de la quantité d'ADN de T. melanosporum dans le sol, différentes en fonction des sites expérimentaux. Nous observons une plus grande quantité des deux types de compatibilité au mois de juin/juillet pouvant représenter l'initiation de la reproduction sexuée. Le travail du sol semble impacter le développement de la truffe. La corrélation entre ces dynamiques temporelles avec le régime hydrique et la température du sol, permettra à terme d'optimiser la production de truffe, et d'améliorer la compréhension de son cycle biologique.

En quoi les changements d'échelles et de mesures peuvent-ils éclairer la spécialisation de l'association aulnes-champignons ectomycorhiziens?

Mélanie Roy[(1)], Adrien Taudière[(2)], Pierre-Arthur Moreau[(3)], Franck Richard[(2)], Jason Hoeksema[(4)] et Monique Gardes[(1)]

[(1)] Université Paul Sabatier – CNRS, laboratoire Evolution et Diversité Biologique, UMR5174, 118 route de Narbonne, Toulouse cedex F-31062, France.

[(2)] Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive UMR5175, 119 route de Mende, F-34293 Montpellier cedex 5, France

[(3)] Université de Lille, fac. Pharma. Lille, Laboratoire IMPECS EA 4483, Lille, F-59000, France.

[(4)] University of Mississippi, University, MS, 38655, USA

La mesure de la spécialisation des interactions plantes champignons peut dépendre du nombre de sites ou d'hôtes échantillonnés, mais se trouve rarement quantifiée. Par ailleurs, on oublie souvent de comparer la distribution des associations rares aux prédictions d'un modèle neutre. C'est d'ailleurs le cas de l'association des aulnes aux champignons ectomycorhiziens, qui est généralement considérée comme spécifique, alors même que les aulnes peuvent s'associer avec des genres spécifiques des aulnes (Alnicola, Alpova), et d'autres supposés plus généralistes (Russula, Tomentella).

En utilisant l'ensemble des séquences de champignons isolées des racines d'aulnes, i.e., 4156 séquences issues de 185 sites et 29 host espèces hôtes, nous avons mesuré la spécialisation à la fois des champignons et des hôtes à de multiples échelles. Plusieurs indices ont été testés, et les réseaux projetés ont été utilisés pour quantifier le partage potentiel de champignons entre espèces d'aulnes. Sur 16 sites, plusieurs espèces d'aulnes ont été échantillonnées et la spécialisation des champignons et des aulnes sur ces sites a été comparée aux mesures obtenues à large échelle.

Les aulnes semblent toujours plus généralistes que leurs champignons, et présentent des aires de distribution plus limitées. Les associations aux espèces des genres Tomentella, Inocybe, Russula et plusieurs ascomycètes sont plus spécifiques que celles observées avec les genres Alnicola, Alpova et Lactarius. La spécialisation locale est toujours plus grande que celle à large échelle, ce qui suggère une absence de partage local entre hôtes, et une éventuelle exclusion compétitive.

Cette étude apporte tout d'abord des outils pour quantifier la spécialisation et la tester par rapport à un modèle neutre, en évitant les biais d'un échantillonnage trop restreint. Le cas des aulnes souligne combien les changements d'échelle et de mesures peuvent affecter la spécialisation, et donc nos conclusions sur l'évolution de des associations mycorhiziennes.

Analyse des communautés fongiques associées aux racines des bleuets sauvages

Simon Morvan et Mohamed Hijri

Institut de Recherche en Biologie Végétale (IRBV) de l'Université de Montréal, 4101 Rue Sherbrooke E, Montréal, QC H1X 2B2, Canada,

Le Canada est le plus gros producteur de bleuet sauvage au monde. Les cultures du bleuet sauvage se font de façon naturelle dans les forêts boréales avec trois espèces *Vaccinium angustifolium*, *Vaccinium myrtilloides* et *Vaccinium nigrum.* Les études de terrain sur la diversité microbienne associée aux plantes du bleuet sauvage en particulier les champignons mycorhiziens à éricacées (ErM), demeurent fragmentaires.

Les principales propriétés édaphiques des milieux de culture des éricacées sont un haut rapport C/N et un faible pH. Dans ces conditions, l'apport des champignons ErM est essentiel puisqu'ils permettent d'augmenter l'apport en azote et en phosphate notamment en accédant à des sources non-assimilables par les plantes.

Nous avons procédé à un échantillonnage de *V. angustifolium*dans trois bleuetières (180 ha, 120 ha et 65 ha) dans la région du Lac St-Jean au Québec. Au sein même de ces bleuetières, 9 parcelles ayant des rendements différents ont été sélectionnées. 5 échantillons de racine et de rhizosphère ont été récoltés par parcelles, soit un total de 45 échantillons. Suite à l'extraction d'ADN et au séquençage du marqueur ITS des échantillons de la rhizosphère, par Illumina MiSeq, 6,951,115 séquences ont été obtenues soit 154,469 ± 61,038 séquences par échantillons. L'analyse bio-informatique du pipeline DADA2 a permis d'obtenir 3,300 variants de séquences (OTUs).

Nous cherchons maintenant à mettre en évidence une corrélation entre les populations fongiques et les paramètres de rendements des parcelles étudiées. Cette étude devrait ainsi permettre d'identifier les communautés potentiellement bénéfiques à la culture et ouvrir la voie à des essais de bioinoculation.

Mots clés : bleuets, mycorhizes à éricacées, communauté

Session 2

Biologie fonctionnelle des symbioses mycorhiziennes : du dialogue moléculaire pré-symbiotique à la physiologie des échanges mutualistes

Modification de la paroi des cellules racinaires dans l'ectomycorhize : rôle de l'auxine fongique et de la pectine

Chowdhury J[1], Daguerre Y[1] ,Kumari A[1], Kunz S[1], Seyfferth C[1], Pěnčík A[2], Novak O[2], Granbom R[1], Ljung K[1], Andres J[3], Zurbriggen M[3], Kemppainen M[4], Pardo AG[4], Sauer UH[5] et **Felten J[1]**

[1] Umeå Plant Science Centre, Department of Forest Genetics and Plant Physiology, Swedish University of Agricultural Sciences, Umeå, Sweden

[2] Laboratory of Growth Regulators, Centre of the Region Haná for Biotechnological and Agricultural Research, Institute of Experimental Botany AS CR & Faculty of Science of Palacký University, Šlechtitelů 27, CZ-78371 Olomouc, Czech Republic.

[3] Institute of Synthetic Biology and Cluster of Excellence on Plant Sciences (CEPLAS), University of Düsseldorf, Düsseldorf, Germany.

[4] Laboratorio de Micología Molecular, Departamento de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Quilmes and Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Bernal, Argentina.

[5] Department of Chemistry, Umeå University, 901 87 Umeå, Sweden

Le processus de la formation de l'ectomycorhize consiste en la formation d'un manteau fongique autour de la racine, puis la pénétration des hyphes fongiques entre les cellules de l'épiderme et du cortex racinaire afin que le réseau de Hartig se forme. Le réseau de Hartig est essentiel pour l'échange des nutriments entre les deux partenaires. Afin que cette pénétration soit possible, la matrice de pectine qui assure l'adhésion entre les cellules racinaires, doit être relâchée ou dégradée. Nous présumons que le contact entre la plante et le champignon va conduire à un remodelage de la pectine via des enzymes ou autres molécules fongiques et/ou des enzymes de la plante activés lors de l'interaction, qui résulte en un relâchement de la pectine permettant la pénétration des hyphes entre les cellules racinaires. Des expériences d'immuno-localisation avec des anticorps sensibles à différents états chimiques de la pectine démontrent que, lors de l'interaction entre les racines de peuplier et le champignon ectomycorhizien *Laccaria bicolor*, une plus forte deméthyl-esterification de la pectine est présente dans les cellules en contact avec les hyphes qui pourrait expliquer un relâchement de la matrice. Nous évaluons le rôle d'enzymes fongique dans ce processus. Les champignons ectomycorhiziens comme *Laccaria bicolor* sont capables de produire la phytohormone auxine. L'auxine est connue pour avoir une influence sur la stabilité des parois avec un potentiel d'influencer la pectine. Nous étudions la production, sécrétion et l'importance de l'auxine fongique de *Laccaria bicolor* pour la formation du réseau de Hartig et le remodelage de la pectine dans les cellules racinaires.

Mots clés : ectomycorhize, paroi, pectine, auxine

Décomposition de la nécromasse fongique par les champignons ectomycorhiziens : rôles et fonctions potentiels dans la dépolymérisation de la chitine

François Maillard[1], Emila Akroume[1,2], Cyrille Bach[1], Margaux Didion[1], Christian Hossann[3], Laure Fauchery[1], Nicolas Angeli[3], Bernhard Zeller[2], Laurent Saint-André[2], Francis Martin[1] et **Marc Buée[1]**

[1] INRA, UMR1136 INRA Nancy – Université de Lorraine, Interactions Arbres-Microorganismes, 54280 Champenoux, France.

[2] INRA UR 1138 Biogéochimie des Ecosystèmes Forestiers, Centre INRA de Nancy, Champenoux

[3] INRA UMR1137 Ecologie et Ecophysiologie Forestière, Centre INRA de Nancy, Champenoux

En forêt, les champignons du sol constituent un important puit de carbone. Ce carbone est plus particulièrement stocké dans les racines mycorhizées et au sein des réseaux mycéliens qui participent au recyclage de la matière organique. Les champignons forestiers sont ainsi capables de dégrader des substrats lignocellulosiques, mais aussi la nécromasse des champignons et des arthropodes, constituée en partie de chitine, le polymère le plus abondant dans le sol après la cellulose. Si les champignons ectomycorhiziens constituent une potentielle nécromasse microbienne, ils sont également capables d'exprimer des activités chitinolytiques. Dans ce contexte, nous avons étudié les capacités potentielles des champignons ectomycorhiziens à décomposer la nécromasse fongique, et plus particulièrement la chitine. Le couplage d'approches isotopiques et enzymatiques a révélé que *Paxillus involutus*, un champignon ectomycorhizien, peut ainsi mobiliser de l'azote, mais aussi du carbone, à partir de nécromasse d'un champignon saproxylique (*Postia placenta*). Alors que l'azote est transféré à la plante hôte (le pin), le carbone reste, quant à lui, localisé dans le réseau mycélien ou les racines ectomycorhizées par *P. involutus*. Par ailleurs, nous avons démontré que l'expression de la N-acetylglucosaminidase est régulée de manière différentielle par la présence de chitine entre deux ordres majeurs au sein des basidiomycètes : les Boletales et les Agaricales. La comparaison de cette activité dans une trentaine d'espèces fongiques ectomycorhiziennes suggère un possible conservatisme phylogénétique de la régulation de ce trait fonctionnel. Finalement, une étude de génomique comparative nous a permis de confirmer un potentiel fonctionnel élevé de décomposition de la chitine chez les champignons ectomycorhiziens. Cette analyse, réalisée sur plusieurs centaines de génomes fongiques, confirme l'existence de plusieurs voies spécifiques de dépolymérisation de la chitine chez certains clades fongiques et des évolutions indépendantes selon les groupes étudiés. Ces résultats mettent en lumière l'importance du rôle des champignons ectomycorhiziens dans la décomposition de certaines classes de la matière organique.

Mots clés : nécromasse fongique, chitine, champignons ectomycorhiziens, N-acetylglucosaminidase

Rôles des signaux symbiotiques dans la mise en place de la symbiose mycorhizienne à arbuscules et variabilité génétique de l'efficacité symbiotique

Ariane Girardin, Luis Buendia, Tongming Wang, Claudia Bartoli, Mégane Gaston, Virginie Gasciolli, Jean-Jacques Bono et **Benoit Lefebvre**

Laboratoire des Interactions Plantes Micro-organismes (LIPM), INRA-CNRS, Castanet-Tolosan, France

Des lipo-chitooligosaccharides[1] (LCO) et chitooligosaccharides courts[2] (CO) produits par les champignons mycorhiziens à arbuscules (CMA) sont capables d'activer chez les plantes une voie de signalisation nécessaire à la colonisation par les CMA[3]. Le rôle respectif de ces signaux dans la reconnaissance des CMA par les plantes est cependant encore mal connu. Nous avons montré par des approches de génétique inverse et biochimique qu'un *Receptor-Like Kinase* (RLK) contenant des domaines LysM ayant une haute affinité pour les LCO, est important pour la colonisation de solanacées par des CMA[4]. Cela suggère que les LCO jouent un rôle dans la mise en place de la symbiose mycorhizienne à arbuscules. Des approches similaires visent à déterminer le rôle de récepteurs de CO chez des solonacées et des poacées.

Au-delà du contrôle de la colonisation, il existe une forte variabilité génétique intra-espèce chez les plantes déterminant l'effet de la symbiose sur la croissance de l'hôte. Nous cherchons à identifier les bases génétiques et leurs interactions avec des contraintes environnementales, contrôlant l'effet des CMA sur la croissance de*Brachypodium distachyon*. Nous avons observé des effets contrastés de la colonisation par des CMA sur douze génotypes de *B. distachyon*. Nous mesurons actuellement la croissance d'une centaine de génotypes, en présence ou absence de CMA, en utilisant la nouvelle plateforme de phénotypage des plantes du laboratoire.

[1]Maillet F. *et al*. (2011) Fungal lipochitooligosaccharide symbiotic signals in arbuscular mycorrhiza. Nature 469: 58-63

[2]Genre A. *et al*. (2013) Short-chain chitin oligomers from arbuscular mycorrhizal fungi trigger nuclear Ca2+ spiking in *Medicago truncatula* roots and their production is enhanced by strigolactone. New Phytol 198: 179-189

[3]Sun J. *et al*. (2015) Activation of symbiosis signaling by arbuscular mycorrhizal fungi in legumes and rice. Plant Cell 27: 823-838

[4]Buendia L. *et al*. (2016) The LysM receptor-like kinase SlLYK10 regulates the arbuscular mycorrhizal symbiosis in tomato. New Phytol 210: 184-195

Mots clés : dialogue moléculaire, réponse mycorhizienne

L'antagonisme des champignons mycorhiziens à arbuscules vis-à-vis d'*Arabidopsis* dévoile une nouvelle voie moléculaire pré-symbiotique

Marco Cosme[1,2], Ivan Fernandez[1], Maryline Calonne-Salmon[2], Stéphane Declerck[2], Marcel Van Der Heijden [1,3] et Corné M. J. Pieterse[1]

[1] Plant-Microbe Interactions, Department of Biology, Faculty of Science, Utrecht University, PO Box 800.56, 3508 TB Utrecht, The Netherlands

[2] Université catholique de Louvain, Earth and Life Institute, Applied microbiology, Mycology, Croix du Sud 2, bte L7.05.06, B-1358, Louvain-la-Neuve, Belgium.

[3] Plant-Soil-Interactions, Agroscope Institute for Sustainability Sciences, Zurich, Switzerland,

Les champignons mycorhiziens à arbuscules (CMA) sont des microorganismes ubiquistes formant des associations symbiotiques avec la plupart des espèces végétales. Cependant, il est estimé que ~20% des plantes terrestres, incluant des plantes cultivées et des plantes modèles, ne forment pas d'association avec les CMA, ces derniers pouvant même impacter négativement leur croissance. Les mécanismes sous-jacents à cet antagonisme restent peu connus.

Nous avons utilisé le CMA *Rhizophagus irregularis* et la plante non-hôte *Arabidopsis thaliana* afin de tester les hypothèses des mécanismes de compromis entre croissance et défense et de pathogénicité. À cette fin, nous avons combiné la génétique inverse sur diverses phytohormones et voies moléculaires associées aux microbes à des analyses de transcription de gènes sur *A. thaliana* Col-0 (type sauvage). Les réponses des CMA à l'application d'exsudats ont également été déterminées.

Ni les mécanismes de défenses ni les voies de croissance des phytohormones n'ont affectés l'antagonisme du CMA. Par ailleurs, le CMA n'a pas impacté les processus de transcription des phytohormones. Les mutants d'*A. thaliana*, sensibles à divers pathogènes, ne se sont pas montrés plus sensibles au CMA, et la colonisation fongique et l'antagonisme n'ont montré aucune corrélation. Cependant, nous avons découvert une nouvelle voie moléculaire qui stimule le développement du CMA.

Nous avons démontré pour la première fois qu'un mécanisme moléculaire d'*A. thaliana*, également impliqué dans les réponses à l'épuisement des éléments nutritifs, peut favoriser le mécanisme de pré-pénétration du CMA. En outre, nous avons fournis des preuves convaincantes que ni *R. irregularis* n'est pathogène, ni *A. thaliana* n'autorégule les mécanismes de compromis entre croissance et défense face au CMA. Ces résultats suggèrent que l'antagonisme du CMA contre les plantes non-hôtes peut être lié à un mécanisme plus spécialisé, encore inexploré à ce jour.

Réseaux de régulation du transportome mycorhizien : Existe-t-il une voie commune du transport symbiotique?

Pierre-Emmanuel Courty[(1)], Kevin Garcia[(2)], Rémi Lemoine[(3)], Pierre Coutos-Thevenot[(3)], Daniel Wipf[(1)] et **Joan Doidy[(3)]**

[(1)] Agroécologie, AgroSup Dijon, INRA1347, Université Bourgogne Franche-Comté, CNRS ERL6003, Dijon, France

[(2)] Department of Biology and Microbiology, South Dakota State University, Brookings, Etats Unis

[(3)] Université de Poitiers, UMR CNRS 7267, EBI Ecologie et Biologie des Interactions, Poitiers, France

Les symbioses mycorhiziennes sont souvent définies par leurs échanges mutualistes entre partenaires fongique et végétal. Le champignon en transférant des nutriments, par exemple azotés (N), phosphatés (P), du potassium (K) et du souffre (S), promeut le rendement végétal. En retour, la plante fournit du carbone au champignon hétérotrophe sous forme de sucres et de lipides. Ces flux réciproques de nutriments et de carbone sont contrôlés par le transportome, défini comme l'ensemble des protéines de transport encodées par les génomes fongique et végétal. Ici, nous présenterons en détail l'avancement des connaissances du transportome de carbone chez les plantes et les champignons. La régulation du transportome mycorhizien contrôle le flux de sucres et de lipides transféré à l'interface plante-champignon et par conséquent assure l'intégrité de la symbiose entre les deux partenaires (Garcia*, Doidy* *et al* 2016).

Dans ce contexte, nous discuterons les défis actuels de ce domaine porteur d'enjeux en recherche et développement. Dans un premier temps, nous nous inspirons de la voie de signalisation commune observée lors des stades précoces de reconnaissance hôte-symbiote ("SYM pathway") pour discuter d'une éventuelle voie de transport commune ("TRANS pathway") aux symbioses mycorhiziennes et rhizobactériennes. Dans un deuxième temps, nous discuterons l'importance de la récente identification de facteurs de transcription régulant les réseaux d'assimilation et d'utilisation des nutriments lors des stades fonctionnels de l'interaction mycorhizienne. Dans le futur, la combinaison d'approche génomique et de biologie des systèmes permettra de modéliser les réseaux de régulation du transportome mycorhizien, ouvrant ainsi de nouvelles applications pour le développement agroécologique des interactions plantes-microorganismes.

Garcia Kevin*, Doidy Joan*, Zimmermann Sabine D., Wipf Daniel, Courty Pierre-Emmanuel (2016) Take a Trip Through the Plant and Fungal Transportome of Mycorrhiza. Trends in Plant Science 21 (11):937-950. doi:10.1016/j.tplants.2016.07.010

Mots clés : échanges mutualistes, transport de sucres et nutriments, transportome mycorhizien, facteurs de transcription

Génomique fonctionnelle de *Rhizophagus irregularis* : un point sur la dépendance au métabolisme lipidique de la plante hôte

Loïc Cusant[(1)], Alain Jauneau[(2)] et **Christophe Roux[(1)]**

[(1)] Laboratoire de recherche en Sciences VégétalesUMR CNRS-UTIII 5546Pôle de Biotechnologie Végétale, Chemin de Borde Rouge, BP 42617 Auzeville-Tolosane, 31326 Castanet-Tolosan

[(2)] FR AIB (CNRS - UPS), Campus INRA - 24 Chemin de borde rouge - BP 42617 Auzeville, 31326 Castanet-Tolosan cedex - France

La communauté scientifique dispose désormais de nombreuses données génomiques sur les champignons mycorhiziens à arbuscules ou MA (8 assemblages génomiques au jour de rédaction de ce résumé – Tisserant *et al.* 2013, Lin *et al.* 2014, Chen *et al.* 2018 + article en cours de rédaction). La génomique de ces champignons laisser penser que ces champignons, bien que très riches en lipides, soient dépendants de la biosynthèse des acides gras de l'hôte (Wewer *et al.,* 2014 ; Tang *et al.* 2016). Plusieurs travaux de génétique des plantes et de biochimie ont depuis démontré que les acides gras de la plante hôte étaient transférés dans les champignons MA (Bravo *et al.*, 2017, Jiang *et al.* 2017, Keymer *et al.* 2017, Luginbuehl *et al.* 2017,). Nous avons développé plusieurs approches pour aller plus en avant dans les mécanismes d'acquisition des acides gras de l'hôte par les champignons MA et leur métabolisation. Un point sur ces travaux sera présenté.

Bravo, A. *et al.* (2017). Arbuscular mycorrhiza-specific enzymes FatM and RAM2 fine-tune lipid biosynthesis to promote development of arbuscular mycorrhiza. *New Phytologist*, *214*(4), 1631-1645.

Chen, E. C. *et al.* (2018). High intraspecific genome diversity in the model arbuscular mycorrhizal symbiont *Rhizophagus irregularis*. New Phytologist.

Jiang, Y. *et al.* (2017). Plants transfer lipids to sustain colonization by mutualistic mycorrhizal and parasitic fungi. *Science*, eaam9970.

Keymer, A. *et al.* (2017). Lipid transfer from plants to arbuscular mycorrhiza fungi. *Elife*, *6*.

Lin, K *et al.* (2014). Single nucleus genome sequencing reveals high similarity among nuclei of an endomycorrhizal fungus. *PLoS genetics*, *10*(1), e1004078.

Tang, N. *et al.* (2016). A survey of the gene repertoire of *Gigaspora rosea* unravels conserved features among Glomeromycota for obligate biotrophy. Frontiers in microbiology, 7, 233.

Tisserant, E. Malbreil M. *et al.* (2013). Genome of an arbuscular mycorrhizal fungus provides insight into the oldest plant symbiosis. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *110*(50), 20117-20122.

Wewer V, *et al.* 2014. Fatty acid synthesis and lipid metabolism in the obligate biotrophic fungus *Rhizophagus irregularis* during mycorrhization of Lotus japonicus. The Plant journal : for cell and molecular biology 79: 398–412.

Mots clés : *Rhizophagus irregularis*, champignon mycorhizien à arbusccules, génomique, métabolisme lipidique

Un modèle de culture pour étudier les interactions entre la vigne et les endomycorhizes à arbuscules

Valat Laure[(1)], Le Jeune Christine[(1)], Hussenet Réjane[(2)], Kendel Melha[(1)], Schellenbaum Paul[(1)], Maillot Pascale[(1)] et Deglène-Benbrahim Laurence[(1)]

[(1)] E.A. 3991, Laboratoire Vigne, Biotechnologies & Environnement, Université de Haute Alsace, 33 rue de Herrlisheim, BP 50568,68000 Colmar CEDEX 008, France

[(2)] Département Génie Biologique, Institut Universitaire deTechnologie, 29 rue de Herrlisheim, BP 50568, 68000 Colmar CEDEX 008, France

La symbiose avec des champignons mycorhiziens arbusculaires (CMA), appartenant au groupe des Gloméromycètes, a des effets bénéfiques sur la croissance, la nutrition et la résistance des plantes à des stress biotiques et abiotiques (Bonfante & Genre, 2010), y compris chez la vigne (Trouvelot *et al*, 2015). Dans un contexte de réduction des intrants chimiques en agriculture, ils suscitent donc un intérêt croissant du fait de leurs applications potentielles en agronomie.

Dans le but d'étudier les interactions symbiotiques entre la vigne et des CMA, nous avons mis au point une méthode permettant d'obtenir rapidement des plants mycorhizés à partir de plants multipliés *in vitro* et acclimatés (Valat *et al*, 2018). L'inoculation par une suspension de spores d'une souche de *Funneliformis mosseae* cinq semaines après le transfert des vitro-plants en pots de culture, c'est à dire après acclimatation, a permis d'observer un niveau élevé de mycorhization, associé à une augmentation de la croissance aérienne et du nombre de ramifications racinaires. Les gènes *VvPht1-1* et *VvPht1-2* étaient très fortement exprimés dans les racines colonisées par le CMA, suggérant une activation spécifique par la symbiose.

Dans une nouvelle étude, nous avons voulu déterminer l'effet d'une inoculation réalisée un jour après le transfert *ex vitro* des vitro-plants. Six semaines après inoculation, le niveau de mycorhization a été mesuré grâce à la méthode de Trouvelot et al, 1986. La croissance des parties aériennes et racinaires, l'architecture racinaire ainsi que l'expression de deux gènes codant pour des transporteurs de phosphate PHT1 dans la plante (*VvPht1-1* et *VvPht1-2*) ont été évaluées et comparées à celles de plantes non inoculées.

Ce système simple à mettre en œuvre permet donc d'obtenir rapidement des plants de vigne mycorhizés, pour conduire des études d'expression génique en relation avec la symbiose.

Bonfante P, Genre A (2010) Mechanisms underlying beneficial plant–fungus interactions in mycorrhizal symbiosis. Nat Commun 1:48.

Trouvelot A, Kough JL, Gianinazzi-Pearson V (1986) Mesure du taux de mycorhization VA d'un système radiculaire. Recherche de méthodes d'estimation ayant une signification fonctionnelle, in : Mycorrhizae physiology and genetics. 1°ESM, Dijon, 1–5 July 1985. INRA, Paris, 217–221.

Trouvelot S, Bonneau L, Redecker D, Van Tuinen D, Adrian M, Wipf D (2015) Arbuscular mycorrhiza symbiosis in viticulture: a review. Agron Sustain Dev 35(4):1449–1467.

Valat L, Deglène-Benbrahim L, Kendel M, Hussenet R, Le Jeune C, Schellenbaum P, Maillot P (2018) Transcriptional induction of two phosphate transporter 1 genes and enhanced root branching in grape plants inoculated with *Funneliformis mosseae*. Mycorrhiza 28:179–185.

Mots clés : champignons mycorhiziens arbusculaires, *Vitis*, croissance, transporteurs de phosphate PHT1

Session 3

Les réponses des mycorhizes aux stress biotiques et abiotiques (notamment liées aux changements climatiques ou aux milieux dégradés)

Effets de la salinité, la pollution et la compétition sur la diversité des champignons mycorhiziens arbusculaires.

Mohamed Hijri

Institut de recherche en biologie végétale, Département de sciences biologiques, Université de Montréal, 4101 Rue Sherbrooke Est, Montréal, QC, H1X 2B2, Canada

La salinisation des sols est un facteur déterminant dans l'augmentation de la pression osmotique qui a pour conséquence la toxicité pour des êtres vivants des sols, y compris les plantes. Cet exposé présentera les principaux résultats d'une méta-analyse de plus de 60 publications sur les effets des champignons mycorhiziens arbusculaires (CMA) sur la croissance des plantes C3 et C4 en condition de stress salin en serre et en champs. Les paramètres qui ont été analysés sont : L'identité des espèces des CMA et inoculation; l'identité des plantes hôtes (C3 *versus* C4) et la fonction de la plante; la texture du sol et le niveau de salinité; et condition expérimentale (serre *versus* champ).

Tout comme la salinisation, la contamination des sols par des éléments traces et les polluants organiques, engendre des effets néfastes pour les êtres vivants. L'exposé présentera les résultats de plusieurs études sur les effets de la contamination des sols par des hydrocarbures pétroliers sur la diversité des CMA. Des analyses des changements des structures des communautés des CMA seront présentées et discutées. En fin de l'exposé, je présenterai les résultats d'une étude sur l'effet de l'inoculation mycorhizienne sur les communautés indigènes de CMA dans deux cultures en champs.

Impact de Rhizophagus irregularis MUCL 41833 sur le développement de *Phytophthora infestans* chez la pomme de terre au champ

Pierre-Louis Alaux[(1)], Vincent César[(2)], Françoise Naveau[(1)], Sylvie Cranenbrouck[(3)] et Stéphane Declerck[(1)]

[(1)] Université catholique de Louvain, Earth and Life Institute, Applied Microbiology, Mycology, Croix du Sud 2, box L7.05.06, 1348, Louvain-la-Neuve, Belgium

[(2)] Walloon Agricultural Research Centre, Life Sciences Department, Breeding and Biodiversity Unit, Rue du Serpont 100, B-6800 Libramont, Belgium.

[(3)] Université catholique de Louvain, Earth and Life Institute, Applied Microbiology, Mycology, Mycothèque de l'Université catholique de Louvain (MUCL), Croix du Sud 2, box L7.05.06, 1348, Louvain-la-Neuve, Belgium

En agriculture biologique (au sein de l'Union Européenne), seule l'utilisation du cuivre est autorisée pour le contrôle des agents pathogènes, notamment Phytophthora infestans (responsable du mildiou de la pomme de terre). Cependant, les impacts environnementaux de l'accumulation du cuivre, causés par des dosages excessifs et une utilisation répétée, ont poussé l'UE à promouvoir des approches alternatives au cuivre telles que l'utilisation d'agents de bio-contrôle (par ex. champignons mycorhiziens à arbuscules, CMA). Deux essais au champ ont été menés au cours de saisons culturales contrastées. Le premier essai, s'est déroulé durant une saison chaude et sèche avec une pression de P. infestans faible, alors que le deuxième essai s'est déroulé durant une saison plus fraiche et sous forte humidité avec une forte pression parasitaire de P. infestans. Lors des deux essais, des tubercules pré-germés ont été inoculés avec Rhizophagus irregularis MUCL 41833 en serre avant transfert au champ. Une approche utilisant des marqueurs de RT- qPCR a été utilisée pour identifier spécifiquement la souche de CMA introduite ainsi que les R. irregularis présentes naturellement sur les parcelles d'essais. Lors des deux essais, le CMA introduit a été détecté par les marqueurs dans les racines au moment de la récolte, démontrant ainsi sa capacité à intégrer la communauté microbienne de la pomme de terre. Durant le premier essai, les symptômes de la maladie ont été retardés de 10 jours et significativement réduits chez les plantes pré-mycorhizées. Par contre, dans le second essai, aucune différence significative n'a été observée sur le développement de la maladie entre les plantes pré-mycorhizées et le traitement contrôle. Pour les deux essais aucun effet significatif n'a été mesuré sur le rendement. En conclusion, le développement de P. infestans (symptômes foliaires) a été réduit de façon transitoire, par l'utilisation d'un traitement pré-mycorhizé en condition de faible pression de l'agent pathogène, alors qu'aucun n'effet n'a été mesuré dans des conditions très favorable au pathogène.

Mots clés : champignon mycorhizien à arbuscules ; *Phytophthora infestans* ; haplotype ; RT-qPCR

L'acquisition croissante de silicium chez les bananiers colonisés par *Rhizophagus irregularis* MUCL 41833 réduit l'incidence de *Mycosphaerella fijiensis*

Louis-Raymond Gbongue[(1)], Adolphe Zeze[(1)], **Ismahen Lalaymia[(2)]** et Stéphane Declerck[(2)]

[(1)] Groupe de Recherche sur les Biotechnologies Végétale et Microbienne, Ecole Supérieure d'Agronomie, Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny.

[(2)] Université catholique de Louvain, Earth and Life Institute, Applied Microbiology, Mycology, Croix du Sud 2, bte L7.05.06, 1348 Louvain-la-Neuve, Belgium

La maladie des raies noires causée par *Mycosphaerella fijiensis* est la maladie foliaire la plus importante des bananiers et plantains. À l'heure actuelle, son contrôle par des méthodes non chimiques reste un défi. Il a été démontré que l'accumulation du silicium (Si) dans les tissus végétaux aide les plantes à lutter contre les ravageurs et les maladies. De même, il a été rapporté que les champignons mycorhizien à arbuscules (CMA) aident à réduire l'incidence des agents pathogènes aériens et souterrains chez de nombreuses espèces végétales. Dans cette étude, nous avons évalué l'effet de la colonisation des plantes de bananier par le CMA *Rhizophagus irregularis* MUCL 41833 et l'accumulation du Si dans ces plantes via son absorption et transport par le CMA sur le contrôle de *M. fijiensis.* Nous avons démontré que les plantes colonisées par le CMA avaient une meilleur croissance et accumulaient plus de Si, P et Ca que les plantes non colonisées. L'apparition des premiers symptômes de la maladie a été retardée chez les plantes colonisées par le CMA avec ou sans Si. De même, l'index de sévérité de la maladie et l'aire sous la courbe de progression de la maladie, évalués à 21 et 35 jours, étaient plus faibles chez les bananiers colonisés par le CMA ou cultivées en présence de Si. Ces résultats suggèrent que la combinaison CMA/Si pourrait sensiblement améliorer la résistance des bananiers contre la maladie des raies noires et potentiellement d'autres plantes contre des pathogènes aériens ou telluriques.

Mots clés : bananier, *Mycosphaerella fijiensis,* champignons mycorhizien à arbuscules, silicium

Efficacité des champignons mycorhiziens arbusculaires dans la production de plants et la tolérance aux contraintes du milieu chez l'olivier (*Oleaeuropaea*)

Fouad Mohamed Youssef, Essahibi Abdellatif, Benhiba Laila, Cherki Ghoulam et **Ahmed Qaddoury**

Equipe Biotechnologie Végétale et Agrophysiologie des Symbioses, Faculté des Sciences et Techniques-guéliz PB 549 Marrakech, Maroc

La composante biologique du sol est le facteur clé de sa fertilité et de son potentiel agronomique. La gestion des microorganismes du sol en tant que fournisseurs de services écologiques clés est à la pointe de la gestion durable de la fertilité des sols. Les fournisseurs les plus importants de ces services écologiques sont les champignons mycorhiziens à arbuscules (CMA) qui peuvent former des associations symbiotiques (mycorhizes) avec les racines de la plupart des plantes terrestres. De nombreux avantages agronomiques, physiologiques et écologiques obtenus grâce à la symbiose MA ont été caractérisés. Le mycélium fongique qui s'étend des racines mycorhiziennes forme un réseau tridimensionnel reliant la racine et l'environnement du sol au-delà de la zone d'épuisement des nutriments. Il constitue un système efficace pour l'absorption de l'eau et des nutriments. Ce réseau mycélien contribue également à la formation d'agrégats nécessaires à la bonne qualité du sol. Les performances de la symbiose mycorhizienne sont plus prononcées sous conditions difficiles (sol pauvre, pénurie d'eau, salinité du sol, etc.). En conséquence, les plantes mycorhizées sont souvent plus compétitives et plus aptes à tolérer les contraintes environnementales que les plantes non mycorhizées. Cette présentation est une compilation des principaux résultats de nos travaux sur l'efficacité de l'intégration des CMA dans les cycles de production des plants d'olivier en pépinière dans l'amélioration du rendement en plants et la qualité des plants produits en termes d'amélioration du taux d'enracinement, de survie à l'acclimatation, du développement ultérieur des plants mycorhizés, et de leur potentiel d'adaptation aux contraintes du milieu.

Mots clés : symbiose mycorhizienne, Olivier, production, plants

Variation de la biomasse naturelle des champignons mycorhiziens arbusculaires dans la rhizosphère des principales poacées en Tunisie septentrionale

Jerbi Maroua[(1)], Labidi Sonia[(1)], Laruelle Frédéric[(2)], Tisserant Benoit[(2)], Lounès Hadj Sahraoui Anissa[(2)] et Ben Jeddi Faysal[(1)]

[(1)] Laboratoire des Sciences Horticoles (LSH), LR13AGR01, Institut National Agronomique de Tunisie. 43 Avenue Charles Nicolle, Tunis 1082.Tunisie

[(2)] Unité de Chimie Environnementale et Interactions sur le Vivant (UCEIV), EA4492, Université du Littoral Côte d'Opale, 50 rue Ferdinand Buisson, 62228 Calais, France.

Les champignons mycorhiziens à arbuscules (CMA) sont des symbiotes racinaires colonisant plus de 80% des plantes terrestres. L'espèce de la plante hôte et les caractéristiques physico-chimiques du sol peuvent influencer leur abondance. L'objectif de ce travail est de déterminer l'état de mycorhization et la biomasse des CMA dans la rhizosphère des poacées alimentaires et fourragères cultivées en pluvial, en Tunisie septentrionale. Des travaux de prospection et collecte d'échantillons de plantes et sol ont été réalisés dans 24 sites différents répartis sur 11 régions du nord de la Tunisie. Les espèces végétales échantillonnées sont l'orge (*Hordeum vulgare* L.), l'avoine (*Avena sativa* L.), le blé dur (*Triticum turgidum* L. subsp. *durum* (Desf.) Husn.) et le blé tendre (*Triticum aestivum* L. subsp. *aestivum*). Les prélèvements ont été effectués durant deux stades de développement : le tallage et l'épiaison. Les observations microscopiques des racines colorées des plantes prélevées ont montré un taux de mycorhization variant de 5,8 à 69,3%. Selon les analyses en composantes principales (ACP), l'abondance de la mycorhization à arbuscules a varié d'un site à l'autre selon les caractéristiques physico-chimiques du sol (texture du sol, pH, conductivité électrique, taux de calcaire total et actif, teneur en matière organique) et la plante hôte. L'espèce la plus colonisée par les CMA est l'orge : 93,5% des plantes prélevées sont mycorhizées. Le blé tendre est le moins mycorhizé parmi les espèces étudiées. D'autre part, la mycorhization arbusculaire printanière est de 30% plus importante que celle hivernale. La biomasse microbienne a été déterminée à travers la quantification des biomarqueurs lipidiques spécifiques : les acides gras des phospholipides (AGPL). Les AGPL C16 :1w5, biomarqueur des CMA est significativement plus élevé dans les sols ayant un pourcentage important en calcaire total. Les AGPL spécifiques des bactéries Gram-positive et Gram-négative ainsi que des CMA sont corrélés positivement.

Mots clés : culture pluviale, colonisation mycorhizienne, poacées, biomarqueurs lipidiques

Rhizophagus irregularis atténue l'impact du benzo[a]pyrene sur la nutrition phosphatée de *Medicago truncatula*

Maryline Calonne-Salmon, Katia Plouznikoff et Stéphane Declerck

Université catholique de Louvain, Earth and Life Institute, Applied microbiology, Mycology Croix du Sud 2, bte L7.05.06, B-1358, Louvain-la-Neuve, Belgique.

Le benzo[a]pyrène (B[a]P, hydrocarbure aromatique polycyclique (HAPs)), est un polluant persistant dans les sols dont les effets sur les microorganismes de la rhizosphère sont fréquemment rapportés. De nombreuses techniques sont proposées pour éliminer ce polluant. Parmi celles-ci, la phytoremédiation est une alternative durable aux méthodes physico-chimiques, qui, le plus souvent, affectent la biodiversité des sols. Cependant, l'utilisation des plantes pour dépolluer les sols nécessite leur développement sur les sols pollués et leur résistance/tolérance au stress induit. Une meilleure croissance des plantes mycorhizées en présence des HAPs a été démontrée, mais les mécanismes impliqués sont encore peu connus.

Dans le présent travail, grâce au système de circulation semi-hydroponique récemment publié, nous avons étudié l'effet du B[a]P sur l'absorption du phosphore inorganique (Pi) sur 42 h par des plantules de *Medicago truncatula* mycorhizées ou non par *Rhizophagus irregularis* MUCL 41833. En parallèle, nous avons étudié l'effet du B[a]P sur le prélèvement de Pi par le CMA seul, en condition *in vitro*.

Alors que l'absorption de Pi par le mycélium du CMA n'est pas affectée par le B[a]P, ce polluant diminue la croissance et l'absorption de Pi par les plantules. Cependant, l'effet négatif diminue chez les plantules PM, via une meilleure absorption du Pi et une plus forte accumulation de P dans la plante. Une meilleure exploration du milieu par le CMA couplé à un plus grand nombre de transporteurs actifs, contribuent probablement à cette amélioration de la nutrition phosphatée.

Ces résultats suggèrent que le partenariat *M.truncatula/R. irregularis* est une option à considérer pour la phytoremédiation des sols pollués par le B[a]P.

Mots clés : champignon mycorhizien à arbuscules, benzo[a]pyrène, hydrocarbures aromatiques polycycliques, phosphore inorganique, système circulant, semi-hydroponique

Les mycorhizes et le phytomanagement des sols historiquement contaminés par les dioxines/furanes : effet sur le microbiote du sol et sur la dissipation de la pollution.

Hacène Meglouli[(1)], Anissa Lounès-Hadj Sahraoui[(1)], Frédérique Changey[(1)], Maryline Magnin-Robert[(1)], Benoit Tisserant[(1)], Frédéric Laruelle[(1)], Thomas Lerch[(2)], Mohamed Hijri[(3)] et Joël Fontaine[(1)]

[(1)] Université du Littoral Côte d'Opale, EA 4492 – UCEIV – Unité de Chimie Environnementale et Interactions sur le Vivant, SFR Condorcet FR CNRS 3417, F-62228 Calais cedex, France.

[(2)] UMR 7518 « IEES, Institut d'Ecologie et des Sciences de l'Environnement» (CNRS-UPEC-AgroParisTech-ENS-UPMC-IRD), Université Paris-Est Créteil, 60, avenue du Général de Gaulle, 94010 Créteil Cedex.

[(3)] Institut de recherche en biologie végétale, Université de Montréal and Jardin botanique de Montréal, 4101 Rue Sherbrooke Est, Montréal, QC H1X 2B2, Canada.

Célèbres depuis l'accident de Seveso en 1976, les dioxines/furanes (PCDD/F) restent, malgré une forte baisse de leurs émissions, un sujet de préoccupation permanent en France et dans le monde. La rémanence de ces composés organochlorés dans le sol et le risque toxique qu'ils représentent pour l'Homme et l'environnement font que la gestion et la remédiation des sols contaminés par les PCDD/F sont devenues une priorité des industriels, législateurs et scientifiques. Parmi les méthodes de remédiation des sols pollués, la phytoremédiation compte parmi les méthodes innovantes de dépollution des sols pollués. Cette phytotechnologie émergente, en parfaite adéquation avec le développement durable, combine les capacités naturelles des plantes et des microorganismes associés à biodégrader les polluants organiques dans le sol. L'objectif de ce travail de thèse a donc consisté à étudier les performances de la phytoremédition assistée, en particulier par les champignons mycorhiziens arbusculaires, d'un sol agricole historiquement pollué par les PCDD/F prélevé à Halluin sur une parcelle expérimentale située à proximité d'un ancien incinérateur à l'origine de la pollution. L'ensemble des résultats, présentés lors de ce travail de thèse, mettent en évidence, en particulier, le potentiel de la luzerne et de la fétuque dans la rhizodégradation des PCDD/F. La végétalisation du sol permet de moduler la structure des communautés microbiennes (bactéries, archées et champignons), notamment des populations impliquées dans la dissipation des PCDD/F. En revanche, bien que la mycorhization agisse sur les communautés microbiennes du sol, celle-ci ne semble pas avoir d'impact, dans nos conditions expérimentales, sur la dissipation des PCCD/F et cela quelles que soit l'origine de l'inoculum utilisé et les espèces mycorhiziennes qui le compose. La dégradation de ces composés organochlorés est plus marquée dans un sol préalablement stérilisé, puis recolonisé par certaines communautés microbiennes spécifiques, impliquées dans la dissipation des PCDD/F. L'utilisation d'un mélange de rhamnolipides et l'introduction dans le sol d'une bactérie, Sphingomonas wittichii RWI, décrite pour ses capacités de dégradation des PCDD/F, permet d'accroitre l'efficience de la rhizodégradation des PCDD/F; qui se traduit par une baisse significative de la cytotoxicité du sol après phytoremédiation.

L'utilisation des champignons mycorhiziens arbusculaires dans la récupération de sols dégradés par l'extraction du charbon dans le Sud du Brésil

Lovato, P. E.[1,4], Soares, C. R. F. S. [1,4], Sturmer, S. L. [2,4], Meyer, E. [1,3], Stoffel, S. C. G. [1,2] et Santos, M. L.[1,2]

[1] Universidade Federal de Santa Catarina, Florianopolis, Brésil

[2] Universidade Regional de Blumenau – FURB, Blumenau, Brésil

[3] Boursier Capes, Brésil

[4] Chercheur CNPq, Brésil

Notre équipe réalise des recherches sur l'application de micro-organismes, spécialement les champignons mycorhizogènes arbusculaires (CMA), dans la récupération de sols dégradés par des déchets de l'extraction du charbon. Dans certains cas, la législation exige qu'une nouvelle couche de sol soit placée sur une couche d'un matériau imperméable et que des plantes herbacées y soient cultivées. Dans ce sens, on a conduit des travaux avec le vétiver (*Chrysopogon zizanioides*), ce qui nous a permis de constater que des CMA ont intensifié la croissance et l'absorption de pho**s**phore par des plantes cultivées dans des substrats contenant des déchets de mines de charbon. Cependant, la situation la plus usuelle est celle de récupérer des sols dégradés par l'utilisation de plantes pérennes natives. Pour cela, une série de travaux a été réalisée avec des plants d'espèces d'arbres natifs (*Mimosa sacabrella, M. bimucronata, Parapitadenia rigida)* inoculés avec des CMA. On présente les résultats de plusieurs expérimentations qui démontrent que l'inoculation avec des CMA affecte l'absortion et le cumul de métaux, en plus de promouvoir la croissance et l'amélioration de la qualité des plants. L'inoculation a affecté l'absorption et le cumul de Cu et de Zn, et aussi leur répartition entre la partie aérienne et les racines de ces plantes. Ces effets sont variables selon l'isolat fongique utilisé. On discute la différence entre des isolats de CMA pour des activités distinctes comme la phytoextraction, qui demande des plantes avec des cumuls plus importants de métaux dans la partie aérienne, ou la phytostabilisation correspondant à la rétention de métaux dans les tissus racinaires ou dans le sol.

Meyer, E.; Morales-Londono, D. M.; Armas, R. D;Giachini, A. J.; Rossi, M. J.; Stoffel, S. C. G.;Soares, C. R. F. S. 2017. Arbuscular mycorrhizal fungi in the growth and extraction of trace elements by *Chrysopogon zizanioides* (vetiver) in a substrate containing coalmine wastes. International Journal of Phytoremediation, 19: 113-120.

Santos, M. L.; Soares, C. R. F. S.; Comin, J. J.; Lovato, P. E. The phytoprotective effects of arbuscular mycorrhizal fungi on *Enterolobium contorstisiliquum* (Vell.) Morong in soil containing coal-mine tailings. International Journal of Phytoremediation, 19:1100-1108, 2017.

Stoffel, S. C. G.; Armas, R. D ;Giachini, A. J.; Rossi, M. J.; Gonzalez, D.; Meyer, E.; Nicoleite, C. H.; Nicoleite, E.R.; Soares, C. R. F. S. 2016. Micorrizas arbusculares no crescimento de leguminosa arbóreas em substrato contendo rejeito de mineração de carvão. Cerne. 22: 181-188.

Mots-clés: sols dégradés, vetiver, *Enterolobium, Parapitadenia, Mimosa*

Importance des mycorhizes dans la revégétalisation naturelle d'un ancien site minier aurifère au Canada

Tardif Antoine[(1)], Cajolet-Boisclair Hélène[(1)], Shipley Bill[(1)] et Roy Sébastien[(2)]

[(1)] Laboratoire d'Écologie Fonctionnelle, Université de Sherbrooke, Sherbrooke (QC), Canada

[(2)] Centre SÈVE, Université de Sherbrooke, Sherbrooke (QC), Canada

Les activités minières sont la source d'importantes dégradations environnementales telles que la destruction de la végétation et des sols, la libération de métaux lourds, etc. Après exploitation d'un site minier, sa restauration vise à rétablir des fonctions écosystémiques clés, en intégrant les contraintes financières et énergétiques. Dans ce contexte, notre étude s'intéresse à la récupération naturelle (non-assistée) des communautés végétales sur des zones de résidus miniers fins dépourvus de matière organique. En milieu extrême, les symbioses jouent un rôle essentiel dans la recolonisation végétale et la formation d'un sol. Nous nous sommes ainsi intéressés aux taux de mycorhization ecto- et arbusculaires le long d'un gradient de revégétalisation. Localisé en zone boréale canadienne, notre site d'étude est une mine abandonnée depuis un demi-siècle et montre un fort gradient de revégétalisation naturelle. Tandis que le centre de la zone de résidus est caractérisé par des conditions abiotiques extrêmes (acidité des sols, métaux lourds dont l'arsenic, absence de matière organique, importantes variations d'humidité du sol) et par la présence de quelques espèces pionnières, une forêt mature mixte est établie en bordure.

Nous avons mesuré (i) l'environnement abiotique (pH du sol, humidité du sol, teneur en métaux lourds et arsenic, *etc*) et (ii) les réponses biotiques, telles que l'abondance relative des espèces végétales, le stade de revégétalisation et les taux de mycorhization (ecto- et arbusculaire).

Notre étude montre clairement une variation des taux de mycorhization le long du gradient de revégétalisation, vers une dominance (i) des ectomycorhizes au cœur de la zone de résidus et (ii) des mycorhizes arbusculaires en bordure. En revanche, nous n'avons pas détecté d'effet du pH ou de l'humidité du sol sur le taux de mycorhization. L'étude des mycorhizes en environnements extrêmes comme un site minier offre des perspectives de stratégies de restauration efficaces et économiques.

Mots clés : revégétalisation naturelle, drainage minier acide, mycorhizes, succession primaire

Session 4

La production des inoculums mycorhiziens et les potentielles applications agronomiques

La production et l'utilisation à grande échelle d'inoculants mycorhiziens : défis et incertitudes

Martin Trépanier et Serge Gagné

Premier Tech, 1 avenue Premier, Campus Premier Tech, Rivière-du-Loup, Québec, G5R 6C1 Canada

L'engouement actuel pour l'utilisation de biostimulant en agriculture et en horticulture a mené à la création d'une multitude de sociétés produisant bactéries et/ou champignons bénéfiques. À travers le monde, il y aurait environ 25 de compagnies fabriquant des inoculants mycorhiziens, présents dans plus de 350 produits variés.

Autrefois produit en laboratoire ou en serre, l'évolution des procédés de production de spores vers une mise à l'échelle industrielle a permis d'atteindre des capacités suffisantes et des coûts de production acceptables pour une utilisation agricole où de grandes quantités de spores sont nécessaires avec un retour sur l'investissement intéressant pour le producteur. Outre la production des spores, la formulation de produits de qualité, simples à utiliser et stables pendant plusieurs mois représente un défi majeur, d'autant plus que ce sujet est peu documenté dans la littérature scientifique. Des formulations liquides, poudreuses et granulaires ont été développées afin de s'adapter aux équipements disponibles chez les producteurs. Afin d'offrir plus de flexibilité, des solutions de traitement de semences ou de pré-incorporation aux substrats horticoles sont également proposées par ces sociétés.

Des essais au champ rigoureux et multiples en conditions réelles de culture doivent accompagner l'offre de produits à base de champignons mycorhiziens afin de démontrer la rentabilité pour le producteur agricole. Les résultats indiquent que dans la plupart des cas, les inoculants mycorhiziens sont un outil efficace pour aider les producteurs à augmenter le rendement, la qualité et la profitabilité de leurs récoltes, et contribueront à nourrir les populations grandissantes de la planète. Malgré tout, plusieurs incertitudes restent difficiles à répondre en ce qui a trait à des combinaisons de souches/cultures/environnement afin de retirer un maximum d'efficacité de ces inoculants. L'homologation des produits est aussi parfois longue et coûteuse dans certains pays.

Le développement de co-inoculants, où différents microorganismes agissent en synergie, représente une voie d'avenir pour le développement d'une agriculture durable, où l'utilisation d'intrants chimiques est vouée à une réduction significative durant les années à venir.

Mots clés : inoculant, mycorhize, formulation, homologation, Premier Tech, agriculture, horticulture

Comment les dernières avancées de la recherche fondamentale ont permis d'améliorer les procédés de mycorhization contrôlée

Cyrille Bach[(1)], Damien Berlureau[(2)], Marc Buée[(1)], François Le Tacon[(1)], Francis Martin[(1)], Claude Murat[(1)], Vincent Naudet[(3)], Claude Plassard[(4)] et Bruno Robin[(5)]

[(1)] Institut national de la recherche agronomique (INRA), Unité Mixte de Recherche 1136 INRA-Université de Lorraine, Interactions Arbres/Microorganismes, Centre INRA-Grand Est-Nancy, 54280 Champenoux, France.

[(2)] Société Agri-Truffe, 8 Portail Rouge, 33490 Saint-Maixant, France

[(3)] Pépinière Naudet, 8 rue du champ Grimault, 89 600 Cheu

[(4)] Institut national de la recherche agronomique (INRA), UMR Eco&Sols (IRD, Cirad, SupAgro, Université Montpellier), Bâtiment 12, 2 place Viala, 34060 Montpellier Cedex 2, France

[(5)] Pépinières Robin, Le Village, 05500 Saint-Laurent-du-Cros, France

La mycorhization contrôlée consiste à associer des champignons ectomycorhiziens avec des jeunes plantules d'arbres. Cette pratique n'est pas récente puisque les premiers essais datent des années 1920 en Australie. Elle peut avoir deux objectifs : (i) améliorer la croissance de l'arbre et (ii) produire des champignons comestibles. L'INRA a développé des programmes de mycorhization contrôlée dans les années 70. Ces recherches ont conduit à la mise en place de trois licences de savoir-faire entre l'INRA et trois pépiniéristes. Elles concernent les plants truffiers pour les pépinières Agri-Truffe et Robin, *Pseudotsuga menziesii* mycorhizé par *Laccaria bicolor*, pour les pépinières Naudet et Robin, et les plants mycorhizés pour la production de *Lactarius deliciosus*, *L. sanguifluus* et *Suillus luteus* pour les pépinières Robin. Ces licences sont en évolution continue et bénéficient des avancées de la recherche fondamentale. Réciproquement, les recherches cognitives profitent en retour des connaissances acquises dans le cadre de ces partenariats. L'objectif de cette présentation est de souligner les interactions à double sens existant entre les partenaires économiques et la recherche académique dans le domaine de la mycorhization contrôlée. Par exemple, la diminution des capacités de mycorhization de certaines souches fongiques a conduit à la mise en place d'un programme de génomique comparative et d'une stratégie de conservation et d'entretien de ces ressources biologiques. De même, l'application d'outils de biologie moléculaire à haut débit issus d'études de génomique permet le contrôle de la qualité des plants mycorhizés. Avec le soutien du labex ARBRE, le partenariat entre les chercheurs de l'INRA et les pépiniéristes privés s'est dernièrement amélioré par le développement d'un contrôle annuel de l'ADN des 6000 truffes utilisées par les pépiniéristes pour la mycorhization contrôlée. Cette technique évolue continuellement et donne aux agriculteurs et aux forestiers des possibilités de diversification par la production de champignons comestibles pouvant s'intégrer en agroforesterie.

Utilisation de plantes nurses pour la mycorhization contrôlée *in situ* de plantes cibles

Ducousso M[(1)], Hannibal L[(2)], Pillon Y[(2)], Houlès A[(3)], Patrois M[(3)], Vincent B[(2)] et Jourand P[(2)]

[(1)] CIRAD, UMR082 LSTM, F-34398 Cedex 5, Montpellier, France

[(2)] IRD, UMR040 LSTM, F-34398 Cedex 5, Montpellier, France

L'importance des symbioses mycorhiziennes pour la croissance et la survie des plantes a déjà fait l'objet de très nombreuses publications. Ainsi, des techniques de production d'inoculum et d'inoculation ont été développées depuis plusieurs décennies. Ces techniques, complexes et souvent couteuses à mettre en œuvre à grande échelle ont permis d'obtenir certains succès. Ainsi, les inoculations sont le plus souvent réalisées avec une seule espèce fongique dont l'adaptation au milieu où elle va doit être introduite n'est pas assurée. La recommandation souvent formulée de multiplier les champignons mycorhiziens du site d'origine afin de disposer d'organismes adaptés et diversifiés se heurte à des considérations techniques que nous proposons de résoudre par la gestion *in situ* du potentiel mycorhizien du sol.

L'objectif de nos travaux est de développer une solution technique pour disposer d'un inoculum mycorhizien efficace, riche en diversité et adapté au site de plantation. Pour cela, nous avons mis en œuvre des essais de terrain en Nouvelle-Calédonie et à Madagascar, essais fondés sur le principe de facilitation entre plantes. Dans ce cadre, une plante nurse très mycorhizogène est cultivée afin de produire *in situ* un inoculum diversifié et adapté à une ou plusieurs espèces cibles.

Ces essais ont permis de mettre en évidence la capacité de plantes nursesà transférer, grâce à leur capacité à développer et entretenir *in situ* un cortège de champignons mycorhiziens diversifiés, leurs mycorhizes à des plantes cibles compatibles. Ainsi, nous avons constatés la capacité des OTUs associés à *Acacia spirorbis* et à *Asteropeia mcphersonii* à s'associer à une sélection de plantes cibles de la restauration écologique de sites dégradés.

Ces travaux ont conduit à proposer une méthode d'inoculation contrôlée fondés sur la facilitation entre espèces. Cette méthode est notamment applicable à la restauration écologique des sites dégradés.

Mots clés : écosystèmes dégradés ; plantes nurses ; mycorhization contrôlée

Evaluation des performances d'inoculums microbiens natifs pour l'optimisation des itinéraires culturaux du caroubier

Hamza Khassali[1,2,3], Alex Baumel[4], Frédéric Mahé[1,2] Estelle Tournier[1,2], Yves Prin[1,2] et Lahcen Ouahmane [4], Hervé Sanguin[1,2]

[1] LSTM, Univ Montpellier, CIRAD, IRD, INRA, Montpellier SupAgro, Montpellier, France

[2] CIRAD, UMR LSTM, F-34398 Montpellier, France

[3] Université Cadi Ayyad, Faculté des Sciences Semlalia, Laboratoire d'Ecologie et de l'Environnement, 40000 Marrakech, Maroc

[4] Université Aix Marseille, Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Ecologie marine et continental (IMBE), UMR CNRS, IRD, Univ Avignon, Faculté des Sciences et Techniques St-Jérôme, F-13397 Marseille, France

Le développement de la cératoniculture au Maroc est soumis à de fortes contraintes (e.g. raréfaction de la ressource en eau, désertification des sols) entraînant une grande variabilité dans les taux de réussite des plantations de caroubiers. Dans ce contexte, l'optimisation des potentialités microbiennes du sol apparaît comme une stratégie prometteuse pour améliorer la résistance des plants de caroubier, notamment via l'inoculation de cortèges mycorhiziens (Manault *et al*., 2015). La gestion durable de ces inocula reste néanmoins un point critique (Hart et al 2017), et les mycorhizes ne représentent qu'une partie du microbiome bénéfique pour la croissance des plantes (Finkel *et al*., 2017). Dans le cadre du projet BARaCa (PHC Toubkal), les performances d'inocula complexes natifs ont été évaluées sur la croissance du caroubier. La méthodologie adoptée repose sur le postulat que certaines plantes naturellement retrouvées en association avec le caroubier pourraient jouer un rôle positif sur la croissance de ce dernier, entre autres via l'action bénéfique de la microflore qu'elles hébergent. Sept espèces végétales ont été sélectionnées en fonction de leur forte co-occurence avec le caroubier et/ou en raison de leurs propriétés hypermycotrophes. Des prélèvements de sols effectués sous chaque plante ont été utilisés comme inocula biologiques pour la culture de caroubiers. Une caractérisation microbiologique des inocula a été réalisée par séquençage massif et mesures de l'abondance des spores mycorhiziennes (suivi de leur identification). Après huit mois de culture, les paramètres de croissance et de nutrition des caroubiers ont été mesurés. Les résultats révèlent une flore microbienne spécifique de chaque espèce végétale avec de fortes disparités en termes de potentiel mycorhizien. Un effet positif notamment des inocula provenant de *Bituminaria bituminosa* et *Globularia alypum* a été observé. La formulation d'inocula basée sur les inocula bénéfiques observés et/ou la mise en place de couverts de *B. bituminosa* et *G. alypum* pourraient constituer des stratégies efficaces pour développer durablement la cératoniculture sur des terres marginales ou fortement dégradées.

Finkel OM, Castrillo G, Herrera Paredes S, Salas González I, Jeffery L Dangl JL (2017) Understanding and exploiting plant beneficial microbes. Curr Opin Plant Biol, 38:155-163,

Hart MM, Antunes PM, Chaudhary VB, Abbott LK (2017) Fungal inoculants in the field: Is the reward greater than the risk?. Funct Ecol. https://doi.org/10.1111/1365-2435.12976

Manaut N, Sanguin H, Ouahmane L, Bressan M, Thioulouse J, Baudoin E, Galiana A, Hafidi M, Prin Y, Duponnois R (2015) Potentialities of ecological engineering strategy based on native arbuscular mycorrhizal community for improving afforestation programs with carob trees in degraded environments. Ecol Eng, 79:113-119.

Mots clés : caroubier, inocula natifs, mycorhize, séquençage massif

Etude de l'effet de la co-inoculation mycorhizes-PGPR en présence de la roche phosphatée Tunisienne

Ameni Ben Zineb[1,2],Ricardo Aroca[3],Juan Antonio López-Ráez[3], Trabelsi Darine[1] et Ridha Mhamdi[1]

[1] Centre de Biotechnologie de Borj-Cedria, Laboratoire des légumineuses, PB, 901, 2050 Hammam-Lif, Tunis.

[2] Université de Carthage, Institut Naturel Agronomique de Tunis, 3 Avenue Charles Nicolle 1082 -Tunis-Mahrajène TUNISIE

[3] Laboratoire des Mycorhizes, Département Microbiologie des sols et systèmes symbiotiques, Station expérimentale de Zaidín (CSIC), Professeur Albareda 1, 18008 Grenade, Espagne

Devant l'émergence de nombreux problèmes de dégradation de la biodiversité naturelle des sols agricoles et de la contamination des nappes d'eau liés à l'utilisation intensive de fertilisants phosphatés, plusieurs intervenants se questionnent sur la nécessité d'utiliser des biofertilisants comme alternative à la fertilisation chimique classique.

Dans ce cadre, un biofertilisant naturel a été sélectionné dans le but de minimiser les applications de fertilisants phosphatées et maximiser la croissance et la nutrition des plantes. Un consortium microbien composé de deux bactéries solubilisatrices de phosphore (*Pseudomonas corrugata, Ensifer melliloti*) et un champignon mycorhizien (*Rhizophagus irregularis)* a été testé sur une plante légumineuse (*Medicago truncatula)* en présenced'une source de phosphate naturelle des gisements Tunisien (TRP).L'effet a été étudié au niveau de deux stades physiologiques de la plante en examinant le rendement agronomique, physiologique et l'expression de gènes de quatre transporteurs de phosphore (MtPt1, MtPt3, MtPt4 et MtPt5) et deux phytohormones (Strigolactones et Acide abcissique) par une analyse par PCR semi-quantitative.

En présence du TRP, le consortium s'est avéré relativement efficace. Une augmentation significative du rendement a été démontrée de 36.13% et de 90.4% par rapport à la fertilisation chimique et au témoin respectivement. Cet effet a été observé seulement au niveau du stade de la floraison. Deux paramètres sont apparus indispensables à conférer cette efficacité agronomique, à savoir la nutrition phosphatée et la période nécessaire pour l'établissement de la symbiose. La réponse de la plante vis-à-vis de ce biofertilisant naturel est largement différente au niveau des deux stades physiologiques. Ceci a été observé surtout au niveau de l'expression des gènes de transporteurs de phosphore.

Mots clés : mycorhizes, PGPR, TRP, *Medicago truncatula*, transporteur de phosphore

Raisonner la valorisation de la symbiose mycorhizienne pour optimiser son impact sur la productivité et la stabilité des agroécosystèmes

Duponnois, R[1] et Prin, Y.[2]

[1] IRD. Laboratoire des Symbioses Tropicales & Méditerranéennes. UMR 113 IRD/CIRAD/INRA/SupAgro Montpellier/UM. Campus International de Baillarguet. TA A-82/J. 34398 Montpellier Cedex 5. France

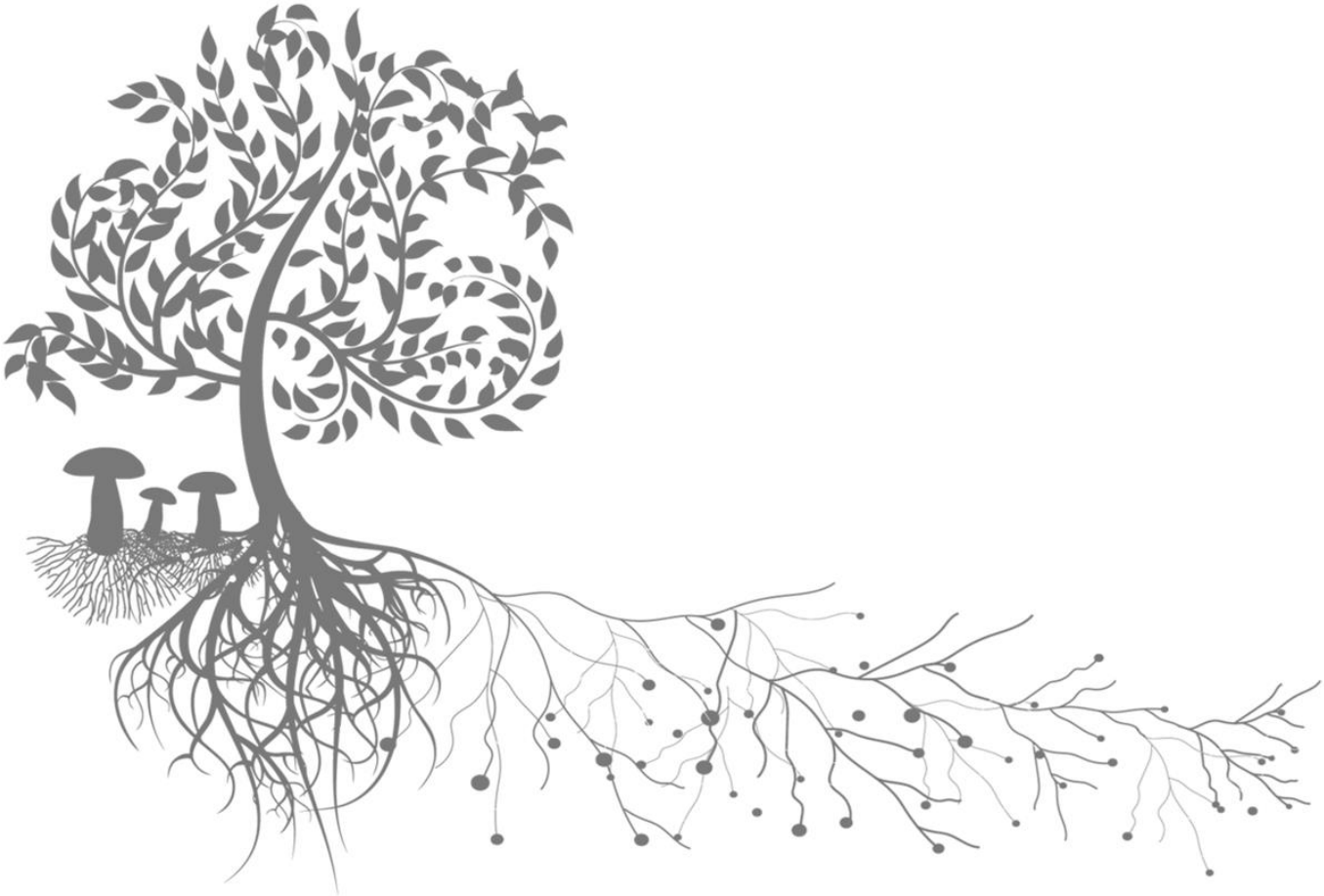
[2] CIRAD. Laboratoire des Symbioses Tropicales & Méditerranéennes. UMR 113 IRD/CIRAD/INRA/SupAgro Montpellier/UM. Campus International de Baillarguet. TA A-82/J. 34398 Montpellier Cedex 5. France

Un des objectifs de la « Révolution Verte » lancée dans les années 60 était de satisfaire les besoins alimentaires des populations (en particulier celles des pays en voie de développement) et d'améliorer leurs conditions de voie. Ce grand projet visant à optimiser la productivité des périmètres cultivés était basé sur l'utilisation massive de pesticides et d'intrants chimiques, l'amélioration variétale et la culture mono-spécifique, la mécanisation des itinéraires agricoles, etc. Malgré des résultats significatifs en matière de lutte contre l'insécurité alimentaire, il a été montré que cette conception de l'agriculture entrainait de profondes dégradations des caractéristiques environnementales (pollution, dégradation des indices de diversité végétale et/ou animale) mais également pouvait avoir des répercussions négatives sur la santé publique. Suite à ce constat est apparu le concept de « Révolution doublement Verte » qui avait pour but de conjuguer les impératifs de productivité durable des périmètres cultivés mais également de respect de l'environnement. Une des stratégies généralement suggérées pour innover en matière de techniques culturales est de « copier » les mécanismes biologiques régissant l'évolution spatio-temporelle des écosystèmes peu ou pas anthropisés. Ces processus biologiques (Plant-Soil Feedback, facilitation) sont largement assujettis à la présence de certaines composantes microbiennes telluriques et en particulier aux caractéristiques des communautés de champignons mycorhiziens, symbiotes formant des organes (mycorhizes) avec les racines de la majeure partie des plantes aboutissant à des interactions de type mutualistique entre les 2 composantes de cette symbiose.

L'objectif de cette communication est de présenter les différentes approches scientifiques et techniques à envisager afin de favoriser l'efficience de cette symbiose mycorhizienne sur la productivité et la stabilité des agrosystèmes en milieu méditerranéen et tropical.

Mots clés : symbiose mycorhizienne ; facilitation ; Plant-Soil Feedback ; inoculation

Résumés des Posters



Poster 1 : Analyse moléculaire de la diversité génétique des *Pisolithus* spp. récoltés dans les écosystèmes forestiers marocains

Belkouri Abdellatif

École Normale Supérieure, université Hassan II de Casablanca, Maroc.

Pour lutter contre le réchauffement climatique et agir dans un cadre de développement durable, il faut réussir les projets de reboisement qui suppose une grande capacité des plants forestiers à supporter le choc de transplantation aggravé au Maroc par de fortes contraintes d'origines climatiques et édaphiques. Il est parfaitement établi que les essences forestières s'associent naturellement avec les mycéliums de certains champignons du sol pour constituer des mycorhizes, indispensables pour leur survie et leur croissance dans les sites difficiles. A cette fin, les espèces du genre *Pisolithus* suscitent un intérêt particulier. En effet, ces champignons sont capables d'améliorer la survie et la croissance des différentes espèces d'arbres forestiers en pépinière et au champ.

Au Maroc, les pisolithes s'associent avec le chêne-liège, le chêne vert, les pins et les eucalyptus. Une analyse moléculaire, par PCR/RFLP de l'ITS de l'ADN ribosomal nucléaire, réalisée sur les basidiomes récoltés dans les différentes conditions a montré l'existence de trois groupes de génotypes distincts. Le séquençage des ITS des différents groupes de génotypes observés a montré qu'il s'agit de trois espèces distinctes de *Pisolithus*. Le *Pisolithus arhizus* trouvé avec le chêne-liège, le chêne vert et le pin; le *Pisolithus* sp. 4 trouvé avec le chêne-liège et le pin maritime de plaine; et le *Pisolithus albus* observé avec les *Eucalyptus camaldulensis* et *gomphocephala*. Il y a lieu donc de valoriser cette diversité et de l'exploiter au service de la forêt.

Poster 2 : Regard sur les orchidées de la région de Skikda et Annaba et leur mycorhization

Hamel Tarek, Tabti-Hamza Nabila et Meddad-Hamza Amel

Laboratoire de biosurveillance de l'environnement, Département de biologie, Faculté des sciences, Université Badji Mokhtar, Annaba, Algérie

Comme la plupart des plantes, les orchidées doivent leur survie à leur symbiote, qui est un champignon mycorhizien. Ce dernier assure la connexion entre un réseau permettant aux plantes de communiquer et de s'entraider dans leur croissance.

Dans cette étude, l'inventaire des orchidées et leur cortège floristique ainsi que la prospection de la mycorhizosphère ont été considérées dans les régions d'Annaba et de Skikda au Nord-Est de l'Algérie.

Dix huit et vingt deux taxons ont été inventoriés respectivement dans les régions d'Annaba et de Skikda avec la prédominance du genre Ophrys.

Tous les sites à orchidées possédaient un riche cortège floristique composé d'espèces vasculaires, annuelles et vivaces. Ainsi, certaines plantes d'entre ces dernières ont présentées des taux de colonisation (M%) élevés, dépassant 40%. En revanche, la plupart des plantes ont présentées un taux inférieur à 25 %.

Nous avons soupçonné l'existence de lien étroits entre orchidées et certaines plantes du cortège floristique appartenant aux familles linacées, Poacées et Astéracées, représentées dans les stations d'étude par *Dactylis glomerata* L., *Linum usitatissimum* L. et *Galactites mutabilis* Durieu. Cette dernière s'est montrée richement coloniser par les champignons mychorozien à arbuscules.

Mots clés : orchidées, cortège floristique, mycorhizes à arbuscules, endomycorhyzes des orchidées

Poster 3 : Inventaire et mycorhizes des orchidées dans les régions Annaba et El-Taref au Nord-Est de l'Algérie

Meddad-Hamza Amel, Ziane Hana, Tabti- Hamza Nabila et Hamel Tarek

Laboratoire de bio surveillance de l'environnement, Département de biologie, Faculté des sciences, Université Badji Mokhtar, Annaba, Algérie

Cette étude s'articule autour de l'inventaire, du cortège floristique, de la mycorhizosphère et de la mycorhization des orchidées au niveau de deux régions du Nord-Est algérien: Annaba et El-Taref.

Les résultats ont montré qu'au printemps 2016, neuf taxons d'orchidées ont été recensés, il s'agit d'*Orchis papilionacés*, *Orchis bombyliflora*, *Serapias strictiflora*, *Ophrys speculum*, *Ophrys lutea*, *Ophrys tenthredinifera*, *Ophrys fusca* et *Ophrys subfusca.* L'examen au microscope des racines de ces espèces colorées au bleu Trypan a révelé qu'elles étaient colonisées par des endomycorhizes sous forme de pelotons. De plus, l'intensité de colonisation mycorhizienne (M%) de la plupart des plantes du cortège floristique dans la station Sidi Aissa (Annaba) ne dépassaient pas 20%. Cependant, dans la station Bouhadjar (El-Taref), elle était relativement plus importante, dépassant les 20% de colonisation chez la majorité des plantes. Il est à noter que les spores récoltées dans les rhizosphères des deux stations appartenaient au genre *Glomus.*

Mots clés : mychorizes, orchidées, l'intensité de colonisation, *Glomus*

Poster 4 : Evaluation du potentiel endomycorhizien sous *Scorpiurus muricatus* dans l'ouest algérien

Bouchiba Zoulikha, Boukhatem Faiza, Derkaoui Nouria, Ighil Hariz Zohra et Bekki Abdelkader.

Laboratoire de Biotechnologie des Rhizobiums et Amélioration des Plantes Université d'Oran-Es-Sénia

Scorpiurus muricatus est une légumineuse fourragère à écologie indifférente, largement distribuée en Algérie. En cette dernière décennie plusieurs études à travers le monde sont effectuées pour son utilisation pour la production fourragère. Mais les microorganismes associés à cette plante sont très peu étudiés. Ce travail s'intéresse à l'étude des champignons endomycorhiziens associés à *Scorpiurus muricatus*. Une étude des VAM est menée sur différentes régions de l'ouest algériens. Des prélèvements de sol et de racines sont effectués au niveau de la rhizosphère de *Scorpiurus muricatus.* Les analyses microscopiques montrent que cette espèce présente des taux de colonisation très élevés qui dépasse 85%. Toutes les structures endomycorhiennes sont observées y compris (les hyphes, vésicules et arbuscule) mais aucune symbiose ectomycorhizienne n'est détectée. La densité des spores enregistrée dans les différents sites est très élevée qui dépassent 100 spores/100g de sol sec. Ces résultats reflètent la nature mycotrophe de cette plante qui lui permet de s'adapter aux conditions de stress ainsi de se développer dans des sols fortement dégradés.

Mots clés : *Scorpiurus muricatus,* légumineuse fourragère, champignons endomycorhiziens, Algérie, sols dégradés

Poster 5 : Etude de la diversité de champignons mycorhizes dans les champs de blé de l'Est de l'Algérie

Nadji Ouassila, Ykhlef Nadia et Djekoun Abdelhamid

(1) Laboratoire de Génétique de Biochimie et de Biotechnologie Végétale, Equipe de biotechnologies végétales et amélioration des plantes. Faculté des sciences de la nature et de la vie. Département de Biologie et Ecologie - Université des frères Mentouri Constantine 1, Algérie.

Les biotechnologies microbiennes vont contribuer à la sécurité alimentaire pour un développement durable. Actuellement, dans des programmes d'amélioration de la production de blé plusieurs méthodes sont employées parmi lesquelles l'approche basée sur l'utilisation des microorganismes. Les *champignons mycorhiziens arbusculaires* sont les principaux symbiotiques composants du sol microbiote dans la plupart des agro-écosystèmes céréaliers. La taxonomie des champignons a toujours été difficile et complexe, elle repose sur des critères morphologiques, surtout celle des spores. Ainsi, nous avons jugé utile d'identifier les champignons MA indigènes aux sols étudier, en se basant sur les documents Blaszkowski et INVAM. Notre travail porte sur l'étude de la diversité de champignons mycorhizes dans les champs céréaliers semi-arides, aride et littoral d'Est d'Algérie est réalisé afin de caractériser les spores dans 20 champs de blé de diverses conditions climatiques et édaphiques. Les champs des régions semi-aride de la région d'Est sont argileux limoneux à texture fine, leurs pH est alcalin entre (7,87-8,03) taux d'azote est de (0,28 à 0,8%). La méthode de tamisage humide nous a permis d'isoler les spores des champignons endomycorhiziens présentes dans la rhizosphère du blé et de noter la présence de plusieurs morphotypes les caractéristiques morphologiques des spores isolées permettent de les classer dans les genres *Glomus, Acaulospora et scutellospora.* La présence de ces différents genres fait preuve d'une biodiversité au niveau des parcelles de blé de l'Est algérien.

Mots clés : champignons mycorhize, semi-aride, caractérisation

Poster 6 : Structuration biogéographique des champignons mycorhiziens associés au caroubier dans le bassin méditerranéen

Estelle Tournier[1,2], Frédéric Mahé [1,2], Pierre Tisseyre [1,3], Lahcen Ouahmane [4], Christine Le Roux [1,2], Stefano La Malfa [5], Magda Bou Dagher-Kharrat [6], Lucie Miché [7], Pascal Mirleau [7],Frédéric Médail [7], Robin Duponnois [1,3], Yves Prin [1,2], Alex Baumel [7] et Hervé Sanguin [1,2]

[1] LSTM, Univ Montpellier, CIRAD, IRD, INRA, Montpellier SupAgro, Montpellier, France

[2] CIRAD, UMR LSTM, F-34398 Montpellier, France

[3] IRD, UMR LSTM, F-34398 Montpellier, France

[4] Université de Cadi Ayyad, Faculté des Sciences Semlalia, Laboratoire d'Ecologie et de l'Environnement, 40000 Marrakech, Maroc

[5] Université de Catane, Département d'Agriculture, Alimentation et Environnement, 95123 Catane, Italie

[7] Université Aix Marseille, Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Ecologie marine et continental (IMBE), UMR CNRS, IRD, Univ Avignon, Faculté des Sciences et Techniques St-Jérôme, F-13397 Marseille, France

[8] Université Saint-Joseph, Faculté des Sciences, Laboratoire Caractérisation des Génomes de Plantes, 11072050 Beyrouth, Liban

Le caroubier (*Ceratonia siliqua*) est un arbre multi-usage emblématique des paysages ruraux traditionnels de nombreuses régions méditerranéennes. Son histoire est marquée par une domestication supposée à l'âge antique à partir d'un centre de diversification situé en Asie mineure (Ramón-Laca and Mabberley, 2004). Il appartient à la très grande famille des légumineuses (Fabacées), mais aucune fixation biologique de l'azote n'a pu être mise en évidence (La Malfa *et al*., 2010). Cependant, sa croissance est fortement dépendante de son association avec des champignons mycorhiziens (Ouahmane *et al*., 2012). La répartition actuelle du caroubier s'étend sur l'ensemble du littoral méditerranéen, et atlantique pour les pays les plus à l'Ouest (Maroc et Portugal). Il est présent dans une grande variété d'habitats marqués par de fortes températures, de longues périodes de sécheresse, et une hétérogénéité édaphique (Batlle and Tous, 1997 ; Ramón-Laca et Mabberley, 2004). Cette incroyable capacité d'adaptation du caroubier pourrait être en partie liée à la diversité et complexité de son cortège symbiotique. Au sein du projet international DYNAMIC (http://dynamic.cirad.fr/), une approche de séquençage massif du gène codant l'ARNr 18S a été mis en place afin d'accéder à la structure et diversité de la communauté mycorhizienne associée aux racines du caroubier à l'échelle méditerranéenne. Un total de 28 sites répartis en France, Maroc, Espagne et Liban a été sélectionné pour l'étude. Les résultats révèlent une forte structuration biogéographique de la communauté mycorhizienne liée aux caractéristiques de l'habitat (diversité floristique, statut du caroubier, …). Cette étude permet d'apporter des informations importantes sur la biodiversité des communautés mycorhiziennes dans le bassin méditerranéen et les facteurs écologiques pouvant façonner les interactions symbiotiques entre caroubier et champignons symbiotiques.

Batlle I, Tous J (1997) Carob tree. *Ceratonia siliqua* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops.17. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.

La Malfa S, Tribulato E, Gentile A, Ventura M, Gioacchini P, Tagliavini M (2010) 15N natural abundance technique does not reveal the presence of nitrogen from biological fixation in field grown carob (*Ceratonia siliqua* l.) trees . Acta Hortic. 868, 191-196.

Ouahmane L, Ndoye I, Morino A, Ferradous A, Sfairi Y, Al Faddy M, Abourouh M (2012) Inoculation of *Ceratonia siliqua* L. with native arbuscular mycorrhizal fungi mixture improves seedling establishment under greenhouse conditions. Afr. J. Biotechnol. 11, 16422–16426.

Ramón-Laca L, Mabberley DJ (2004) The ecological status of the carob-tree (*Ceratonia siliqua*, Leguminosae) in the Mediterranean. Botanical Journal of the Linnean Society, 144: 431–436.

Mots clés : caroubier, champignon mycorhizien, communauté, habitat, séquençage haut-débit

Poster 7 : Diversité des champignons mycorhiziens arbusculaires associés aux sols rhizosphériques d'*Acacia nilotica* (L.) Willd. De zones salées du Sénégal

Samba-Mbaye R.T.[1, 2], Anoir C. M.[1], Diouf D.[1] [2], Tendeng P.[2] , C. Ndiaye[2] et Sylla S.N.[1] [2]

[1] Université Cheikh Anta Diop Dakar (UCAD)
[2] Laboratoire Commun de Microbiologie IRD/ISRA/UCAD

La dégradation des sols est un phénomène environnemental qui prend de l'ampleur au niveau mondial du fait du réchauffement climatique notamment en régions arides et semi-arides. L'un des plus importants types de dégradations est la salinisation des sols dont les conséquences sont néfastes, allant de la perte de biodiversité à la disparition totale de la végétation, avec une perte de fertilité des sols. Environ 7% des terres totales and 20% of des terres cultivées sont affectés dans monde (Zhu, 2001 ; Abbas *et al*. 2013). Au Sénégal, les superficies affectées constituent environ 45% des terres arables (LADA, 2009) dont 8% dans les régions de Fatick and et Kaolack (PAPIL, 2013). Une des stratégies pour réhabiliter les sols affectés est la revégétalisation par des légumineuses tolérantes, telles qu'*A. nilotica*. Souvent utilisée dans les programmes de reforestation au Sénégal, A nilotica est une plante à usages multiples économiquement importante pour les populations rurales. La tolérance de cet arbre à la salinité pourrait être due à sa double symbiose rhizobienne et mycorhizienne qui pourrait améliorer sa nutrition azotée et hydrominérale. Giri *et al*., 2007et Chandrasekaran *et al*. 2014 ont montré qu'*A. nilotica* est mycotrophe et son inoculation avec des CMA pourrait améliorer sa productivité. L'objectif du présent travail est d'analyser la diversité morphologique des CMA associés à la rhizosphère des plantes d'A nilotica et natifs des sols salés et leur potentiel infectif afin d'identifier les espèces propices à l'inoculation.

Des sols rhizosphériques d'*A. nilotica* ont été ainsi échantillonnés des régions affectées par la salinisation pour les deux saisons (sèche et humide), sous couvert et hors couvert de l'arbre. Plusieurs analyses ont été effectuées : propriétés physico-chimiques, richesse en communautés fongiques totales par PCR-DGGE, extractions des spores de CMA par le tamisage humide (Gerdemann and Nicolson, 1963), piégeage des CMA en serre et détermination de la fréquence et de l'intensité de mycorhization (Trouvelot, 1986).

Les résultats ont montré une différence de salinité et de pH entre les sols et la salinité a structuree les communautés fongiques totales. La densité sporale est élevée sur les sols prélevés sous couvert par rapport aux sols prélevés hors couvert. Quatre genres ont été identifiés sur tous les sols : Glomus, Scutellospora, Gigaspora et Sclerocystis, avec une dominance des deux premiers. Le genre Sclerocystis est spécifique à Kahone. Quel que soit le site, le nombre de spores est plus élevé en saison sèche qu'en saison humide.

De nombreuses hyphes et vésicules ont été observés au niveau des racines. Les sols moins salés présentent les fréquences et intensités de mycorhization plus élevées par rapport aux sols très salés. La mycorhization a améliorée la hauteur et la biomasse des plantes notamment celles des sols sous couvert. En conclusion, la rhizosphère d'*A. nilotica* des sols salés est riche en souches infectives de CMA. Il serait intéressant d'évaluer l'effet de chaque morphotype et d'identifier par des analyses moléculaires les souches qui ont réellement infectées les plantes.

Abbas G., M. Saqib, J. Akhtar, and S.M.A. Basra. 2013. Salinity tolerance potential of two *Acacia* species at early seedling stage, *Pak. J. Agri. Sc*i., Vol. 50(4), 683-688; 2013

Chandrasekaran M., S. Boughattas, S. Hu, S.H. Oh and T. Sa. 2014. A meta-analysis of arbuscular mycorrhizal effects on plants grown under salt stress. *Mycorrhiza*Volume 24, Issue 8, pp 611–625. DOI 10.1007/s00572-014-0582-7

Gerdemann J. W. and T. H. Nicolson. 1963. Spores of mycorrhizal Endogone extracted from soil by wet sieving and decanting. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 46.235-244.

Giri B., R. Kapoor, K. G. Mukerji. 2007.Improved Tolerance of *Acacia nilotica* to Salt Stress by Arbuscular Mycorrhiza, *Glomus fasciculatum* may be Partly Related to Elevated K/Na Ratios in Root and Shoot Tissues.*Microbial Ecology,* Volume 54, Issue 4, pp 753-760

LADA :PROJET FAO « *LAND DEGRADATION ASSESSMENT in SENEGAL », 2009 :* «l'évaluation de la dégradation des terres au Sénégal», *Rapport préliminaire*.

PAPIL (Projet d'Appui à la Petite Irrigation Locale). "Etude diagnostic et cartographie de la salinité des sols et des eaux dans les régions de Fatick et Kaolack", *Rapport* 2013.

Trouvelot A., Kouh J., Gianinazzi-pearson V. (1986). Mesure du taux de mycorhization VA d'un système radiculaire : Recherche de méthodes d'estimation ayant une signification fonctionnelle. Les mycorhizes : Physiologie et génétique, 1er séminaire, 1-5 juillet 1985, INRA Dijon : 217-221

ZHU, J.K. 2001. Plant soil tolerance. *Trends Plant Sci*. 6:66-71.

Mots clés : *A. nilotica*, CMA, diversité, salinité

Poster 8 : Étude de l'impact des pratiques culturales sur le fonctionnement de la symbiose mycorhizienne à arbuscule dans un système agroforestier

Emma Mortier, Diederik van Tuinen, Daniel Wipf, Laurent Bonneau et Pierre Emmanuel Courty

UMR Agroécologie 1347 INRA, AgroSupDijon, Université de Bourgogne, ERL CNRS 6003, 17 rue Sully, 21000 Dijon, France

Au milieu du 20ème siècle, l'utilisation massive d'intrants chimiques a fortement réduit la biodiversité, la fertilité du sol, a augmenté l'érosion hydrique, éolienne et la compaction du sol. La mise en place de nouveaux itinéraires de culture dans lesquels l'arbre à un rôle prépondérant pourrait devenir sous nos latitudes un élément clé d'une agriculture plus durable. Les systèmes agroforestiers participent notamment à la conservationdu potentiel agricole des terres via une couverture végétale annuelle et une diversification de la production.

Dans la symbiose mycorhizienne à arbuscule, le champignon apportedes éléments nutritifs nécessaires au développement de la plante, et reçoit en retour des ressources carbonées. La faible spécificité d'hôte des champignons mycorhiziens à arbuscules leur permet de former des réseaux mycéliens communs entre les racines deplantes qui coexistent, même si elles n'appartiennent pas à la même espèce. Le réseau mycélien commun peut contribuer à la facilitation plante-plante et à l'augmentation de la productivité. L'objectif de ma thèse est d'intégrer les processus de mycorhization dans un système agroforestier, et de mieux comprendre les interactions qui régissent les échanges.

Pour étudier les mécanismes d'échanges de nutriments, des plants de noyer et de maïs sont placés dans des microcosmes qui permettent d'étudier non seulement les plants mycorhizés, mais aussi le réseau mycélien qui les relie.

Notre étude a pour objectif de mimer, en conditions contrôlées, les échanges de nutriments, d'eau et de ressources carbonées qui ont naturellement lieu dans un système agroforestier, afin d'étudier et améliorer les rendements quantitatifs et qualitatifs de tels systèmes.

Mots clés : mycorhize à arbuscule, noyer, maïs, flux de nutriments

Poster 9 : L'amélioration de la tolérance de *R. monosperma* et d'*A. gummifera* à la sécheresse et à la salinité avec des champignons arbusculaires

Abdessamad Fakhech, Lahcen Ouahmane et Mohamed Hafidi

Laboratoire d'Écologie et Environnement (L2E) (Unité Associée au CNRST, URAC32), Faculté des Sciences Semlalia, Université Cadi Ayyad, BP: 2390, Marrakech, Maroc.

Dans une série d'études visant à établir un programme de reboisement des dunes littorale de l'Atlantique du Maroc, deux espèces de légumineuses: *Retama monoperma* et *Acacia gummifera* ont été sélectionnées pour deux tests de tolérance : le déficit hydrique et le stress salin. Des champignons mycorhiziens autochtones des dunes côtières ont été utilisé pour aider les plantes à tolérer les stresses. Pour tester l'impact de ces stresses sur ces espèces et la symbiose mycorhizienne, les effets de quatre régimes d'arrosage (25, 50, 75 et 100% de la capacité au champ) et de quatre concentrations de NaCl (0, 25, 50 et 100 mM) ont été évalués séparément en comparant les rapports poids secs racine:poids sec pousse aérienne, les niveaux d'azote total Kjeldahl et les niveaux du phosphore assimilable Olsen, et en mesurant les fréquences et les intensités de l'infection mycorhizienne. Les résultats ont montré que les paramètres mesurés étaient significativement affectés par les deux stresses. La présence des champignons mycorhiziens avait une amélioration des plantes stressées. Ils ont eu un impact significatif sur l'amélioration de l'absorption du phosphore et de l'azote sous les stresses. Les teneurs en P et N étaient significativement plus élevées dans les séries inoculées. Bien que le stresses avaient significativement réduit les taux de colonisation des racines des plantes, les mycorhizes arbusculaires avaient néanmoins une amélioration significative des conditions des plantes.

Mots clés : stress hydrique, stress salin, *Retama monosperma, Acacia gummifera*

Poster 10 : Caractéristiques biotiques et abiotiques des agro-écosystèmes méditerranéens à base de caroubiers le long d'un gradient climatique Nord-Sud

Pierre Tisseyre[1,2], Hamza Khassali[1,3,4], Alexandre Geoffroy[5], Estelle Tournier[1,3], Christine Le Roux[1,3], Stefano La Malfa[6], Magda Bou Dagher-Kharrat[7], Frédéric Médail[8], Robin Duponnois[1,2], Yves Prin[1,3], Alex Baumel[8], Lahcen Ouahmane[4], Frédéric Mahé[1,3] et Hervé Sanguin[1,3]

[1] LSTM, Univ Montpellier, CIRAD, IRD, INRA, Montpellier SupAgro, Montpellier, France
[2] IRD, UMR LSTM, F-34398 Montpellier, France
[3] CIRAD, UMR LSTM, F-34398 Montpellier, France
[4] Université Cadi Ayyad, Faculté des Sciences Semlalia, Laboratoire d'Ecologie et de l'Environnement, 40000 Marrakech, Maroc
[5] Fertil'innov Environnement, F-34060 Montpellier, France
[6] Université de Catane, Département d'Agriculture, Alimentation et Environnement, 95123 Catane, Italie
[7] Université Saint-Joseph, Faculté des Sciences, Laboratoire Caractérisation des Génomes de Plantes, 11072050 Beyrouth, Liban
[8] Université Aix Marseille, Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Ecologie marine et continental (IMBE), UMR CNRS, IRD, Univ Avignon, Faculté des Sciences et Techniques St-Jérôme, F-13397 Marseille, France

L'Espagne et le Maroc sont respectivement premiers et deuxièmes producteurs mondiaux de caroubes. Les agro-écosystèmes à caroubier font partie intégrante des paysages ibériques et marocains, et se caractérisent par une grande diversité de populations de caroubiers (vergers, systèmes agroforestiers traditionnels, populations férales) se répartissant du Nord de l'Espagne au Sud du Maroc (Battle et Tous, 1997).
La forte adaptabilité des caroubiers à un tel gradient climatique et à des conditions édaphiques contrastées est probablement liée en partie à la qualité d'un facteur clé du fonctionnement des agro-écosystèmes, le microbiome du sol, et notamment les mycorhizes à arbuscules. Le caroubier est en effet fortement dépendant pour sa croissance de l'efficacité des interactions qui s'établissent avec les champignons mycorhiziens du sol (Ouahmane et al., 2012 ; Manaut et al., 2015).
Dans le cadre du projet international DYNAMIC (*Deciphering sYmbiotic Networks in cArob-based MedIterranean agro-eCosystems*), une caractérisation par séquençage massif des communautés fongiques et bactériennes du sol dans une grande variété d'agro-écosystèmes à caroubier a été entreprise dans le sud de l'Espagne et du Maroc. Parallèlement, le potentiel symbiotique des différents sols a été estimé par mesure de l'abondance des spores. Pour chaque prélèvement de sol, des analyses des paramètres physico-chimiques du sol ont été effectués afin d'identifier les facteurs abiotiques pouvant contribuer aux variations de structure/composition du microbiome du sol le long du gradient climatique étudié.
Les résultats révèlent une forte hétérogénéité des paramètres abiotiques ainsi qu'une importante variabilité intra- et inter-site du potentiel symbiotique des sols. L'analyse du microbiome du sol révèle un microbiome « cœur » prédominant le long du gradient climatique analysé avec néanmoins des spécificités régionales. Les résultats permettent d'apporter un éclairage nouveau pour une meilleure compréhension du fonctionnement des agroécosystèmes à caroubier. L'intégration de ces données dans les projections climatiques devrait permettre à terme d'optimiser les stratégies de conservation du caroubier face aux changements climatiques futurs.

Batlle I, Tous J (1997) Carob tree. *Ceratonia siliqua* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops.17. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.

Manaut N, Sanguin H, Ouahmane L, Bressan M, Thioulouse J, Baudoin E, Galiana A, Hafidi M, Prin Y, Duponnois R (2015) Potentialities of ecological engineering strategy based on native arbuscular mycorrhizal community for improving afforestation programs with carob trees in degraded environments. Ecol Eng, 79:113-119.

Ouahmane L, Ndoye I, Morino A, Ferradous A, Sfairi Y, Al Faddy M, Abourouh M (2012) Inoculation of *Ceratonia siliqua* L. with native arbuscular mycorrhizal fungi mixture improves seedling establishment under greenhouse conditions. Afr. J. Biotechnol. 11, 16422–16426.

Mots clés : caroubier, microbiome, sol, séquençage massif, gradient climatique

Poster 11 : Effets de la mycorhization sur la croissance du caroubier (*Ceratonia Siliqua*) et sa réponse au stress hydrique.

Jadrane Issam[(1)], Al feddy Mohamed Najib[(2)], Hafidi Mohamed[(1)] et Ouahmane Lahcen[(1)]

[(1)] Laboratoire Ecologie et Environnement, Faculté des Sciences Semlalia, Université Cadi Ayyad, Marrakech, Maroc.

[(2)] Laboratoire de phyto-bactériologie, Unité de recherche protection des plantes, CRRA Marrakech, Institut National de Recherche Agronomique, Maroc.

Le rôle des mycorhizes dans la croissance et santé globale des plantes aété démontré dans plusieurs espèces ; elles améliorent l'absorption de l'eau, l'accès aux nutriments et contribuent à la protection face aux pathogènes. Le caroubier (*Ceratonia Siliqua*) est indigène au bassin méditerranéen et présente un énorme potentiel économique (applications pharmaceutiques et culinaires) et écologique (croissance dans des sols pauvres et climats secs) qui n'est que très peu exploité surtout dans les régions pauvres et arides de plus en plus impactées par le changement climatique.

Dans cette étude, des graines de caroubier de la région d'Essaouira (Maroc) ont été inoculées par un complexe mycorhizien isolé à partir de sol collecté dans la même région et plantées pour une période de croissance de 6 mois, un stress hydrique graduel a par la suite été appliqué pendant 8 semaines. Des paramètres physiologiques et biochimiques ont été utilisés afin d'évaluer l'effet des différents niveaux de stress sur les plantes en présence et absence de mycorhizes: 1) Paramètres de croissance 2) Activité enzymatique 3) Teneur en protéines, proline, sucres solubles et chlorophylles. Nous avons également procédé à l'identification morphologique et moléculaire du complexe. Nos résultats démontrent que l'inoculation mycorhizienne a un impact positif significatif sur la totalité des paramètres analysés et donc sur la croissance et santé globales des plantes. Ils démontrent également que la mycorhization permet une atténuation significative des effets du stress hydrique et une amélioration de la consommation en eau et de l'activité photosynthétique. L'identification par analyse morphologique a permis de déterminer que le complexe mycorrhizien est composé principalement du genre *Glomus*, l'identification des espèces au niveau moléculaire est en cours. Ces résultats offrent des perspectives nouvelles pour l'utilisation de caroubiers mycorhizés comme obstacles naturels à la désertification dans le pourtour méditerranéen et une ressource économique considérable.

Mots clés : mycorhizes, caroubier, stress hydrique

Poster 12 : Stress hydrique et potentiel bioprotecteur des mycorhizes à arbuscules appliqué sur des plants de *Citrullus lanatus*

Tabti-Hamza Nabila et Medded-Hamza Amel

Laboratoire de biosurveillance de l'environnement, Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université de Badji-Mokhtar-Annaba-Algérie

En Algérie l'agriculture connait un essor considérable dans les zones arides et semis arides, néanmoins le manque des ressources hydriques qui caractérisent ses zones, constituent un stress abiotique pouvant limiter les rendements. L'aptitude des mycorhizes à améliorer la croissance et l'alimentation hydriques des plantes pourrait constituer un palliatif à ce problème. Une expérimentation en condition de serre a été menée, des plants de pastèques inoculés et des plants témoins ont été arrosés quotidiennement à la capacité au champ à : 100%, 50%, 25% et 5%. Le stress hydrique engendré par une réduction de 50% de l'apport en eau a eu un effet moins négatif sur la croissance des plants mycorhizés avec une perte en biomasse de 30 % inférieur à celle observée chez les plants témoin. Les mycorhizes sont un moyen biologique prometteur permettant l'amélioration de la tolérance des plants au stress hydrique.

Mots clés : inoculum mycorhizien, bioprotection, stress hydrique, pastèque

Poster 13 : Effet combiné des mycorhizes et de l'acide salicylique sur le comportement des plantes de palmier dattier sous stress hydrique

Benhiba Laila, Essahibi Abdellatif et Qaddoury Ahmed

Unité de Biotechnologie Végétale et Agro-Physiologie des Symbioses, Faculté des Sciences et Techniques, Marrakech, Maroc

Le palmier dattier (*Phœnix dactylifera* L.), revêt une importance socio-économique certaine dans les régions oasiennes. Cependant cette culture se heurte à un certain nombre de contraintes biotiques et abiotiques limitant le développement du secteur phoenicicole (M.H. Sedra 2003). Plusieurs travaux ont montrés l'effet bénéfique de la symbiose mycorhizienne et de l'application de l'acide salicylique (AS) sur l'induction de la tolérance des plantes aux stress environnementaux (B. Ghazanfar *et al*, 2016; F. Sönmez *et al*, 2014 et MH. Shamshiri, 2015). L'objectif du présent travail est de déterminer l'effet des champignons mycorhiziens arbusculaires (CMA) et de l'acide salicylique (AS) sur la croissance des plantes de palmier dattier sous stress hydrique. Une concentration d'acide salicylique (1mM.l-1) et deux niveaux de stress hydrique (25%CC et 75%CC) ont été appliqués sur des plantules de palmier dattier inoculées ou non avec différentes souches de CMA. Des paramètres morphologiques (taux de mycorhization, langueur des feuilles et des racines, surface foliaire, production de biomasse), physiologiques (analyses minérales) et biochimiques (peroxydase, polyphénoloydase, protéines et sucre solubles) ont été mesurés après 6 mois de culture. La colonisation par les CMA ou l'application foliaire de l'acide salicylique a contribué à atténuer les effets néfastes du stress hydrique. La combinaison CMA/AS a favorisé davantage la tolérance des plants de palmier dattier au déficit hydrique, comme indiqué par une amélioration de la croissance des plantes et une augmentation des teneurs en protéines et en sucres solubles chez les plantes stressées.

B. Ghazanfar *et al,* 2016. Glomus etunicatum root inoculation and foliar application of acetyl salicylic acid induced nacl tolerance by regulation of nac1 & lenhx1 gene expression and improved photosynthetic performance in tomato seedlings. Pak. J. Bot., 48(3): 1209-1217.

MH Shamshiri, MR Hasani, 2015. Synergistic Accumulative Effects between Exogenous Salicylic Acid and Arbuscular Mycorrhizal Fungus in Pistachio (Pistacia Vera cv. Abareqi) Seedlings under Drought Stress. International Journal of Horticultural Science and Technology 2 (2), 151-160

F. Sönmez *et al*, 2014. Effects of Arbuscular Mycorrhizal Fungus and Salicylic Acid on Nutrient Uptake by Maize (Zea mays L.) Seedlings in Cadmium Contaminated Media

Mots clés : palmier dattier (*Phœnix dactylifera* L.), champignons mycorhiziens arbusculaires, acide salicylique, stress hydrique

Poster 14 : Rôle des champignons mycorhiziens arbusculaires dans l'amélioration de la tolérance du câprier*Capparis spinosa* au stress hydrique

Bouskout M[1,2], Al feddy M. N[2] et Ouahmane L[1]

[1] Laboratoire d'Ecologie et Environnement (L2E), Faculté des Sciences Semlalia, Marrakech Maroc.

[2] Laboratoire de phytobactériologie, Unité de recherche protection des plantes, CRRA Marrakech, Institut National de la Recherche Agronomique, Maroc.

Les stress abiotiques demeurent aujourd'hui parmi les causes principales de la perte des récoltes dans le monde. La sécheresse en particulier est l'une des contraintes les plus communes à la croissance normale et le bon métabolisme des plantes. Dans cette étude, nous avons évalué l'effet des champignons mycorhiziens à arbuscules (CMA) sur la croissance et la capacité de tolérance des plants du câprier *Capparis spinosa* au stress hydrique. L'inoculation des plants issus de semis a été effectuée par un complexe des CMA autochtones isolés des sols rhizosphériques du câprier dans la région de Safi au Maroc et dominé essentiellement par des souches appartenant au genre *Glomus*. Pour induire le stress hydrique, des plants sains âgés de 2 mois sont soumis à 4 niveaux de stress hydrique 25%, 50%, 75% et 90% par rapport à la capacité au champ. Après 4 mois de culture sous serre, les paramètres de croissance mesurés à savoir l'élongation des plants, le poids frais et sec de la partie aérienne et racinaire, le nombre des feuilles, le diamètre au collet et le nombre des rameaux ont montré des améliorations significatives chez les plantes mycorhizées par rapport aux plantes non inoculées par les CMA. L'efficacité de la fluorescence chlorophyllienne mesurée en Fv/m a montré une augmentation significative en fonction de la présence des CMA et le niveau du stress hydrique. Selon le test ANOVA, le déficit hydrique augmente significativement ($p < 0,001$) le ratio Fv / Fm dans toutes les feuilles des plantes mycorhizées avec une variation significative ($p < 0,001$) entre elles et selon un gradient décroissant du niveau d'eau appliqué. Les résultats globaux suggèrent que la colonisation fongique affecte positivement la plante hôte sur la croissance et la fluorescence chlorophyllienne, et favorisent ainsi une meilleure production de la biomasse fraiche et sèche en cas du stress imposé par les niveaux bas en eau. Le câprier semble tolérer les contraintes hydriques en présence des CMA, ainsi le potentiel xérophytique de cette espèce offre d'autres possibilités pour un usage plus large de cette espèce dans des programmes de réhabilitation des milieux dégradés dans les zones arides et semi-arides comme celles du Maroc.

Mots clés : *Capparis spinosa*, stress hydrique, champignons mycorhiziens à arbuscules, fluorescence chlorophyllienne $F_v / {}_m$

Poster 15 : Effets des champignons mycorhiziens arbusculaires et de l'application des bactéries PGPR sur la tolérance du palmier dattier au stress hydrique

Harkousse. O[(1)], Ouahmane L[(2)], koussa T[(3)] et Alfeddy MN[(1)]

[(1)] Institut national de la recherché agronomique Marrakech, Maroc

[(2)] Laboratoire d'Ecologie et Environnement, Faculté des Sciences Semlalia, Université cadi ayyad Marrakech Maroc

[(3)] Département de biologie, laboratoire de biotechnologie des plantes, écologie et exploitation des écosystèmes, Faculté des sciences El jedida

Au Maroc, les palmeraies connaissent plusieurs problèmes de dégradation sous l'action des activités anthropiques et des changements climatiques. Le palmier dattier occupe une importante superficie, qui a connu une régression due essentiellement aux maladies et au stress hydrique prolongé [1].

L'objectif principal de cette étude est l'isolement et la sélection de souches performantes de champignons mycorhiziens arbusculaires associées au palmier dattier dans les principales oasis du sud Marocain. Ces souches ont été utilisées comme inoculum pour améliorer la croissance, la nutrition minérale et la résistance des jeunes plantules au stress hydrique fréquent dans les zones d'introduction. En parallèle, des Rhizobactéries bénéfiques sont isolées et utilisées seules ou en association avec les champignons mycorhiziens pour les fins précitées.

Les paramètres physiologiques et les activités enzymatiques des palmiers dattiers infectés par les mycorhizes et les bactéries PGPR sélectionnées ont été évalués pour des différents degrés de stress hydrique [2]. Les résultats obtenus ont montré que les champignons mycorhiziens sélectionnés ont une grande capacité à infecter les racines du palmier dattier (90 et 86%) dans des conditions de 25% et 50% de la capacité au champ (CC) respectivement.

Les plantes non mycorhizées ont été plus sensibles à la contrainte hydrique du sol que les plantes inoculées. La mycorhization, par isolement de spores sélectionnées a permis une bonne croissance des palmiers. Ainsi, ces inoculations mycorhiziennes ont amélioré la croissance de la partie aérienne et de la partie racinaire pour tous les traitements.

Le traitement combiné entre les champignons mycorhiziens et les bactéries PGPR a permis aux plantes de palmier de résister à un stress hydrique extrême (25% CC). De plus, la combinaison de ces bactéries PGPR a amélioré significativement l'infection des racines par les champignons mycorhiziens.

[1] Abdelmoneim TS, Almaghrabi OA. Improved tolerance of maize plants to heavy metals stress by inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi. Arch Des Sci 2013; 66:155–67.

[2] Adewole MB, Awotoye OO, Ohiembor MO, Salami AO. Influence of mycorrhizal fungi on phytoremediating potential and yield of sunflower in Cd and Pb polluted soils. J Agric Sci 2010;55:17–28.

Mots clés : palmier dattier, stress hydrique, mycorhizes, bactérie PGPR

Poster 16 : Symbioses racinaires et statut phosphaté dans la rhizosphère d'*Olea europaea* ssp. s*ylvestris*L.dans un sol dégradé de Tizi Rached (Algérie)

Boudiaf Nait Kaci Malika, Daglou Imane, Ioualitene Massiva, Cherief Maya et Smail Saadoun Noria

Laboratoire Ressources Naturelles Faculté des Sciences Biologiques et Agronomiques UMMTO, Algérie

La surexploitation des ressources naturelles a un besoin accru en sol et entraine un dysfonctionnement du sol. La fragilisation des sols entraîne une baisse de leur qualité biologique. Les microorganismes symbiotiques sont connus pour être des composantes clés dans le fonctionnement des principaux cycles biogéochimiques, particulièrement le phosphore. Parmi les ressources naturelles abondantes dans les milieux méditerranéens dégradés nous pouvons citer l'oléastre *(Olea europaea* ssp s*ylvestris* L.). L'objectif de ce travail est de mettre en évidence les éventuelles symbioses racinaires avec les champignons mycorhizogènes à arbuscules ainsi que les endophytes foncés septés. Les radicelles sont prélevées sur sept sujets en fonction de quatre profondeurs de dix centimètres, dans une population d'oléastre sur un sol dégradé, situé à Tizi Rached dans la région de Tizi Ouzou (Algérie). L'observation des fragments racinaires colorés par la technique de Philips et Hayman (1970) a montré la présence de structures caractéristiques des mycorhizes à arbuscules, ainsi que des champignons foncés septés sur toutes les lames fixées. Le calcul de la fréquence de colonisation par la méthode Nicolson (1955) a révélé des taux de colonisations élevés qui varient de 46 à 99 % dans le niveau 0-10cm et de 6 à 66% dans le niveau 30-40cm. Concernant les sols étudiés, ils montrent des teneurs faibles en carbone organique et en phosphore assimilable. Ces résultats expliquent les fréquences élevées de mycorhization et une présence significative des endophytes foncés septés.

Mots clés : oléastre, symbioses racinaires, phosphore, sol dégradé

Poster 17 : Étude de la saisonnalité des mycorhizes, du P et du N rhizosphériques du *J. phoenicea* et *R. monosperma* dans un écosystème dunaire littoral

Abdessamad Fakhech[(1)], Lahcen Ouahmane[(1)] et Mohamed Hafidi[(1)]

[(1)] Laboratoire d'Écologie et Environnement (L2E) (Unité Associée au CNRST, URAC32), Faculté des Sciences Semlalia, Université Cadi Ayyad, BP: 2390, Marrakech, Maroc.

La variation saisonnière des paramètres de mycorhization de la végétation d'un écosystème dégradé semble être une information clé dans la conception d'un programme de réhabilitation utilisant des plantations mycorhizées spécifiques à cet écosystème. Afin d'enregistrer la variation saisonnière des champignons mycorhiziens arbusculaires dans l'écosystème de dunes stabilisées d'Essaouira, Maroc, la colonisation mycorhizienne et les densités des spores de deux espèces végétales : *Juniperus phoenicea* et *Retama monosperma*, endémiques de l'écosystème étudié, ont été suivis pendant trois ans. De plus, le phosphore assimilable et l'azote total Kjeldahl ont également été enregistrés. Les résultats ont été testés pour une signification statistique et corrélés entre eux et à des paramètres météorologiques.

Les résultats ont montré que les fréquences de mycorhization et les densités de spores ont atteint leur maximum à la fin de l'hiver et au début du printemps et qu'elles sont faibles en été pour les deux espèces végétales. Les niveaux de phosphore et d'azote changent d'une manière significative selon les saisons. La plupart des paramètres mycorhiziens pour les deux espèces végétales ont changé selon la saison. Une corrélation négative et significative a été notée entre l'évolution du phosphore et les variations des variables mycorhiziennes pour les deux espèces végétales. L'azote avait une corrélation positive et significative mais faible avec les variables mycorhiziennes de *R. monosperma*. Les corrélations entre ces paramètres et les variables météorologiques n'étaient pas évidentes à l'exception de l'effet négatif et significatif de la température qui est discuté en détail.

Mots clés : variation saisonnière, *Juniperus phoenicea*, *Retama monosperma*, mycorhizes arbusculaires

Poster 18 : Variabilité saisonnière et biodiversité des champignons mycorhiziens arbusculaires associés à la rhizosphère du Tamarix des steppes arides et semi-arides algériennes.

Bencherif K[(1)], Boutekrabt A[(4)], Dalpè Y[(3)] et Lounès Hadj-Sahraoui A[(2)]

[(1)] Université de Djelfa

[(2)] Unité de Chimie Environnementale et Interaction entre le Vivant, Université du Littoral Côte d'Opale Calais. France.

[(3)] Agriculture et agroalimentaire Canada Ottawa, Canada

[(4)] Université de Blida, Algérie

Une dégradation alarmante des sols est constatée depuis plusieurs décennies sur les zones arides et semi-arides aboutissant à une déformation accélérée des paysages. En Algérie, la plantation est l'une des principales techniques employées dans la lutte pour contrer cette dégradation et préserver ces paysages à long terme. Cependant, un choix judicieux des espèces à planter s'impose. Les plantes choisies doivent favoriser la prolifération des populations microbiennes rhizosphèriques. Parmi les plantes répondant à ces critères figurent les Tamarix. Cependant, les études sur les symbioses mycorhiziennes des Tamarix sont rarissimes. C'est dans ce contexte que la diversité des champignons mycorhiziens arbusculaires (CMA) associés à la rhizosphère de deux espèces locales de Tamarix (*Tamarix articulata* Vahll et *Tamarix gallica* L.) a été étudiée dans la région steppique algérienne.

Les échantillons des sols sont prélevés de 10 sites naturels localisés en zone steppique algérienne aride et semi-aride, avec un gradient de salinité variant de 0.5 à 10 $ds.m^{-1}$. L'échantillonnage a concerné quatre saisons consécutives.

L'isolement des spores de CMA grâce à la technique du tamisage humide et leur identification basée sur des critères morphologiques, nous a permis de détecter la présence de 10 espèces de spores de CMA de type glomoide et une de type gigasporoïde dans les dix sites échantillonnés.

L'indice de Shannon a révélé que la biodiversité des espèces de CMA isolées de la rhizosphère des Tamarix varie en fonction des caractéristiques physico-chimiques du sol. En outre, notre étude a montré que la variation saisonnière affecte l'abondance des espèces de CMA sans avoir un effet significatif sur leur biodiversité. Ce travail met en évidence l'importance de bien connaître les paramètres influençant le microbiote rhizosphèrique symbiotique des Tamarix. Ces connaissances peuvent être mises à profit dans la préservation et la restauration et espaces fragilisés des zones arides et semi-arides.

Mots clés : *Tamarix*, champignons mycorhiziens arbusculaires, steppes arides et semi-arides

Poster 19 : Etude comparative des paramètres de mycorhization entre pistachiers de l'Atlas jeunes et âgés de dayate El Gouffa (Laghouat)

Mechiah F et Smail-Saadoun N.

Laboratoire Ressources Naturelles, Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, Algérie.

Le pistachier de l'Atlas est qualifié comme une espèce mycotrophe. Son système racinaire établit des associations mycorhiziennes qui lui permettent son adaptation au milieu aride et semi aride. Cette association fait intervenir des champignons rhizosphériques. Le rôle important que jouent ces microorganismes dans l'amélioration de la nutrition hydrique et minérale et la protection des plantes est aujourd'hui largement reconnue. Cependant dans des pays comme l'Algérie, et surtout dans ses immenses régions arides, peu de travaux leur ont été consacrés. Cette étude a été conduite pour évaluer le statut mycorhizien du pistachier de l'Atlas au printemps. Des échantillons de racines d'un diamètre de 0.5mm ont été prélevés à dayate El Gouffa, dans la région de Laghouat (Algérie) sur six sujets de classes d'âge différentes (Agés, moyens et immatures) d'une manière subjective. Ces racines ont été traitées et préparés par la technique de coloration selon le protocole de Phillips et Hayman (1970) au laboratoire. Quatre paramètres d'infection ont été déterminés en utilisant les formules de calcul définies par Trouvelot *et al*. (1986). Les résultats obtenus montrent que les racines des sujets jeunes entouré de *Zizyphus lotus* (plante nurse) possèdent les plus grandes fréquences et intensités de mycorhization et celles des pieds âgés affranchis de cette espèce sont plus faibles.

Phillips J.M. & Hayman D.S., 1970. Improved procedures for clearning roots and staining parasitic and vesicular-mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Trans. Mycol. Brit. Soc. 55:158-161.

Trouvelot A., Kough J.L. & Gianinazzi- Pearson V., 1986. Mesure du taux de mycorhization VA d'un système radiculaire. Recherche de méthodes d'estimation ayant une signification fonctionnelle. In: Gianinazzi S (eds) Physiological and genetical aspects of mycorrhizae. INRA, services des publications, Versailles, pp 217-221

Mots clés : pistachier de l'Atlas, milieu aride, endomycorhizes, mycotrophe, El Gouffa, Laghouat (Algérie)

Poster 20 : Impact de l'inoculation ectomycorhizienne sur les paramètres morphologiques et physiologiques des plantules de cèdre de l'Atlas (*cedrus atlantica* Endl .carrière) soumises à une contrainte hydrique.

Chahboub H[(1)], Lamhamedi M.S[(2)] et Abrous-Belbachir O[(3)]

[(1)] Institut national de recherches forestières, Arboretum de Bainem (INRF Algérie) .BP 37, Chéraga, Alger, Algérie.

[(2)] Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, direction de la recherche forestière, 2700 rue Einstein, Sainte-Foy Québec G1P 3W8, Canada.

[(3)] Université des sciences et de la technologie Houari Boumediene, Faculté des sciences biologiques, laboratoire de physiologie végétale, BP 32, El Alia, Bab Ezzouar, 16 111, Alger, Algérie.

La mycorhization des plantules du cèdre de l'Atlas en pépinière figure parmi les approches préconisées pour améliorer la survie et la croissance des plants tout en leur conférant une tolérance accrue à la sécheresse et aux différentes contraintes des sites de reboisements méditerranéens (Lamhamedi *et al.,* 1991 ; Mousain *et al.,* 1994). L'objectif de cette étude est de déterminer l'influence de l'inoculum sporal de trois champignons ectomycorhiziens : *Cortinarius cedretorum, Amanita vaginata*, *Inocybe geophylla* sur le degré de tolérance des plantules du cèdre de l'Atlas à la contrainte hydrique appliqué.

Les carpophores, les semences et le sol forestier organique utilisés pour la production des plantules, ont été prélevés sous un peuplement pur de cèdre de l'Atlas. Après 15 mois de mise en culture, les plantules du cèdre de l'Atlas ont été soumises à des conditions limitantes en eau. Ainsi, l'impact de la contrainte hydrique a été étudié sur les paramètres morphologiques et physiologiques.

Les résultats obtenus ont montré que les plantules du cèdre de l'Atlas n'ont pas été très affectées par le déficit hydrique. En effet, sur le plan morphologique toutes les plantules inoculées stressées ont présenté des paramètres de croissance meilleurs que ceux des plantules non inoculées stressées, et sur le plan physiologique l'impact de la mycorhization s'est exprimé par une augmentation significative de la teneur relative en eau, de la conductance stomatique, des teneurs en chlorophylles totales, en caroténoïdes, en proline, en sucres solubles et en amidon chez les plantules inoculées soumises à la contrainte hydrique ; bien qu'une augmentation de la teneur en malondialdéhyde a été constatée signe d'un stress oxydatif, il a été observé une augmentation non significative des activités enzymatiques antioxydantes catalase et ascorbate peroxydase chez les plantules inoculées stressées.

Cette étude indique clairement que la mycorhization a aidé les plantules du cèdre de l'Atlas à tolérer la contrainte hydrique.Parmi les trois champignons ectomycorhiziens évalués, *Cortinarius cedretorum* pourrait être considéré comme un bon candidat pour une utilisation dans les programmes d'inoculation en pépinière visant à produire des plantules mycorhizées de c*edrus atlantica* destinées au programme de reboisement en Algérie.

Lamhamedi M.S., Fortin J.A., Bernier P.Y., 1991. La génétique de *Pisolithus* sp. : Une approche de biotechnologie forestière pour une meilleure survie des plants en conditions de sécheresse. *Sécheresse*, **2:** 251- 258.

Mousain D., Plassard C., Argillier C., Sardin T., Leprince F., El Karkouri K. *et al*., 1994. Stratégie d'amélioration de la qualité des plants forestiers et des reboisements méditerranéens par utilisationde la mycorhization contrôlée en pépinière. Acta Botanica Gallica, 141 : 571-580.

Mots clés : *Cedrus atlantica*, sécheresse, inoculum sporal, mycorhization, croissance, contrainte hydrique, malondialdéhyde, catalase, ascorbate peroxydase, programme de reboisement

Poster 21 : Gestion de la symbiose mycorhizienne : importance sur la régénération des plantes autochtones sur le sol pré-envahi par une plante invasive à Madagascar

Andrianandrasana Martial Doret[(1)], Baohanta Rondro[(1)], Randriambanona Herizo [(1)], Damase Khasa [(2)] et Ramanankierana Heriniaina[(1)]

[(1)] Laboratoire de Microbiologie de l'Environnement, Département «Ecosystèmes terrestres», Centre National de Recherches sur l'Environnement, Antananarivo, BP 1739, Madagascar

[(2)] Institut Biologique et Intégrative des Systèmes, Université Laval, Québec G1V0A6, Canada

Dans les milieux où il y avait altération de la structure de la couverture végétale, grâce à la désertification, à l'activité humaine, à l'invasion biologique etc.., des modifications des propriétés physico- chimiques et biologiques des sols sont souvent observées. Dans ce cas, les communautés mycorhiziennes sont particulièrement parmi les composantes du sol affectées par la dégradation de la couverture végétale.Ainsi, l'objectif principale de cette étude était d'attenuer les effets négatifs d'une plante invasive, *Grevillea banksii*, sur le développement des plantes autochtones à Madagascar (*Intsia bijuga* et *Dalbergia trichocarpa*) en valorisant des souches mycorhiziennes performantes sélectionnées.

Il s'agit de tester la performance des souches mycorhiziennes provenant de la zone d'étude ainsi que des souches de références dans des expérimentations d'inoculation des deux essences forestières natives en conditions contrôlées en utilisant du sol envahi par *G. banksii*. Dans ce cas, deux souches endomycorhiziennes MVAn et *Glomus intraradices* (GI) sont appliquées pour l'inoculation de *D. trichocarpa* et deux souches de Pisolithus (Pis1 et Pis2) sur *I. bijuga*.

Nos résultats ont montré que l'inoculation mycorhizienne présente des effets remarquables sur le développement de *D. trichocarpa* et de *I. bijuga* cultivés sur le sol pré-envahi par *G. banksii.* En effet, les souches de champignon endomycorhizien ont amélioré à la fois le développement de *D. trichocarpa* et le taux de mycorhization de la plante. Il en est de même pour le développement de *I. bijuga*, Pis1 et Pis2 améliorent le développement, le taux de mycorhization de la plante ainsi que les activités microbiennes du sol. Ainsi, les résultats de cette étude ont montré qu'il est possible de réinstaller une couverture végétale impliquant des essences forestières autochtones telles que *I. bijuga et D. trichocarpa* dans les zones anciennement envahies par la plante exotique à travers la technique d'inoculation microbienne utilisant les souches performantes.

Mots clés : mycorhize, plante invasive, plantes autochtones, microorganismes du sol

Poster 22 : Evaluation des performances des plants mycorhizés du caroubier en termes de tolérance au stress hydrique

Essahibi Abdellatif[(1)], Benhiba Laila[(1)], Ait Babram Mohamed[(2)] et Qaddoury Ahmed[(1)]

[(1)] Département Biologie, Faculté des Sciences et Techniques, Marrakech, Maroc

[(2)] Département Mathématique, Faculté des Sciences et Techniques, Marrakech, Maroc

Le réchauffement climatique a entrainé l'apparition des périodes extrêmement sèches répétées et une forte évapotranspiration, en particulier dans les régions sud du bassin méditerranéen. Dans ces régions, la sécheresse devient de plus en plus difficile, plus longue et plus fréquente et par conséquent plus nuisible pour la croissance et la productivité des plantes. Sous conditions environnementales difficiles telles que le déficit hydrique, la plupart des plantes établissent une association avec les champignons mycorhiziens arbusculaires (CMA) pour une meilleure protection contre les effets néfastes du stress hydrique. L'objectif de ce travail est d'évaluer l'influence des CMA sur les mécanismes de tolérance du caroubier au stress hydrique. Des plantes du caroubier mycorhizées par *Funneliformis mosseae, Rhizophagus fasciculatus* et *Rhizophagus intraradices*et leurs homologues non mycorhizées ont été exposées à deux régimes hydriques, un régime hydrique favorable (75% CC) et un stress hydrique (25% CC).Les résultats obtenus ont relevé que les plantes mycorhizées soumises au stress hydrique ont montré une meilleure croissance et production de biomasse comparées à leurs homologues non-mycorhizées. Sous stress hydrique les plantes mycorhizées ont maintenu une conductance stomatique et une teneur relative en eau élevées, grâce la grande efficacité d'absorption d'eau et des éléments minéraux. De plus, les plantes mycorhizées en particulier celles associées à *Funneliformis mosseae* ont maintenu l'intégrité membranaire, la rigidité des parois cellulaires, le potentiel hydrique et le potentiel osmotique à des niveaux élevés en comparaison avec les plantes non-mycorhizées.Les résultats ont également démontré que l'activité des principales enzymes antioxydantes impliquées dans la défense contre les dommages oxydatifs à savoir la SOD, l'APX, la G-POD et la CAT ont été considérablement augmentées chez les plantes mycorhizées que chez celles non-mycorhizées.Parmi les trois souches de CMA testées, *Funneliformis mosseae* a été la plus performantedans l'amélioration de la tolérance du caroubier au stress hydrique.

Mots clés : *Ceratonia siliqua* L., champignons mycorhiziens à arbuscules, stress hydrique, tolérance.

Poster 23 : Réponse de deux variétés de blé dur à une contrainte saline en présence d'un inoculum mycorhizien naturel

Hadj-Youcef Taibi Hassiba, Aid Houchi Aini et Tayeb Zohra

Université Mouloud Mammeri, Département des Sciences Agronomiques, Route Hasnaoua. BP 17, 15000, Tizi Ouzou, Algérie

L'ail triquètre (***Allium triquetrum),*** une plante prairiale appelée localement Vivrace, est valorisée par un savoir faire locale mais ses capacités mycotrophes sont totalement inexploitées. Ainsi lors de cette étude, nous avons utilisé le sol rhizosphérique de cette espèce comme inoculum naturel. Notre travail comporte deux volets, le premier concerne la caractérisation de l'inoculum naturel et le second porte sur son application comme bio-fertilisant dans une culture de blé dur conduite sous contrainte saline.

L'échantillonnage du sol est réalisé dans une prairie naturelle au niveau de la région de Draa el Mizan située à 42Km de la wilaya de Tizi Ouzou en Algérie. L'observation microscopique des racines de l'espèce prairiale montre que plus de 80% des plants sont mycorhizés et que le nombre de spores pour 100 g de sol dépasse2000 spores appartenant à 9 genres (38% Glomus, 22% Gigaspora, 16% Acaulospora, 4% Rhizophagus, 6% Dentiscutata, 7% Diversispora, 3% Septoglomus, 2% Paraglomus, 2% Scutellospora).

L'essai d'inoculation est conduit en pots durant 60 jours avec deux variétés de blé dur (locale, Boussalem et introduite, Siméto). Le substrat composite (2/3 de terre, 2/6 de sable et 1/6 de terreau) est irrigué avec une solution saline de 8g/l. L'inoculum mycorhizien est apporté sous forme de sol rhizosphérique de l'ail triquètre comprenant les propagules (spores et racines mycorhizées) à raison de 5g/pot.

Au niveau de l'essai expérimental, la teneur relative en eau des plantes, la longueur racinaire ainsi que le taux de mycorhization des racines sont évalués après 30, 45 et 60 jours après semis (JAS).

Les résultats montrent un effet interaction variété/inoculation significatif (< 0,001) au niveau de la longueur racinaire mais uniquement dans le cas de la variété locale Boussalem qui a vu la longueur de son système racinaire augmentée de 48%, un mois après l'inoculation. De même, les conditions de salinité ont favorisé la mycorhization racinaire chez la variété Boussalem qui a présenté un taux de mycorhization de 8% et 14% respectivement aux stades 30 et 45 JAS, alors que celle de Siméto n'a pas dépassé 3,4% durant ces stades mais atteint 12% à 60JAS. Pour la teneur relative en eau, un effet interaction variété/salinité/mycorhization significatif est apparu, montrant ainsi chez la variété locale Boussalem, une augmentation de la teneur relative en eau de 21,5% dans le traitement salé inoculé comparativement au traitement salé non inoculé. L'inoculation n'a pas eu d'effet positif sur la teneur relative en eau chez la variété Siméto.

En conclusion, l'ajout de l'inoculum naturel a eu un impact sur la réponse du blé au stress salin. Un aspect variétal est observé. Contrairement à la variété italienne Siméto, la variété locale Boussalem a réagi précocement à la mycorhization et a prolongé son système racinaire ce qui a amélioré son statut hydrique.

Mots clés : blé dur, inoculum mycorhizien, plante prairiale, stress salin

Poster 24 : La réponse des variétés améliorées et des génotypes autochtones du blé dur à l'inoculation avec *Rhizophagus irregularis* aux conditions de stress salin contrastées

Khaoula Boudabbous[(1)], Stéphane Declerck[(2)], Sylvie Cranenbrouck[(2)], Nadhira Ben Aissa[(1)], Ali Sahli[(1)], Youssef Trifa[(1)] et Hajer Slim Amara[(1)]

[(1)] Institut National Agronomique de Tunisie, Université de Carthage, 43 Avenue Charles Nicole, 1082 Tunis, Tunisie.

[(2)] Université catholique de Louvain (UCL). Institut de la Terre et de la Vie. Laboratoire de Mycologie, Belgique.

Durant les dernières années, le choix stratégique était de favoriser les variétés améliorées du blé dur en délaissant les variétés autochtones afin de répondre à un stress abiotique. D'autre part, les champignons mycorhiziens à arbuscule (CMA) sont connus pour augmenter la tolérance des plantes au stress salin. Dans ce travail nous avons étudié sous conditions contrôlées la tolérance à la salinité de quatre génotypes de blé inoculés avec le CMA *Rhizophagus irregularis* (MUCL 41833). Différents paramètres ont étéanalysés: la fluorescence chlorophyllienne (Fv / Fm), la surface foliaire (SF), la teneur relative en eau (TRE), le rendement végétal, et la teneur en phosphore dans les plantes et dans le sol (P). Deux génotypes autochtones (Agili Glaber et Bayadha) et deux variétés améliorés (Maali et Razek) ont été comparés sous irrigation avec l'eau non saline et saline (0,3 et 12 dSm^{-1}) avec et sans inoculation avec le CMA. Les résultats ont montré que l'inoculation a amélioré considérablement la réponse morphologique et physiologique des plantes sous irrigation par l'eau salée. Bien que les génotypes Agili Glabre, Bayadha et Razzek inoculés par le CMA ont marqué une très bonne réponse dans des conditions salines en terme de rendement en grain.$plante^{-1}$ et en nombre de grains. $plante^{-1}$, l'inoculation du génotype Maali n'a pas eu d'effet direct sur les paramètres étudiés. Démontrant ainsi un effet variétal sur le développement et l'expression de la symbiose. Cet inoculum a également permis l'amélioration de la nutrition phosphatée et les paramètres physiologique, étant donné que nos résultats confirment que le CMA peut modifier les réponses de l'hôte au stress salin en améliorant l'absorption du P, l'état de l'eau, Fv / Fm et la SF chez les génotypes. Nos résultats nous poussent à appliquer les CMA pour les génotypes autochtones du blé dur dans des conditions de terrain. La variété ancienne Aili Glabre, devrait attirer l'intérêt des producteurs en agriculture biologique pour la symbiose mycorhizienne.

Mots clés : mycorhizes arbusculaires, blé dur, salinité, génotypes

Poster 25 : Evolution des mycorhizes le long d'un gradient d'aridité climatique et édaphique croissante : cas des mycorhizes du pistachier de l'Atlas en Algérie.

Limane Abdelkrim et Smail-Saadoun Noria

Laboratoire « Ressources naturelles », Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, Algérie.

L'Afrique du Nord dispose d'un continuum climatique s'étalant du per-humide au saharien. Nous avons fait l'inventaire des mycorhizes et les types exprimés (Arum et Paris) associées à un phanérophyte spontané dont l'aire de répartition s'étale des rives de la méditerranée jusqu'au Hoggar (Sahara Algérien) : il s'agit de *Pistacia atlantica* subsp *atlantica.*

Les racines fines de quatre populations situées sur un transect nord-sud ont été échantillonnées et examinées: Sidi Naamane (subhumide), M'sila (aride), Laghouat (aride) et Béchar (hyperaride).

Toutes les racines échantillonnées ont présentés des endomycorhizes à vésicules et arbuscules (VAM), mais pas d'ectomycorhizes. Les genres, reconnus sont surtout : *Glomus, Acaulospora et Scuttelospora*. Les deux types (Arum et Paris) ont été observés, ce qui impose de fait une révision de la classification de Smith et Smith (1997) qui considèrent que les *Anacardiaceae* sont de type Arum uniquement. Le genre *Glomus* et le type Arum se retrouvent dans tous les étages bioclimatiques, alors que les genres *Acaulospora* et *Scutellospora* et le type paris disparaissent dans l'étage climatique hyperaride.

Selon l'aridité croissante, la richesse générique des Glomeromycota diminue et ne subsistent que les genres les plus adaptés (principalement *Glomus*) et l'expression du type apparemment le plus efficace (le type Arum).

Smith, F.A., et Smith, S.E. 1997. Structural diversity in (vesicular)-arbuscular mycorrhizal symbioses. New Phytol. 137: 373-388.

Mots clés : endomycorhizes, types paris et arum, aridité climatique, *Pistacia atlantica*

Poster 26 : Réponses physiologiques et biochimiques de la luzerne mycorhizée soumise à une contrainte saline

R. Ben Laouane[1, 2], A. Meddich[1], K. Oufdou[2], N. Bechtaoui[2],M. Ait El Mokhtar[1] et S. Wahbi[1]

[1]Laboratoire de Biotechnologie et Physiologie Végétale FSSM-Université Cadi Ayyad.Marrakech.

[2]Laboratoire de Biologie et Biotechnologie des Microorganismes FSSM-Université Cadi Ayyad.

Le problème de la salinité commence à prendre de l'ampleur dans la majorité des périmètres irrigués au Maroc, en particulier dans les régions arides et semi arides. La production de la luzerne, principale culture fourragère dans ces zones, est fortement entravée par cette contrainte. La réintroduction de plantes tolérantes associées à une bonne gestion du sol par les symbiotes racinaires, est un outil biotechnologique efficace pour la reconstitution des écosystèmes dégradés.

L'objectif de la présente étude est de déterminer les effets de la salinité sur l'efficacité de l'inoculation de la luzerne par un complexe mycorhizien autochtone. Nous avons évalué la croissance, la conductance stomatiques, la fluorescence chlorophylienne, les teneurs en chlorophylle, le potentiel hydrique, la perte d'électrolyte, les teneurs en MDA et l'activité enzymatique de PPO, POD et SOD, des plantes de la luzerne mycorhizées sous la contrainte saline.

La mycorhization a amélioré la tolérance à la salinité et a augmenté la production de la biomasse de 120% de la luzerne. Les paramètres physiologiques et biochimiques mesurés ont été également améliorés chez les plantes mycorhizées par comparaison aux plantes non mycorhizées. Ainsi, les champignons mycorhiziens sélectionnés peuvent être utilisés comme un outil biotechnologique améliorant la capacité d'adaptation de la luzerne aux contraintes salines.

Mots clés : mycorhize, salinité, tolérance, luzerne

Poster 27 : Effets d'une inoculation avec des champignons mycorhiziens arbusculaires sur la tomate (*Lycopersicum esculentum Mill*.) en conditions de déficit hydrique

Afafe Slimani[1,3], Lahcen Ouahmane[2], Tayeb Koussa[1] et Mohamed Najib Al Feddy[3]

[1] Laboratoire de biotechnologie végétale, Ecologie et Valorisation des écosystèmes, Faculté des sciences, Université Chouaib Doukkali, El Jadida, Maroc.

[2] Laboratoire d'Ecologie et d'Environnement, Faculté des sciences Semlalia, Université Cadi Ayyad, Marrakech, Maroc.

[3] Laboratoire de phyto-bactériologie, Unité de recherche : Protection des plantes, Centre Régionale de la Recherche Agronomique(CRRA), Marrakech, Maroc.

Dans les régions arides du globe, la production des tomates est gravement affectée par le déficit hydrique(1). Au Maroc, la superficie allouée à la tomate a connu une chute de 56 % due aux conditions climatiques défavorables(2). L'inoculation de la tomate avec les Champignons Mycorhiziens Arbusculaires (CMA) peut améliorer sa croissance et augmenter sa résilience au manque d'eau(1).

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'effet de l'inoculation des plantules de tomate par des CMA seuls ou combinés avec des bactéries de sol dans les conditions de déficit hydrique. Pour ce faire, 40 plantules de tomate ont été inoculées avec un complexe de CMA composé principalement d'espèces du genre *Glomus*, 40 autres plantules ont été inoculées avec une combinaison du même complexe mycorhizien et de bactérie du genre *Bacillus* et ont été soumises à différent niveaux de stress hydrique (75%, 50%, et 25% de la capacité au champ).

Les résultats obtenus ont montré que la combinaison CMA-bactéries a amélioré significativement les paramètres analysées par rapport aux plantes témoins non-inoculées et les plantes mycorhizées que ça soit en présence ou en manque d'eau. Les paramètres physiologiques (Surface foliaire, conductance stomatique, poids et longueur de la partie aérienne et racinaire, poids de la matière sèche, et nombre des feuilles) et biochimiques (Teneur en proline, en protéines totales, en sucres solubles et en chlorophylles) ont été amélioré par rapport aux autres traitements. D'autant plus, une meilleure activité enzymatique, en particulier l'activité de la superoxyde dismutase (SOD) a été mesurée. L'inoculation des plantes avec les CMA seuls, a amélioré significativement la croissance des plantules de la tomate par rapport aux plantes témoins non inoculées. En conclusion, les CMA peuvent constituer un moyen biologique naturel pour faciliter la croissance des plantes de tomate dans les milieux arides connaissant un déficit hydrique élevé.

(1) Sajid Mahmood Nadeem, Maqshoof Ahmad, Zahir Ahmad Zahir, Arshad Javaid, Muhammad Ashraf. (2014).The role of mycorrhizae and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) in improving crop productivity under stressful environments. Biotechnology Advance.

(2) Tahi Hanane, (2008). « Efficience de l'utilisation de l'eau d'irrigation chez la tomate par la technique de PRD (Partial Rootzone Drying) et étude des mécanismes physiologiques et biochimiques impliqués ». Doctorat, Biotechnologie végétale, sous la direction de Mouhsin Belkoura, Marrakech, Faculté des sciences Semlalia, Université Caddi Ayad.

Mots clés : champignons mycorhiziens Arbusculaires, déficit hydrique, tomate, inoculation

Poster 28 : Study on biotic and abiotic factors explaining *Acacia saligna* growth heterogeneity in revegetated Terga pit in western coast of Algeria

Nouria Derkaoui[(1)], Zoulikha Bouchiba[(1)], Zineb Faiza Boukhatem[(1)], Noureddine Yahia[(2)], **Robin Duponnois**[(3)], Ezékiel Baudoin[(3)] et Abdelkader Bekki[(1)]

[(1)] Laboratoire de Biotechnologie des Rhizobiums et Amélioration des Plantes, Département de Biotechnologie. Université d'Oran 1 Ahmed Ben Bella, Es Senia, Algeria.

[(2)] Laboratoire Génétique et Amélioration des Plantes Dépatrtement. De Biologie. Faculté des Sciences Naturelles et de la Vie. Université d'Oran 1 Ahmed Ben Bella. B.P. 16 Es-senia, Oran, Algérie.

[(3)] IRD, UMR 113, laboratoire des symbioses tropicales et méditerranéennes, campus Cirad de Baillarguet, TAA 82/J, 34398 Montpellier cedex 5, France.

Excessive sand quarrying and extraction generally caused vegetation cover disappearance and erosion processes amplification. To fight against this phenomenon, the rehabilitation of career seems necessary. A revegetation trial in Terga sand pit (Ain Témouchent; Algeria) was conducted in 2010 by the introduction of Acacia saligna inoculated with selected Bacteria Nodulating Legumes (BNL) and endomycorrhizal fungi. However, after two years, significant heterogeneity between introduced Acacias biomass was observed on the replanted site. The objective of our work was to study wether biotic or abiotic factors were responsible for this heterogeneity. Seedlings of A. saligna, inoculated with legumes and grasses roots taken from the studied site, were planted on barren soil and non-sterile soil taken from three zones where heterogeneity in biomass was observed. Soil analyses of the three selected zones were quite close. After four months of cultivation in greenhouse, the effects of different inoculants on plant growth were evaluated by measuring plant height, aerial biomass and the frequency and intensity of mycorrhizal infection. The frequency and the average intensity of endomycorrhizal colonization of plant roots grown on sterile soil were higher than non sterile one. These results indicated that this heterogeneity is due to the adaptation and competitiveness of introduced inoculum and not to abiotic factors represented by soil physic-chemical parameters.

Mots-clés: exploitation, *Acacia saligna*, revégétation, endomycorhizal fungi, biotic factor, abiotic factor.

Poster 29 : Utilisation d'un complexe de champignons mycorhiziens en vue de l'amélioration de la tolérance a la sécheresse de *Cupressus atlantica g*.

Lamia Zarik[(1)], Abdelilah Meddich[(1)], Mohamed Hijri[(2)], Mohamed Hafidi[(1)], Ahmed Ouhammou[(1)], Lahcen Ouahmane[(1)], Robin Duponnois[(3)] et Ali Boumezzough[(1)]

[(1)] Faculté Des Sciences Semlalia, Université Cadi Ayyad, Boulevard Prince MyAbdellah Marrakech, Maroc

[(2)] Université de Montréal, 2900 Boulevard Edouard-Mont petit, Montréal, Canada

[(3)] IRD MONTPELLIER, 911 Avenue Agropolis, 34394 Montpellier, France

Le cyprès de l'Atlas (*Cupressus atlantica* G.), espèce endémique du Haut Atlas Occidental présente dans toute son aire de répartition une absence presque totale de régénération naturelle, à cause des sécheresses épisodiques et la surexploitation humaine. Cette présente étude porte sur l'évaluation des effets d'une inoculation avec un complexe de champignons mycorhizien (AM) sur la résistance des jeunes plants de *Cupressus atlantica* contre le déficit en eau. Nous avons testé quatre niveaux hydriques, allant de 90 % (T) jusqu'à 25 % de la capacité au champ du sol, sur des plants mycorhizés et non mycorhizés cultivés sur sol stérile et sol non stérile. Nos résultats montrent que les AM ont un impact positif sur la croissance en hauteur, le diamètre au collet et la biomasse. On a observé aussi que l'inoculation avec les AM améliore significativement l'absorption des éléments minéraux par les plants de C. atlantica cultivés sur sol stérile et non stérile, quel que soit le régime hydrique appliqué. On note que les plantes mycorhizées maintiennent des taux élevés de la TRE et le potentiel hydrique le moins négatif comparé aux plantes non mycorhizées soumises au stress hydrique. Le contenu en proline et en sucres solubles est faible chez les plantes mycorhizées par rapport aux plantes non mycorhizées soumises au DS. Les activités les plus faibles du SOD, CAT et POD sont enregistrées chez les plantes mycorhizées par rapport aux plantes non mycorhizées sous la contrainte hydrique.

Mots clés : *Cupressus atlantica*, champignons mycorhiziens arbusculaires, sécheresse, stress hydrique

Poster 30 : Population et colonisation des champignons mycorhiziens à arbuscules associés à la culture de la tomate dans huit agrosystèmes algériens

Ziane Hana[(1)], Meddad-Hamza Amel[(2)] et Beddiar Arifa[(1)]

[(1)]Laboratoire de Biologie Végétale et Environnement, Faculté des Sciences, Université Badji Mokhtar - Annaba, Algérie.

[(2)] Laboratoire de Biomonitoring de l'Environnement, Facultédes Sciences, Université Badji Mokhtar, Annaba, Algérie.

L'évaluation de la diversité et de l'abondance des champignons mycorhiziens à arbuscules (CMA) indigènes a été effectuée dans huit champs agricoles cultivés de tomate au Nord-Est Algérien (Localités d'El Karma, Ben Amar, Chbaïta Mokhtar, Drean, Denden et Djebel Houara) où les pratiques culturales suivies pour assurer de bons rendements sont conventionnelles.

Des prélèvements de sol rhizosphérique au niveau des parcelles cultivées (PC) et de parcelles témoins non cultivées (PT) ont été effectués. Les spores de CMA ont été isolées par tamisage humide puis identifiées selon leurs particularités morphologiques à l'aide de comparaison avec les spécimens types décrits dans le site INVAM. Leur abondance a été estimée par le comptage du nombre total dans 100 g de sol, puis triées selon qu'elles soient saines ou détériorées. Les racines des plants de tomate ont été prélevées puis colorées et l'estimation des niveaux de colonisation racinaire a été effectuée.

Les résultats indiquent que les espèces *Funneliformis mosseae*, *Septoglomus constrictum* et *Rhizophagus irregularis* étaient les plus dominantes, tandis que *Entrohpospora infrequens*, *Glomus badium*, *Glomus macrocarpum* et d'autres espèces non identifiées étaient en minorité. Dans PC et PT, le nombre de spores allait de 305 à 616 et de 461 à 1129, respectivement. Une réduction du nombre de spores saines allant jusqu'à -58.73% entre les PT et PT d'un même champ a été observée. Les niveaux de colonisation racinaire étaient relativement faibles à moyens et allaient de 10.74% à 49,25%.

Les huit sols étudiés possèdent une population indigène réduite de CMA, cela est probablement dû aux pratiques culturales ayant un effet nuisible sur leur développement. Par conséquent, les avantages potentiels attribués aux CMA dans ces sols ne sont probablement pas complètement utilisés et l'apport exogène de CMA entant que biofertilisant faciliterait la restauration de ces populations.

Mots clés : champignons mycorhiziens à arbsucules, pratiques culturales, diversité, abondance

Poster 31 : L'impact de la mycorhization contrôlée sur la croissance de *Limbarda crithmoides* et sa tolérance au Cd

Warda Sidhoum[1,2] et Zohra Fortas[1]

[1] Laboratoire de Biologie des microorganismes et Biotechnologie. Département de Biotechnologie.Université d'Oran 1 Ahmed Ben Bella, Algérie.

[2]Université de Mostaganem Abd el hamid Ibn Badis, Algérie.

L'effet de la mycorhization contrôlée par les champignons mycorhiziens à arbuscules (CMA) sur la croissance et la tolérance d'une espèce halophile au cadmium (Cd) a été étudié lors de l'expérimentation en serre chez *Limbarda crithmoides* (Asteraceae) dans le but d'une éventuelle utilisation en phytoremédiation des sols salins et pollués. Les cultures, âgées de 3 mois *de L. crithmoides,* inoculés par un mélange de CMA (isolés d'un sol multi-pollué) ont été traitées pardes concentrations de 0, 50, 200 et 400µM de Cd. Les résultats obtenus ont montré des taux de survie élevés notamment chez les plants inoculés et aucun effet de phytotoxicité même dans les concentrations maximales. Par ailleurs, les valeurs d'indices de dépendance mycorhizienne relatifs (IDMR) ainsi que le gain de biomasse ont été fortement élevés dépassant 90%. Le taux le plus élevé d'infection mycorhizienne a été enregistré chez les plants cultivés sous 200µM de Cd suivit de ceux de 400µM tandis qu'il est constant dans les concentrations les plus faibles. Le test de corrélation de Pearson a révélé que l'infection mycorhizienne est significativement stimulée par l'ajout du métal en particulier l'intensité et le taux d'arbuscules. L'analyse de variance à deux facteurs ANOVA suivit du test de Tukey ont indiqué des différences hautement significatives de l'inoculation sur le développement qui s'est manifesté par l'augmentation des paramètres de croissance (la hauteur, les poids frais et secs de la partie aérienne, longueur racinaire et le nombre de feuilles).

A la lumière des premiers résultats obtenus, *L. crithmoides* assistée par les CMA autochtones pourraient constituer un intérêt dans la restauration des sites contaminés par le Cd.

Mots clés : mycorhization contrôlée ; *Limbarda crithmoides ;* phytoremédiation ; Cd

Poster 32 : Influence de génotype de blé dur (*Triticum durum*) sur le taux de colonisation des racines par les mycorhizes arbusculaire dans la région de Sétif en Algérie.

SEBBANE Mahieddine[(1)], HAFSI Miloud[(1)] et LABIDI Sonia[(2)]

[(1)] Département d'Agronomie, FSNV, Université Ferhat Abbas Sétif1 (UFAS1), Sétif, Algérie.

[(2)] Université de Carthage, Laboratoire des Sciences Horticoles LR13AGR01, Institut National Agronomique de Tunisie, 43 Ave Charles Nicolle, 1082 Tunis, Mahrajène, Tunisie.

Les champignons mycorhiziens arbusculaires (CMA) sont connus pour leur rôle dans l'amélioration de la nutrition hydrique et minérale de la plante hôte sous stress et par conséquent, ils peuvent constituer une solution potentielle pour assurer une production durable du blé dur en zones à contrainte hydrique. L'étude de l'aptitude de différents génotypes de blé dur à s'associer aux CMA constitue une étape primordiale avant tout essai de biofertilisation mycorhizienne.

Dans cette étude, les échantillons de racines de 9 variétés de blé dur ont été prélevés au stade remplissage du grain, à partir d'un essai installé dans la région de Sétif. Après nettoyage et coloration des racines avec le bleu de trypan (Phillips and Hayman 1970), le taux de colonisation totale (TCT) ainsi que les taux d'arbuscules (TCA) et de vésicules (TCV) ont été mesurés selon la méthode décrite par Mcgonigle et al. (1990).

Les résultats montrent que les taux de colonisation pour toutes les variétés de blé étudiées varient de 2,2 à 9.2 % pour TCT, 0,95 à 7,94 % pour le TCA, et 0 à 2,9 % pour le TCV. L'ANOVA a montré une différence très hautement significative pour le TCT, TCA, et non significative pour TCV. La variété Guemgoum Rkham a enregistré leTCT le plus élevé tandis que Megress le plus faible. La corrélation entre le TCT et le TCA est positive et hautement significative (r=0,85**), alors qu'elle est négative et significative entre le TCA et TCV (r=-0,67*), ce qui suggère que le TCT est due en grande partie au TCA et la formation des vésicules prend place au détriment des autres structures.

Ces Résultats montrent que le facteur génotypique pourrait influencer le taux de colonisation des racines par les CMA et devrait être pris en considération dans les études de la relation symbiotique CMA-blé dur.

Phillips, J.M. and Hayman, D.S., 1970. Improved Procedures for Clearing Roots and Staining Parasitic Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi for Rapid Assessment of Infection. Transactions of the British Mycological Society, 55, 158-161.

McGonigle, T.P., Miller, M.H., Evans, D.G., Fairchild, G.L. and Swan, J.A., 1990. A New Method Which Gives an Objective Measure of Colonization of Roots by Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi. New Phytologist, 115, 495-501.

Mots clés : symbiose mycorhizienne, génotype, blé dur, taux de colonisation racinaire

Poster 33 : Impact des fongicides sur le mécanisme de réparation des hyphes des Glomeraceae et Gigasporaceae, en conditions *in vitro*

Victor Hugo Rodriguez-Morelos, Maryline Calonne-Salmon et Stéphane Declerck

Université catholique de Louvain, Earth and Life Institute, Applied microbiology, Mycology, Croix du Sud 2, bte L7.05.06, B-1358, Louvain-la-Neuve, Belgium.

Les champignons mycorhiziens à arbuscules (CMA) possèdent la capacité de former un réseau mycélien dense reliant les plantes entre elles ainsi que les hyphes via le mécanisme d'anastomose. Après perturbation physique (coupure des hyphes), les CMA sont également capables de se reconnecter ou de produire, pour certaines espèces, des hyphes pouvant coloniser de nouvelles racines. Ces mécanismes de réparations sontimportants pour la survie des CMA en conditions de stress. Cependant, la culture intensive et l'application répétée de fongicides et leur accumulation dans les sols pourraient affecter l'intégrité du mycélium des CMA.

Quelques études ont montré l'impact négatif des fongicides sur le développement des CMA, mais leurs effets sur le mécanisme de réparation des hyphes (MRH) n'ont jamais été étudiés. L'objectif de ce travail était donc d'évaluer l'effet du flutolanil, de l'azoxystrobine,du pencycuron et du fenpropimorph sur2 CMA qui diffèrent dans leur MRH:*Rhizophagus irregularis* MUCL 41833 (stratégiste r) et *Gigaspora* sp. MUCL 52331 (stratégiste K).

Les CMA ont été cultivés*in vitro*associés aux racines de chicorée transformées. Après 3 mois (*Gigaspora* sp.) et 1 mois (*R. irregularis*) de culture, les hyphes présentant un flux cytoplasmique/protoplasmiqueactif ont été sélectionnés et coupés avec un scalpel. Vingt µl de milieude culture contenant ou non les fongicides (0,02 et 2 mg/L de milieu) a ensuite été ajouté sur l'hyphe coupé. Le MRH a été suivi sous microscope pendant 48h.

A la concentration la plus élevée d'azoxystrobine, les différentes étapes du MRH chez *Gigaspora* sp. et *R. Irregularis* ont été perturbées. Chez *R. irregularis*, la concentration élevée en fenpropimorph a également impacté négativement le MRH. Ces inhibitions pourraient avoir des conséquences néfastes sur l'intégrité du mycélium, sa capacité à relier les plantes et à leur apporter les nutriments. Ce travail souligne la nécessité de développer des méthodes alternatives de bio-contrôle pour remplacer les pesticides conventionnels.

Mots clés : champignons mycorhiziens à arbuscules, fongicides, mécanisme de réparation des hyphes (MRH), flux cytoplasmique/protoplasmique, *in vitro*

Poster 34 : Mécanismes de phytoprotection liés aux champignons mycorhiziens arbusculaires et aux bactéries fixatrices d'azotes chez des plants d'*Enterolobium contortisiliquum* dans un sol contaminé par des déchets de l'extraction du charbon

Santos M. L.; Rampinelli, E.; Heringer, A.S.; Sturmer,S. L.; Soares, C. R. F. S., **Lovato, P. E.**

Le but de cette étude était celui d'évaluer l'effet des champignons mycorhiziens arbusculaires (CMA) et des bactéries fixatrices de l'azote (BFA) sur la croissance de la légumineuse ligneuse *Enterolobium contortisiliquum*, et aussi de caractériser les mécanismes physiologiques de phytoprotection dans un sol contenant des résidus de mines de charbon. Des plants d'E*nterolobiumcontorstisiliquum* ont été cultivés dans une chambre climatisée, avec quatre traitements d'inoculation: non inoculés, ou inoculés avec des CMA (*Rhizophagus clarus* + *Acaulospora colombiana*), des BFA (*Bradyrhizobium elkanii* BR 4406) ou des CMA + BFA dans quatre substrats contenant 0, 15, 30 et 60 % de résidus. Après 45 jours, l'addition de 60% de résidus au substrat a augmenté la colonisation racinaire par les CMA de 20 à 80%, respectivement, ce qui à son tour a augmenté la biomasse végétale. L'inoculation conjointe de *R. clarus* et *A. colombiana* a accru la phytoextraction de Cu et la phytostabilisation du Zn et du Mn du sol. L'inoculation des CMA, associée ou non à des BFA, a augmenté les teneurs de protéines solubles totales et les activités des enzymes catalase, superoxyde dismutase et glutathione chez les plants. Les CMA ont accru la concentration de phytochélatines PC3 et PC4 dans les tissus végétaux. Ces substances complexent le Zn et le Mn dans les racines, évitant la translocation et la toxicité aux plantes. L'inoculation de CMA dans des plants de *E. contortisiliquum*, associée ou non à des BFA, a un potentiel d'utilisation dans des programmes de phytoremédiation et végétalisation des zones dégradées par l'exploitation du charbon et contaminées par des métaux.

Poster 35 : Impact d'un polluant émergent, le bisphénol A sur la croissance, la nutrition et la mycorhization du blé

A. Yacoumas[1,2], D. Houben[1], J. Fontaine[2], H. Meglouli[2], F. Laruelle[2], B. Tisserant[2], M-P. Faucon[1], A. Lounès-Hadj Sahraoui[2] et S. Firmin[1]

[1] AGHYLE, Unilasalle, SFR Condorcet FR CNRS 3417, 19, rue Pierre Waguet BP 30313 F-60026 Beauvais Cedex, France

[2] Unité de Chimie Environnementale et Interactions sur le Vivant (UCEIV), Université du Littoral Côte d'Opale, SFR Condorcet FR CNRS 3417, 50, Rue Ferdinand Buisson, 62228 Calais Cedex, France

Le bisphenol A (BPA), composé organique préoccupant reconnu comme perturbateur endocrinien chez l'Homme, fait l'objet d'une attention grandissante en qualité de polluant de l'environnement aquatique et terrestre. Plusieurs études récentes ont démontré que le BPA prélevé par la plante altère sa croissance et perturbe son métabolisme azoté, sa nutrition minérale et la photosynthèse. Ces études suggèrent que les mécanismes régissant l'approvisionnement de la plante en éléments essentiels tel que le phosphore pourraient être la cible du BPA. L'objectif de ce travail est d'étudier l'impact d'une contamination du sol par le BPA sur les traits fonctionnels impliqués dans la croissance et la nutrition phosphatée d'une variété de blé tendre mycorhizé ou non. Les effets de ce polluant émergent seront examinés sur l'acquisition du phosphore de la plante, sur l'exsudation racinaire, et le microbiote du sol, notamment sur l'établissement de la symbiose mycorhizienne arbusculaire impliquée dans la nutrition phosphatée de la plante. Cette étude devrait permettre d'évaluer l'écotoxicité du BPA sur une plante de grande culture, mais aussi d'améliorer la connaissance et la compréhension des mécanismes mis en jeu lors de la réponse des plantes à une contamination au BPA.

Pan, W.-J., Xiong, C., Wua, Q.-P., Liu, J.-X., Liao, H.-M., Chen, W., … Zheng, L. (2013). Effect of BPA on the germination, root development, seedling growth and leaf differentiation under different light conditions in Arabidopsis thaliana. Chemosphere, 93(10), 2585–2592.

Ouahmane, L., Thioulouse, J., Hafidi, M., Prin, Y., Ducousso, M., Galiana, A. & Duponnois, R. (2007). Soil functional diversity and P solubilization from rock phosphate after inoculation with native or allochtonous arbuscular mycorrhizal fungi. Forest Ecology and Management, 241(1-3), 200–208.

Poster 36 : Impact des dioxines/furanes sur le cycle de développement d'un champignon mycorhizien à arbuscules, *Rhizophagus irregularis*, cultivé *in vitro*

Hacène Meglouli, Joël Fontaine et Anissa Lounès-Hadj Sahraoui

Université du Littoral Côte d'Opale, EA 4492 – UCEIV – Unité de Chimie Environnementale et Interactions sur le Vivant, SFR Condorcet FR CNRS 3417, F-62228 Calais cedex, France

Célèbres depuis l'accident de Seveso en 1976, les dioxines/furanes (PCDD/F) restent, malgré une forte baisse de leurs émissions, un sujet de préoccupation permanent en France et dans le monde. La rémanence de ces composés organochlorés dans le sol et le risque toxique qu'ils représentent pour l'Homme et l'environnement font que la gestion et la remédiation des sols contaminés par les PCDD/F sont devenues une priorité des industriels, législateurs et scientifiques. Au cours des deux dernières décennies, nous avons assisté à l'émergence des phytotechnologies dans le domaine de la gestion des sites et sols pollués en raison de leur adéquation avec le développement durable et leur faible coût. De nombreuses études ont démontré l'intérêt d'utiliser des amendements biologiques à base de champignons mycorhiziens à arbuscules (CMA) pour assister la phytoremédiation des sols pollués par certains polluants organiques persistants tels que les hydrocarbures aromatiques polycycliques et les polychlorobiphényles (Lenoir et al. 2016 ; Qin et al. 2016). En revanche, peu de données concernent la phytoremédiation aidée des sols contaminés par les PCDD/F. Ainsi, la présente étude s'inscrit dans ce cadre général et vise à déterminer l'impactde concentrations croissantes de PCDD/F (0, 50, 500 et 5000 ng/L) sur les principaux stades du cycle de développement d'un CMA, *Rhizophagus irregularis,* dans des conditions axéniques.

Nos résultats montent queles spores de *R. irregularis* sont capables de germer même en présence des plus fortes concentrations de PCCD/F. En revanche, on observe une modification de l'architecture des hyphes germinatives qui se fait de façon linéaire au détriment d'un mode ramifié.

A la plus forte concentration de PCDD/F, les trois stades du cycle de développement de *R. irregularis* (colonisation racinaire, élongation des hyphes extra-racinaires et sporulation) montrent des chutes de 40, 30 et 75 % respectivement par comparaison au témoin sans polluant. Par ailleurs, alors que la biomasse des racines non mycorhizées diminue de 25% en présence de la plus forte concentration en PCDD/F par rapport au témoin, aucun effet n'a été observé sur la biomasse des racines mycorhizées.

L'ensemble de nos résultats montrent quebien que lesfortes concentrations de PCDD/F réduisent certains stades de développement de *R. irregularis*,ce CMAdemeure non seulement capable d'accomplir un cycle de développement complet en présence des PCDD/F mais il sembleégalement procurer une protection à la plante hôte contre la phytotoxicité de ces polluants. En conclusion, il serait possible d'envisager la phytoremédiation assistée par les CMA dans la gestion des sols contaminés par les PCDD/F.

Mots clés : *Rhizophagus irregularis,* cycle de développement, culture *in vitro,* dioxines/furanes

Poster 37 : Evaluation, grâce aux marqueurs lipidiques, de la biomasse microbienne d'un sol historiquement contaminé parles dioxines/furanesaprès phytoremédiation assistée par les champignons mycorhiziens

Hacène Meglouli, Frédéric Laruelle, Anissa Lounès-Hadj Sahraoui et Joël Fontaine

Université du Littoral Côte d'Opale, EA 4492 – UCEIV – Unité de Chimie Environnementale et Interactions sur le Vivant, SFR Condorcet FR CNRS 3417, F-62228 Calais cedex, France.

La région Hauts-de-France est la première région qui compte le plus de sites et sols pollués en France (BASOL, 2018). La ville d'Halluin, après avoir accueillie pendant trente ans une usine d'incinération d'ordures ménagères, a vu ses terres agricoles environnantes fortement contaminées par des dioxines/furanes (PCDD/F) issues de rejets atmosphériques. Ces PCDD/F présentent une toxicité accrue non seulement vis-à-vis de l'Homme mais aussi de son environnement. En effet, lacontamination des sols pourrait altérer la viabilité microbienne du sol et par conséquent le bon fonctionnement des agro-écosystèmes.

C'est pourquoi, le présent travail a pour objectif d'évaluerlesbiomasses microbiennes d'un sol historiquement contaminé par les PCDD/F avant et après phytoremédiation assistée par les champignons mycorhiziens à arbuscules (CMA) grâce à des marqueurs lipidiques spécifiques : les acides gras associés aux phospholipides (AGPL) des champignons mycorhiziens (C16:1ω5), saprotrophes et ectomycorhiziens (C18:2ω6,9) et des bactéries (i15:0, a15:0, i16:0, i17:0 et a17:0, cy17:0, C18:1ω7 et cy19:0). Le Trèfle, le Ray-grass, la Fétuqueet la Luzerneont été cultivées en microcosmes pendant 20 semaines en absence ou en présence d'un inoculum mycorhizien commercial Solrize® constitué de deux espèces CMA (*Funneliformis mosseae* et *Rhizophagus irregularis)* sur un sol historiquement pollué par les PCDD/F.

Nos résultats ont montré que la biomasse des champignons saprotrophes, ectomycorhiziensetmycorhiziens arbusculaires et des bactéries dans le sol avant phytoremédiation était de 0,4 ; 0,5 et 4µg/g de sol respectivement. Après 20 semaines d'incubation, les mêmes teneurs ont été retrouvées dans le sol non végétalisé. En revanche, la végétalisation du sol contaminé a permis,globalement, d'augmenter la biomasse de la flore tellurique.L'ajout d'un inoculum mycorhizien commercial stimule la biomasse microbienne lorsque le sol est végétalisé par certaines espèces végétales comme le Trèfle ou la Fétuque.

Mots clés : AGPL, dioxines/furanes, phytoremédiation, biomasse microbienne

Poster 38 : Apport d'un inoculum mycorhizien sur la croissance de plantes aromatiques et la production d'huiles essentielles sur un sol historiquement contaminé par les éléments traces métalliques.

Robin Raveau, Joël Fontaine et Anissa Lounès-Hadj Sahraoui

Université du Littoral Côte d'Opale, EA 4492 – UCEIV – Unité de Chimie Environnementale et Interactions sur le Vivant, SFR Condorcet FR CNRS 3417, F-62228 Calais cedex, France.

Le territoire français compte plus de 6500 sites pollués, dont presque 14% sont recensés dans la région des Hauts-de-France (Basol, 2018). Les éléments traces métalliques (ETM) font partie des polluants les plus fréquemment rencontrés sur ces sites. Ils présentent des effets nocifs vis-à-vis de la santé de l'Homme et de l'environnement et sont principalement issus des rejets atmosphériques de différentes industries. C'est le cas par exemple de l'ancienne fonderie, Metaleurop Nord, située à Evin-Malmaison, qui a conduit à la contamination des sols agricoles par des ETM sur plus de 120 km². Parmi les techniques envisageables pour la reconversion de ces terres agricoles, le recours au phytomanagement pourrait constituer une solution innovante. Ainsi, dans le cadre du projet phytEO, financé par l'ADEME, il est envisagé de combiner la phytostabilisation aidée par des amendements biologiques à base de champignons mycorhiziens avec une filière de production d'huiles essentielles (HE) à partir de la biomasse végétale obtenue sur ces sols historiquement contaminés par les ETM du site de Metaleurop. Les expérimentations ont été menées sur deux parcelles agricoles de 2 ha, l'une contaminée à Evin-Malmaison et la seconde non contaminée (témoin) à Rodelinghem. Les premières étapes de ce projet ont consisté à (i) mettre en place le dispositif expérimental in situ, (ii) tester la capacité de deux plantes à parfums aromatiques et médicinales (PPAM), la sauge et la coriandre, à se développer sur ces sols contaminés par les ETM (376 ppm de Pb, 429 ppm de Zn et 7ppm de Cd) en présence et absence d'un inoculum mycorhizien, (iii) distiller les HE, et finalement (iv) à déterminer la composition des HE produites.

Les deux PPAM testées se développent aussi bien sur la parcelle témoin (10 g et 66,5 cm en poids sec et hauteur/plante pour la coriandre ; 35 g et 49 cm pour la sauge) que sur la parcelle contaminée par les ETM. Néanmoins, la croissance de la coriandre est moins importante sur la parcelle contaminée, suggérant un effet négatif de la contamination. Par ailleurs, l'inoculation mycorhizienne n'a montré aucun effet sur la biomasse produite, quelle que soit la plante et la parcelle. Ceci pourrait être dû aux faibles taux de mycorhization observés, respectivement de 14 et 4.2% pour la coriandre et la sauge sur la parcelle témoin et de 9 et 2% sur la parcelle contaminée. Un éventuel impact négatif de la pollution sur l'installation de la mycorhization est suspecté. Par ailleurs, l'ajout de l'inoculum mycorhizien augmente le taux de mycorhization de la coriandre d'environ deux fois sur les parcelles témoin et contaminée. L'hydrodistillation des HE a permis d'obtenir des rendements de distillation compris entre 0,4 et 0,8% respectivement pour la coriandre cultivée sur site contaminé ou témoin, amendée ou non. L'étude de la composition des HE a permis d'identifier des composés majeurs chez la coriandre (linalol et dérivés de l'acide décénoïque) et la sauge (linalol, acétate de linalyl et carotol). L'inoculation mycorhizienne a montré une modification de la composition de l'HE issue de la sauge cultivée sur la parcelle contaminée.

Pour la suite de l'étude, les activités biologiques (anti-germinative, fongicide, antioxydante et anti-inflammatoire) de ces HE seront déterminées. La question du transfert éventuel des ETM dans les HE sera également abordée.

Poster 39 : Interactions entre champignons mycorhiziens et dark septate endophytes dans le contexte du phytomanagement des sites contaminés aux métaux

Charlotte Berthelot[(1)], Corinne Leyval[(1)], Michel Chalot[(2)] et **Damien Blaudez[(1)]**

[(1)] Université de Lorraine, Laboratoire Interdisciplinaire des Environnements Continentaux, Faculté des Sciences, BP70239, 54506 Vandœuvre-lès-Nancy, France

[(2)] Université de Franche-Comté, Laboratoire Chrono-Environnement, Pôle Universitaire du Pays de Montbéliard, 4, Place Tharradin, BP71427, 25211 Montbéliard, France

Les dark septate endophytes (DSE) sont des ascomycètes qui colonisent les tissus végétaux sans provoquer de symptômes. Ils possèdent des hyphes fortement mélanisés et forment des microsclérotes à l'intérieur des tissus racinaires. Ce sont des champignons ubiquistes qui ont été très largement sous-étudiés dans le passé. De nombreuses études indiquent cependant qu'ils co-habitent au sein des racines avec les champignons endomycorhiziens et ectomycorhiziens. Les DSE sont souvent caractérisés par un niveau élevé de tolérance aux éléments traces métalliques et sont généralement abondants dans les sites contaminés par ces éléments. Ces données suggèrent ainsi qu'ils joueraient un rôle important dans la survie et le fitness de leurs hôtes végétaux confrontés à un tel stress abiotique.

Dans le contexte du phytomanagement assisté par des champignons symbiotiques, nous avons étudié les interactions suivantes : DSE – stress métallique et DSE – champignons mycorhiziens. Des souches de *Phialophora*, *Phialocephala*, *Cadophora* and *Leptodontidium*sp. ont été isolées de racines d'arbres se développant sur sites contaminés. Le criblage de ces souches pour différents traits d'intérêt a permis de sélectionner les plus prometteuses en terme de promotion de croissance de la plante hôte et de résistance au stress métallique[1,2]. Des tests d'interaction entre DSE et champignons ectomycorhiziens ont été réalisés *in vitro*. Des expériences similaires ont également été réalisées avec des phytopathogènes. Enfin une co-inoculation de plants de ray-grass avec *Cadophora* et *Funneliformis mosseae* a été réalisée dans un sol présentant une contamination poly-métallique[3]. Les différents résultats seront présentés et discutés dans le contexte du phytomanagement des sols contaminés aux métaux.

[1] Berthelot C, Leyval C, Foulon J, Chalot M, Blaudez D (2016) Plant growth promotion, metabolite production and metal tolerance of dark septate endophytes isolated from metal polluted poplar phytomanagement sites. FEMS Microbiology Ecology 92(10) : fiw144.

[2] Berthelot C, Blaudez D, Leyval C (2017) Differential growth promotion of poplar and birch inoculated by three dark septate endophytes in two trace element-contaminated soils. International Journal of Phytoremediation 19 : 1118-1125.

[3] Berthelot C, Blaudez D, Beguiriatain T, Chalot M, Leyval C (2018) Co-inoculation of Loliumm perenne with Funneliformis mosseae and the dark septate endophyte Cadophora sp. in a trace element-polluted soil. Mycorrhiza (sous presse).

Mots clés : stress métallique, sites contaminés, champignons mycorhiziens, champignons endophytes

Poster 40 : L'inoculation mycorhizienne comme méthode alternative de lutte contre l'oïdium du blé

Ghalia Mustafa, Niang Khong, Benoit Tisserant, Béatrice Randoux, **Maryline Magnin-Robert**, Joël Fontaine, Philippe Reignault et Anissa Lounes-Hadj Sahraoui

Unité de Chimie Environnementale et Interactions sur le Vivant (UCEIV). Université du Littoral Côte d'Opale. SFR Condorcet FR CNRS 3417, F-62228 Calais cedex, France

L'utilisation des champignons mycorhiziens à arbuscules (CMA) pourrait constituer une alternative potentielle aux traitements fongicides conventionnels pour lutter contre les maladies cryptogamiques des plantes. Notre travail a consisté à étudier l'éventuel effet protecteur de la mycorhization arbusculaire chez le blé tendre (*Triticum aestivum* L.) contre *Blumeria graminis* f. sp. *tritici*(*Bgt*), un champignon biotrophe responsable de l'oïdium, une maladie affectant les parties aériennes de la plante.

L'inoculation mycorhizienne du blé avec le CMA *Funneliformis mosseae* (*Fm*), en conditions contrôlées et optimisées, nous a permis d'obtenir parallèlement à un taux de mycorhization de 38% des plants de blé, une amélioration significative de la biomasse et un taux de protection contre *Bgt* estimé à 78%. Ces résultats suggèrent l'induction d'une résistance systémique des réactions de défense du blé par mycorhization (Mycorrhiza-Induced Resistance, MIR). Cette protection serait liée à une accumulation de composés phénoliques et de peroxyde d'hydrogène dans les cellules épidermiques des feuilles de blé mycorhizé, au niveau du site de pénétration de *Bgt*. Une surexpression des gènes *POX, PAL*, *CHI1* et *NPR1* codant pour des marqueurs de défense a également été mise en évidence dans les feuilles en absence d'infection par *Bgt*. Enfin, nos travaux ont également souligné l'intégration de divers paramètres pour optimiser l'utilisation des CMA comme agents de biocontrôle chez le blé. La meilleure protection contre l'oïdium a été obtenue avec un apport en phosphore réduit de 5 fois par rapport à celui préconisé au champ et un inoculum mycorhizien à base de *Fm*, que ce soit chez un cultivar modérément sensible ou un cultivar plus résistant.

Mots clés : champignons mycorhiziens à arbuscules, oïdium, blé, résistance induite par la mycorhization, biocontrôle

Poster 41 : Effet de l'inoculation mycorhizienne sur la croissance de l'origan et la production d'huiles essentielles sur un sol contaminé

Imad El-Alam[1,3],Raviella Zgheib[2], Marc El Beyrouthy[2], Anthony Verdin[1], Joël Fontaine[1], Ramez Chahine[3], Hassane Makhlouf[3] et Anissa Lounès-Hadj Sahraoui[1]

[1]Univ Littoral Côte d'Opale, EA 4492 – UCEIV – Unité de Chimie Environnementale et Interactions sur le Vivant, SFR Condorcet FR CNRS 3417, F-62228 Calais cedex, France.

[2]Department of Agricultural Sciences, Holy Spirit University of Kaslik, Kaslik, B.P. 446, Jounieh, Lebanon

[3] Oxidative Stress and Antioxidants group, Doctoral Schoolof Sciences and Technologies, Lebanese University, Lebanon

La culture des plantes aromatiques et médicinales (PPAM) productrices d'huiles essentielles (HE) est une option prometteuse de valorisation de la biomasse obtenue sur les sols contaminés. La phytoremédiation assistée par les champignons mycorhiziens à arbuscules (CMA) d'un sol de la Bekaa au Liban contaminé par les alcanes, a été évaluée en utilisant une plante aromatique productrice d'HE, l'origan (*Origanum syriacum* L.).

L'expérience a été menée en microcosmes en utilisant un mélange de sol homogène de la Bekaa. Le sol est inoculé par un inoculum mycorhizien commercial *Symbivit* ®, composé de 6 espèces de CMA (*Claroideoglomus etunicatum*, *Glomus microaggregatum*, *Rhizophagus intraradices*, *Claroideoglomus claroideum*, *Funneliformis mosseae*, *Funneliformis geosporum*).

Après 16 semaines de culture, les biomasses foliaires et racinaires, les taux de colonisation des racines d'origan, ainsi que les concentrations résiduelles d'alcanes dans les sols ont été mesurées. A partir de la biomasse produite, les HE ont été extraites par hydrodistillation et leur composition chimique ainsi que l'éventuel transfert des alcanes dans les HE ont été évalués.

Bien que nos résultats ne montrent pas une dissipation significative des alcanes par rapport aux conditions non végétalisées, aucune trace d'alcane n'a été détectée dans les HE extraites de la biomasse obtenue sur le sol contaminé. D'autre part, la colonisation arbusculaire permet une amélioration de 200 % des taux de colonisation des racines et de 119 % de la biomasse aérienne par rapport aux conditions non inoculées. Par ailleurs, l'inoculation augmente la production du carvacrol de 213 % et réduit la synthèse du thymol de 30 % par rapport aux conditions non inoculées.

Mots clés : phytoremédiation, champignons mycorhiziens à arbuscules, *Origanum syriacum*, huile essentielle

Poster 42 : La double inoculation du blé avec un champignon endomycorhizien et une bactérie PGPR comme moyen de lutte alternative contre l'oïdium ?

Raouani N.[(1)], Sawicki M.[(1)], Tisserant B.[(1)], Sanchez L.[(2)], Ait Barka E.[(2)], Clement C. [(2)], Reignault P.[(1)], Lounes-Hadj Sahraoui A.[(1)] et Magnin-Robert M.[(1)]

[(1)] Université Littoral Côte d'Opale, UCEIV - EA 4492, SFR Condorcet FR CNRS 3417, CS 80699, F-62228, Calais cedex, France.
[(2)] Unité de Recherche EA 4707 RIBP (Résistance Induite et Bioprotection des Plantes) - SFR Condorcet FR CNRS 3417, Université de Reims Champagne Ardenne, BP1039, 51687 Reims Cedex 2, France

La lutte contre les maladies cryptogamiques du blé nécessite l'usage intensif et systématique de pesticides, à l'origine d'un questionnement de plus en plus fréquent sur les risques environnementaux et de santé publique. Pour limiter le recours aux fongicides chimiques conventionnels, des stratégies de lutte alternatives comme l'utilisation de microorganismes bénéfiques capables d'induire une résistance de la plante vis-à-vis d'agents pathogènes sont expérimentées. Un traitement associant un champignon mycorhizien à arbuscules (CMA – Funneliformismosseae) et une bactérie PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria – Paraburkholderia phytofirmans), a été réalisé afin de lutter contre le champignon biotrophe responsable de l'oïdium du blé (Blumeria graminis f.sp. tritici, Bgt). Une protection du blé est observée contre l'oïdium en réponse à cette co-inoculation, la réduction des symptômes de la maladie pouvant atteindre jusqu'à 60%. De plus, le taux de mycorhization du blé est plus important en présence de la bactérie en comparaison du blé inoculé avec le CMA seul, confirmant le rôle de Paraburkholderia en tant que Mycorrhiza Helper Bacterium (MHB) favorisant l'installation de la symbiose mycorhizienne. Enfin, nous avons également étudié l'effet stimulateur de ces inocula mycorhizien et bactérien sur les réactions de défense du blé via le suivi de l'expression de 3 gènes codant une lipoxygénase (LOX), une peroxydase (POX) et une chitinase (Chi1) dans les tissus foliaires du blé après 6 semaines de culture. En conditions non-infectieuses, les niveaux d'accumulation des transcrits des gènes LOX et POX sont plus importantsdans les feuilles des plants de blé inoculés avec la bactérie, avec le CMA ou avec la bactérie et le CMA par comparaison au témoin non-inoculé. En conditions infectieuses, quel que soit le type d'inoculation appliquée, il a été observé une accumulation importante des transcrits LOX 12 et 24heures après l'infection de la plante par Bgt en comparaison avec le témoin infecté non-inoculé. De façon plus précise, une induction marquée et transitoire est observée pour l'expression des gènes POX et de Chi14 heures après l'infection par Bgt chez les plantes inoculées avec la bactérie seule et le CMA seul en comparaison avec le témoin infecté non-inoculé.

Mots clés : blé, biocontrôle, bactérie PGPR, champignon mycorhizien à arbuscules

Poster 43 : Essais de protection du blé contre l'oïdium à l'aide d'un inoculum à base de champignons mycorhiziens en combinaison avec *Trichoderma* encapsulé dans des billes d'alginate

Nour El Houda Raouani[(1)], Benoit Tisserant[(1)], Maryline Magnin-Robert[(1)], Beatrice Randoux[(1)], Joël Fontaine[(1)], Maryline Calonne[(2)] , Stéphane Declerck[(2)] , Philippe Reignault[(1)] et Anissa Lounès-HadjSahraoui[(1)]

[(1)] Université Littoral Côte d'Opale, UCEIV-EA 4492, Unité de Chimie Environnementale et Interactions sur le Vivant, SFR Condorcet FR CNRS 3417, F-62228, Calais cedex, France

[(2)] Université Catholique de Louvain (UCL), Croix du Sud 2 bte L7.05.06, 1348 Louvain-La-Neuve, Belgique

Afin de maintenir des niveaux de production performants et de limiter les pertes de rendement causées par les maladies cryptogamiques, les agriculteurs ont le plus souvent recours aux fongicides conventionnels. Néanmoins, ces produits présentent potentiellement des effets nocifs vis-à-vis de la santé de l'Homme et de l'environnement, et de plus, leur efficacité est remise en question suite à l'apparition de résistance chez les champignons cibles. Face à ces enjeux, plusieurs plans européens, dont le plan EcoPhyto en France, ont été mis en place afin de développer des stratégies de lutte alternative reposant entre autres sur l'utilisation de microorganismes bénéfiques ou/et de substances naturelles capables d'induire une résistance chez la plante. Des travaux précédents réalisés au laboratoire ont montré l'intérêt d'utiliser les champignons mycorhiziens à arbuscules (CMA) comme agents de biocontrôle sur le blé tendre (*Triticumaestivum* L.) contre *Blumeria graminis* f. sp. *tritici (Bgt),* un champignon biotrophe obligatoire responsable de l'oïdium du blé (Mustafa *et al,* 2016,2017).

Dans le cadre du projet Interreg V BioScreen, appartenant au portefeuille de projets SMARTBIOCONTROL, nous proposons de tester comme moyen de biocontrôle contre *Bgt* le CMA *Rhizophagus irregularis* MUCL 41833 seul ou en combinaison avec un PGPF, le champignon saprotrophe *Trichoderma harzianum* MUCL 29707, sous forme encapsulée dans des billes d'alginate, de façon à améliorer la protection obtenue.

Les expérimentations *in planta* sont menées en pots, en conditions contrôlées de lumière, de photopériode, de température et d'humidité sur un cultivar de blé tendre sensible à l'oïdium (Pakito). Les taux de protection contre l'oïdium ainsi que les taux de mycorhization totale, vésiculaire et arbusculaire des racines de blé sont évalués à la 3ème et 6ème semaine de culture. Pour la suite de l'étude, les réactions de défense induite chez le blé mycorhizé seront étudiées à l'aide d'outils cytologiques, biochimiques et moléculaires ciblant des marqueurs de l'immunité de la plante.

G. Mustafa, B. Randoux, B. Tisserant, J. Fontaine, M. Magnin-Robert, A. Lounès-Hadj Sahraoui, Ph. Reignault. 2016. Phosphorus supply, arbuscular mycorrhizal fungal species, and plant genotype impact on the protective efficacy of mycorrhizal inoculation against wheat powdery mildew, *Mycorrhiza*, **26**, 685-697.

G. Mustafa, N.G. Khong, B. Tisserant, B. Randoux, J. Fontaine, M. Magnin-Robert, Ph. Reignault, A. Lounès-Hadj Sahraoui2017. Defense mechanisms associated with mycorrhiza-induced resistance in wheat against powdery mildew, *Funct. Plant Biol.*, **44**, 443-454.

Mots clés : biocontrôle, champignons mycorhiziens à arbuscules, *Trichoderma harzianum*, inoculum encapsulé, Oïdium, blé

Poster 44 : Effet de la co-inoculation avec les BSP, *Glomus intraradices* et *Rhizobium* sur le rendement et la croissance de l'arachide (*Arachis hypogaea* L.)

Driss BOUHRAOUA[(1)], Saida AARAB[(1) (2)], Amin LAGLAOUI[(1)], Mohammed BAKKALI[(1)] et Abdelhay ARAKRAK[(1)]

[(1)] Equipe de Recherche de Biotechnologies et Génie des Biomolécules (ERBGB), Faculté des Sciences et Techniques de Tanger, Maroc

[(2)] Département de Biologie, Faculté des Sciences et Techniques d'Al Hoceima, Al Hoceima, Maroc

L'utilisation des microorganismes a une importance vitale pour améliorer la disponibilité des nutriments pour les plantes dans le cadre d'une agriculture saine et écologique. Actuellement, il existe une demande émergente pour diminuer la dépendance aux engrais chimiques et augmenter la durabilité de l'agriculture dans la région nord-ouest du Maroc. Une expérience en pot a été menée pour étudier l'effet potentiel de l'inoculation avec : les champignons endomycorhiziens (Glomus intraradices), les bactéries solubilisant les phosphates (BSP: Pseudomonas putida) et Rhizobium. L'expérience a été menée dans une chambre de culture pour évaluer l'impact de ces inoculums, en simple ou en traitement combiné, sur la mycorhization et le rendement de l'arachide (Arachis hypogea L.). Après 60 jours de culture, différents paramètres ont été mesurés, tels que la colonisation mycorhizienne, la nodulation, la surface foliaire, la biomasse sèche aérienne (BSA) et la teneur des plantes en chlorophylle. Les résultats ont montré que les BSP et Rhizobium, en simple ou en double inoculation et en présence ou en absence de Glomus intraradices, ont significativement augmenté tous les paramètres étudiés par rapport au témoin. L'inoculation en présence des BSP favorise des niveaux les plus élevés en intensité de mycorhization et de BSA. En plus, La double inoculation avec Rhizobium et les BSP a augmenté significativement le nombre de nodules par plante. Le traitement des plantes avec Glomus intraradices en triple inoculation a un effet important sur la longueur des racines, la surface foliaire et la teneur des feuilles en chlorophylle. Cependant, Glomus intraradices semble avoir un impact négatif sur la nodulation des plantes, soit en double ou en triple inoculation. Ainsi, les valeurs les plus faibles en termes de BSA ont été enregistrées chez les plantes non inoculées ou traitées seulement avec Glomus intraradices. Les résultats de cette étude indiquent que l'inoculation de l'arachide avec Pseudomonas putida favorise la symbiose des plantes avec Rhizobium et Glomus intraradices. Ces micoorganismes peuvent augmenter le rendement et la croissance de l'arachide par amélioration significative de la surface foliaire et la teneur des plantes en chlorophylle totale.

Mots clés : *Glomus intraradices*, croissance, arachide, *Pseudomonas putida*

Poster 45 : Sécurisation de l'usage des produits microbiens avec du biochar en pépinière ornementale hors-sol

Tragin Maud[(1)], Barraud Fabrice[(2)], Grosbellet Claire[(3)] et Verfaille Thibaut[(4)]

[(1)] AREXHOR Pays de la Loire, 1 rue des Magnolias 49130 Les Ponts de Cé, France

[(2)] PREMIER TECH HORTICULTURE, rue du Ciron 49680 Vivy, France

[(3)] FLORENTAISE, Le Grand Pâtis, BP 10, 44850 Saint-Mars-du-Désert, France

[(4)] KOPPERT, 14 rue de la communauté, Parc d'activités de Viais, 44860 Pont Saint Martin, France

La région des Pays de la Loire est au 1er rang de la production horticole française avec près de 500 exploitations sur son territoire, c'est donc une région dynamique en ce domaine. Depuis quelques années, face au contexte réglementaire, technique mais aussi économique les producteurs s'orientent vers des solutions plus naturelles : produits microbiens ou à base de plantes. Les produits microbiens ne se sont pas encore démocratisés du fait de leur efficacité variable en fonction des conditions environnementales. Pourtant, des travaux récents au sein de l'institut technique astredhor ont mis en évidence le potentiel de certains microorganismes : *Trichoderma* sp., *Rhizophagus* sp., *Bacillus* sp., *Pseudomonas* sp.

Notre étude s'est donc orientée sur la sécurisation de l'usage des produits microbiens en utilisant du biochar. Le biochar est un matériau produit par pyrolisation de la matière organique. D'après les travaux de Lehmann (2011) et Laurin-Lanctôt (2015), le biochar stimulerait l'activité et le développement de la microflore. Plusieurs paramètres entreraient en jeu : la porosité du matériau, la disponibilité des éléments nutritifs, l'augmentation du pH du sol. Les études de Lévesque (2015) ont d'ailleurs montré que le biochar pouvait stimuler la mycorhization.

Dans notre étude deux produits microbiens ont été testés,un à base de *Trichoderma harzianum* l'autre à base de *Rhizophagus irregularis* et de *Bacillus pumilus*. Ces produits ont été associés ou non à du biochar d'écorces de pin au vu de réduire le développement d'un champignon phytopathogène en culture de pépinière hors-sol : *Phytophthora* sp.

D'après nos travaux, l'association du biochar avec le produit à base de *R. irregularis* et de *B. pumilus* a permis de réduire de plus de 20 % le développement du pathogène alors qu'utilisé seul le produit n'a pas d'effet. Ce résultat est encourageant et doit être confirmé par des études complémentaires.

Laurin-Lanctôt S. (2015). Effet de l'amendement en biochar des sols biologiques pour une culture de tomates sous serre : rétention en nutriments, activité biologiques et régie de fertilisation. Maîtrise en sols et environnement. Université de Laval, Québec (Canada) 126 p.

Lehmann J., Riling M. C., Thies J., Masiello C. A., Hockaday W.C. and Crowley D. (2011). Biochar effects on soil biota – a review. *Soil Biology & Biochemistry* 43:1812-1836

Lévesque V. (2015). Effect of different biochars on the establishment of symbiosis between *Rhizophagus irregularis* and leek grown in peat-based substrate

Mots clés : produits microbiens, pépinière, biochar, *Phytophthora* sp

Poster 46 : Formulation innovante pour un inoculum microbien Gel hydrorétenteur colonisé par un ou plusieurs micro-organismes d'intérêt agronomique

Marie-Line Haimet[(1)] et Marc Miquel[(2)]

[(1)] Laboratoire MycAgro Lab, Technopôle agroenvironnement, RD 31, 21110 Bretenière, France

[(2)] Marc Miquel Agroconsultant, 23 Avenue Salvador Allende, 88000 Epinal, France

L'innovation présentée a fait l'objet d'un brevet publié en 2016.

Dans le cadre du développement d'une agriculture durable, respectueuse de l'environnement, les microorganismes d'intérêt agronomique sont de plus en plus utilisés pour leurs effets biofertilisantsou bioprotectants.

Les inoculums microbiens commercialisés à l'heure actuelle sont trouvés soit sous forme liquide, soit sous forme solide (poudre, granulé).

Par ailleurs, les gels rétenteurs d'eau sont très largement utilisés en production végétale pour limiter les arrosages ainsi que pour améliorer la résistance des plantes cultivées face à un stress hydrique.Les hydrorétenteurs peuvent être d'origine naturelle ou synthétique.

L'objet du poster est de présenter une formulation innovante d'un inoculum fongique.

L'inoculum produit est constitué de champignons endomycorhiziens contenus dans un gel rétenteur d'eau composé de copolymères d'acrylamide et d'acrylate de potassium.

La multiplication des champignons endomycorhiziens s'effectue naturellement dans la matrice de gel sans faire appel à un procédé chimique de polymérisation.

Les résultats obtenus avec les différentes espèces fongiques testées et les contrôles qualité effectués lors de la phase de conservation des produits finis sont exposés sur le poster.

Ce nouveau type d'inoculum présente à la fois les avantages du gel hydrorétenteur utilisé comme matrice de formulation et ceux des champignons symbiotiques concentrés dans les grains de gel.

Ainsi en un seul apport, ce type d'inoculum permet à l'utilisateur :

- d'augmenter la disponibilité de l'eau dans le support de culture grâce aux propriétés physico-hydriques du gel
- de bénéficier des avantages de la symbiose mycorhizienne, à savoir l'augmentation de la nutrition minérale, l'augmentation de la croissance végétale, la résistance accrue aux stress biotiques (pathogènes) et abiotiques (stress hydrique, salinité)
- d'apporter des composés d'intérêt (chélates, acides aminés, fertilisants …) grâce à la capacité des gels à absorber puis libérer ces composés apportés en solution lors de la phase de multiplication des champignons.

Mots clés : micro-organismes, gel hydrorétenteur, inoculum, champignons endomycorhyziens

Poster 47 : Interactions entre une inoculation mycorhizienne arbusculaire et une fertilisation chimique chez la tomate cultivée dans un champ algérien

Ziane Hana[(1)], **Beddiar Arifa[(1)]** et Meddad-Hamza Amel[(2)]

[(1)] Laboratoire de Biologie Végétale et Environnement, Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université Badji Mokhtar, Annaba, Algérie.

[(2)] Laboratoire de Bio-surveillance Environnementale, Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université Badji Mokhtar, Annaba, Algérie

L'utilisation d'engrais chimiques en agriculture permet d'obtenir des rendements satisfaisants, cependant elle peut avoir des effets néfastes sur l'environnement et la santé humaine et animale d'où la nécessité de réduire les quantités apportées. Dans ce contexte, les champignons mycorhiziens à arbuscules (CMA) constituent des outils biologiques efficaces pour une optimisation de leur utilisation.

L'objectif de ce présent travail était d'étudier les effets d'une inoculation d'une variété de la tomate industrielle (Lycopersicon esculentum Mill, cv, Isma F1) par des CMA de commercecombinés ou non à trois doses d'engrais chimiques (phosphate monoammonium, sulfate d'ammonium et NPK), appliqués à 0, 50 et 100% de la dose recommandée. L'expérience s'est déroulée au champ sur un vertisol localisé à El Karma (Wilaya d'Annaba, Nord-est Algérien) et destiné à la culture de la tomate industrielle.

La croissance des plants de tomate et les niveaux de colonisation de leurs racines par les CMA ont été mesurés au moment de la fructification, et le nombre de fruits par plant a été estimé à la récolte.

Les résultats montrent que l'introduction des CMA commerciaux a significativement amélioré les taux de colonisation mycorhizienne des racines de la tomate, la croissance des plants et leur rendement en fruits par rapport à l'inoculum naturel indigène seul. Les rendements les plus faibles ont été obtenus dans les traitements sans fertilisation et les rendements les plus élevés ont été obtenus avec l'interaction inoculation-fertilisation chimique aux différentes doses recommandées. De plus, en présence de l'inoculum mycorhizien, une application de 50% des doses d'engrais recommandées a donné le même rendement que les doses d'engrais complètes sans inoculation. Ces résultats montrent clairement l'intérêt de l'inoculation des CMA pour appliquer une fertilisation chimique raisonnée permettant une croissance et un rendement optimaux, et en même temps respectueuse de l'environnement.

Mots clés : champignons mycorhiziens arbusculaires, inoculation au champ, fertilisation chimique, tomate industrielle

Poster 48 : Multiplication par bouturage et endomycorhization contrôlée de l'olivier (*Oleaeuropaea* L.) variété Ferkani

Mekahlia Mohamed Nacer[(1)], Beddiar arifa[(2)] et Chenchouni haroun[(1)]

[(1)] Université Larbi Tebessi, Tébessa, Algérie

[(2)] Université d'Annaba, Algérie.

Les champignons mycorhizogènes arbusculaires (CMA) sont des microorgansimes qui occupent la rhizosphère. Ils sont très importants dans la vie de la plupart des plantes herbacées, des arbres fruitiers et de quelques arbres forestiers puisque ils jouent un rôle de bioprotecteurs et de biostimulants. En Algérie, l'olivier (*Oleaeuropaea* L.) représente un potentiel économique précieux pour l'arboriculture fruitière. De ce fait, la connaissance et l'exploitation des champignons mycorhiziens arbusculaires qui lui sont associés pourraient être un outil de son développement durable.

Dans cette étude, et dans le but d'améliorer la production de la variété Ferkani de l'olivier (espèce endémique de la région de Tébessa dans l'Est Algérien), des inoculations contrôlées par des champignons isolés localement (*Glomus constrictum, Glomus sp1 et Glomus sp2*) et par des champignons de commerce (*Glomus mossea, Glomus intraradices et Gigaspora margarita*) ont été effectuées sur des plantules issues de boutures.

Les résultats obtenus montrent que l'olivier, variété Ferkani, est dépendant de son association mycorhizienne et que les souches de champignons multipliées et inoculées à la variété Ferkani ont été toutes infectives et efficaces. Ainsi tous les plants inoculés d'olivier ont montré une amélioration dans les différents paramètres de croissance, et une présence de colonisation dans leurs racines. Toutefois, des différences dans les taux de colonisation des différentes souches fongiques utilisées ont été enregistrées. Cette corrélation entre la diversité des CMA et la productivité des plantes, peut être une conséquence de la diversité fonctionnelle des CMA.

Bever JD, Morton JB, Antonovics J, Schultz PA (**1996**). Host-dependent sporulation and species diversity or arbuscular mycorrhizal fungi in a mown grassland. *J Ecol* 84: 71–82.

Brundrett MC, Abbott LK (**2002**). Microorganisms in Plant Conservation and Biodiversity. Kluwer Academic Publishers. K.Sivasithamparam, K.W.Dixon & R.L.Barrett (eds) pp: 151–193.

Brundrett MC, Abbott LK, Jasper DA (**1999**). Glomalean mycorrhizal fungi from tropical Australia. I. Comparison of the effectiveness and specificity of different isolation procedures. *Mycorrhiza*8: 305–314.

Brundrett MC, Bougher N, Dell B, Grove T, Malajczuk N (**1996**). Working with mycorrhizas in forestry and agriculture.' (Australian Centre for International Agricultural Research: Canberra).

Jarstfer AG, Sylvia DM (**1993**). Inoculum production and inoculation strategies for vesicular arbuscular mycorrhizal fungi. In 'Soil microbial ecology: applications in agricultural and environmental management.' (Ed. FB Metting Jr.). pp. 349–377. (Marcel Dekker Inc.: NewYork).

Menge JA (**1984**). Inoculum production. In 'VA Mycorrhiza.' (Eds CL Powell and DJ Bagyaraj). pp. 187–203. (CRC Press Inc.: Boca Raton, Florida).

Mots clés : champignons mycorhizogènes arbusculaires, olivier, inoculation, colonisation

Poster 49 : Production *in vitro* d'inoculum à terfesse à partir de fragment de la glèbe

Ahlem Dafri et Arifa Beddiar

Laboratoire de Biologie Végétale et Environnement, Département de Biologie, Université Badji Mokhtar, Annaba, Algérie.

Les terfesses ou truffes des sables sont des champignons mycorhiziens comestiblesà intérêts multiples.En effet, outre leurs vertus gastronomiques et médicinales, les chercheurs recommandent leur utilisation comme partenaires symbiotiques pouvant jouer un rôle dans le maintien des écosystèmes terrestres (Moreno-Arroyo *et al.*, 2001). Ceci requiert en premier lieu la production de l'inoculum *in vivo* (solution sporale) ou *in vitro* (culture mycélienne).

Le présent travail s'intéresse à la production de l'inoculum à terfesse*in vitro*directement à partir de fragment de la glèbe. Les ascocarpes à terfesses ont été récoltés d'un terrain de pâture dominé par *Tuberaria guttata* (L.) Four (symbiote végétal des terfesses) et situé dans la wilaya d'El-Tarf au Nord-Est algérien.Ils ont été désinfectés à l'alcool et coupéssuivant leurs fentes naturelles. Les fragments ontété prélevés au niveau des veines stériles de la glèbe et ont été mis en culture sur milieu MMN (ModifiedMelin-Norkrans ; Marx 1969) à pH 5.8. Les boîtes de Pétri ensemencées ont été incubées à deux températures différentes (24 et 37°C). Seulela température s'élevant à 37°C a permis la croissance du champignon. Les cultures obtenues ont été observées au microscope optique et plusieurs structures fongiques ont pu être repérées et décrites. Cette méthode a été tentée par plusieurs chercheurs (Morte et Honrubia, 1994 ; Gutierrez *et al.*, 1995 ; Bouziani *et al.*, 2006), cependant, le présent résultat est l'un des rares qui soulignent son aboutissement contrairement à la méthode d'ensemencement des ascospores prétraitées, utilisée comme alternative suite à ses résultats généralementfavorables (Awameh et Alsheikh, 1980 ; Fortas et Chevalier, 1992).

Le temps nécessaire à la croissance du champignon a pu considérablement être réduit lors du deuxième repiquage suivant une méthode propre au présent travail, et l'identification moléculaire de l'espèce isolée (appartenant au genre *Terfezia*) est en cours.

Awameh, M. S., & Alsheikh, A. M. (1980). Features and Analysis of Spore Germination in the Brown Kamé*Terfezia claveryi*. Mycologia, 72(3):494–499.

Bouziani, N., Bouakka, M., Belabed, A., & Tahir, E. H. (2006). Caractéristation biochimique du terfez du Maroc oriental : Isolement et culture *in vitro*. In : Congrés International de Biochimie. Agadir, Maroc, pp. 519–522.

Fortas, Z., & Chevalier, G. (1992). Caractéristiques de la germination des ascocarpes de *Terfezia arenaria* (Moris) Trappe récoltée en Algérie. Cryptogamie Mycol, 13:21–29.

Gutiérrez, A., Honrubia, M., Morte, A., &Díaz, G. (1995). Edible fungi adapted to arid and semiarid areas, molecular characterization and *in vitro* mycorrhization of micropropagated plantlets. Cah Options Mediterr, 20:139–144.

Marx, D. H. (1969). The influence of ectotrophic mycorrhizal fungi on the resistance of pine roots to pathogenic infections. I. Antagonism of mycorrhizal fungi to root pathogenic fungi and soil bacteria. Phytopathology, 59(2):153–163.

Moreno-Arroyo, B., Recio, J., Gomez, J., & Pulido, E. (2001). *Tuber oligospermum* from Morocco. Mycologist, 15(1):41–42.

Morte, A., &Honrubia, M. (1994). Método para la micorrización*in vitro* de plantas micropropagadas de *Helianthemum* con *Terfezia claveryi*. Patent P9402430, Madrid.

Mots clés : Terfesses, Inoculum, Culture *in vitro*.

Poster 50 : Amélioration de la productivité de l'arachide par la co-inoculation des microorganismes phytobénéfiques

Driss Bouhraoua[(1)], Saida Aarab[(1),2], Amin Laglaoui[1], Mohammed Bakkali[1] et **Abdelhay Arakrak[(1)]**

[(1)] Equipe de Recherche de Biotechnologies et Génie des Biomolécules (ERBGB) Faculté des Sciences et Techniques de Tanger B.P. 416 - Tanger Maroc

[(2)] Faculté des Sciences et Techniques d'Al Hoceima, B.P.34, Ajdir Al Hoceima, Maroc.

L'agriculture moderne devra faire face aux défis de besoins croissants en produits alimentaires tout en réduisant sa dépendance aux engrais minéraux azotés et phosphatés. Les rhizobactéries promotrices de la croissance des plantes (PGPR), les rizobiums et les champignons endomycorhiziens et arbusculaires indigènes (CMA*i*) sont des outils biotechnologiques potentiels d'être utilisés comme biofertilisants pour atteindre cet objectif.

L'expérimentation en pots, remplis de sol non stérilisé, avait pour objectif l'évaluation de l'effet des PGPR (PP22), les rhizobiums (V3) et les CMA*i* sur la croissance et le rendement de l'arachide. Des plants inoculés et non inoculés par ces microorganismes, en traitement simple ou combiné, ont été mise en culture dans une chambre de culture pendant 8 semaines. Les observations ont porté sur la nodulation, la mycorhization et les paramètres de croissance des parties aériennes et racinaires de la variété KT22 de l'arachide (allongement des pousses, surface foliaire, biomasse aérienne et racinaire et la teneur des plantes en azote).

Les résultats obtenus ont montré que les plantes d'arachide, inoculées et non inoculées, ont été mycorhizées et nodulées. Ainsi, les rhizobiums (V3) ont contribué d'une manière significative à la mycorhization et le rendement de l'arachide. Cependant, un effet plus positif a été enregistré en double inoculation bactérienne PP22-V3. En plus, les plantes d'arachide coinoculées avec ces deux souches bactériennes présentent des teneurs en azote et des valeurs de BSA de l'ordre de 200% plus élevées que celles des plantes non inoculées. L'effet de l'inoculum mycorhizien a un effet moins important en inoculation combinée en comparaison avec l'inoculation bactérienne.

Ces résultats présagent de la possibilité de formuler des biofertilisants à base de la combinaison PP22-V3, afin de réduire les doses de fertilisants minéraux utilisés par les producteurs de l'arachide.

Mots clés : *Arachis hypogaea* L., croissance, inoculation, mycorization, PGPR, *Rhizobium*

Poster 51 : Valorisation des endomycorhizes arbusculaires dans le sol et les racines d'*Hedysarum flexuosum* L., au nord-ouest du Maroc

Rachid M'saouar[(1)], Amin Laglaoui, Mohammed Bakkali et Abdelhay Arakrak

Equipe de Recherche de Biotechnologies et Génie des Biomolécules (ERBGB), Faculté des Sciences et Techniques de Tanger B.P. 416 - Tanger Maroc

Ce travail de recherche constitue une contribution à l'évaluation de l'état mycorhizien du Sulla *(Hedysarum flexuosum* L.,) au nord-ouest du Maroc.

Pour cette raison, des échantillons de sol et de racines ont été prélevés de 6 sites au nord-ouest du Maroc pour déterminer la densité des spores, le taux de l'infection mycorhizienne et le potentiel mycorhizogène du sol (nombre des propagules) selon la méthode du nombre le plus probable (MPN).

Les résultats indiquent que le nombre de spores est de 5840/100 g de sol dans le site de Boukhalef et diminue pour atteindre 1230 dans le site d'Achakar. Selon la structure de la paroi, ces spores appartiennent à quatre genres : *Scutellospora*, *Glomus*, *Septoglomus* et *Acaulospora*. Le nombre de propagules fongiques par 100g de sol est entre 3500 dans le site de Melloussa et 280 à Achakar. La fréquence mycorhizienne atteint 97% dans le site de Boukhalef et l'intensité de mycorhization est de 45.64% dans le même site. Les structures fongiques rencontrées dans les cortex racinaires sont des mycéliums intra et extra racinaires, des arbuscules et des vésicules.

Hedysarum flexuosum est une plante mycotrophe du fait de son important taux de mycorhization, ces (CMA) peuvent être sélectionnés et utilisés comme inoculum afin de préserver cette essence fourragère pour un développement durable.

Mots clés : Sulla, *Scutellospora*, potentiel mycorhizien, taux de mycorhization

Poster 52 : La bio-fertilisation mycorhizienne améliore le rendement et la qualité de la graine chez le pois (*Pisum sativum* L.) conduit en pluvial

Labidi S.[(1)], Jbeli I.[(1)], Dalpé Y.[(2)] et Ben Jeddi F.[(1)]

[(1)] Université de Carthage.Laboratoire des Sciences Horticoles, LR13AGR01. Institut National Agronomique de Tunisie,43 avenue Charles Nicolle, Tunis 1082, Tunisie.

[(2)] Centre de recherche de l'est sur les céréales et oléagineux (CRECO), 960 Ave Carling, Ottawa K1A 0C6, Canada.

La symbiose mycorhizienne arbusculaire peut jouer un rôle clé dans la mise en place d'une agriculture biologique durable dans les régions semi-arides des pays méditerranéens. L'objectif de ce travail est d'étudier l'effet de la bio-fertilisation mycorhizienne arbusculaire sur la productivité et la qualité de la graine chez le pois (*Pisum sativum* L.) cultivé dans une région du semi-aride Tunisien.

L'expérience a été menée en pluvial, dans une ferme pratiquant l'agriculture biologique. Six traitements ont été appliqués: le témoin (T): sans fertilisation; (F): amendement organique (fumier bovin); (A): bio-fertilisant local composé de deux souches autochtones de champignons mycorhiziens arbusculaires (*Glomus deserticola* et *Glomus* sp.); (S): bio-fertilisant mycorhizien commercial "Symbivit" (mélange de 6 espèces de *Glomus*); (AF): 50% de l'amendement organique + 50% du bio-fertilisant mycorhizien local et (SF): 50% de l'amendement organique + 50% du bio-fertilisant mycorhizien commercial.

Les résultats de l'étude ont montré que la bio-fertilisation mycorhizienne a augmenté la colonisation racinaire par les champignons mycorhiziens arbusculaires (CMA) chez le pois. Les paramètres de croissance sont plus élevés chez les plantes des traitements bio-fertilisés par rapport aux traitements (T) et (F). Le traitement (AF) a produit la plus forte augmentation du rendement en grains: 2 fois plus élevé que le témoin. Cette amélioration peut être expliquée par l'augmentation de l'absorption des éléments azote (+103%) et phosphore (+267%) chez les plantes bio-fertilisées, par rapport aux témoins. Le pourcentage des protéines brutes le plus élevé a été enregistré dans les graines des plantes du traitement (AF). Les teneurs des graines en flavonoïdes et en polyphénols totaux ont été améliorées jusqu'à 4 fois chez les plantes du traitement (IC). Aucun effet significatif n'a été remarqué pour les teneurs en sucres réducteurs.

Cette étude a montré l'importance de la bio-fertilisation mycorhizienne comme pratique agricole participant à la durabilité de l'agriculture pluviale, en régions semi-arides.

Mots clés : mycorhization, rendement, agriculture biologique, pluvial

Poster 53 : Caractérisation des Champignons Endomycorhiziens arbusculaires (CMA) associés à la culture mil dans un parc à *Senegalia senegal* au Niger

Djibo ES[(1)], Maman Manssour A[(2)], Aichatou A[(1)], Bil-assanou I.H[(3)], Fatou N'D[(4)], Diégane D[(4,5)] et Zoubeirou AM[(1)]

[(1)] Département de Biologie, Faculté des sciences et Techniques, Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger

[(2)] Faculté des Sciences Agronomiques, Université de Tillaberi, Tillaberi, Niger

[(3)] Département des Techniques de Productions Végétales, Faculté des Sciences, Université Dan Dicko Dankoulodo, Maradi, Niger

[(4)] Laboratoire Commun de Microbiologie LCM (ISRA/IRD/UCAD), Centre de recherche Bel-Air, Dakar, Sénégal

[(5)] Département de biologie végétale, Faculté des Sciences et Technique, Université Cheick Anta Diop, Dakar, Sénégal

En milieu sahélien, la gestion et la valorisation des services écosystèmiques à travers la symbiose mycorhizienne revêt une importance particulière. La symbiose mycorhizienne permet le maintien et l'augmentation de la fertilité des sols mais aussi l'amélioration de la production agricole. A cet égard, les systèmes agroforestiers à base des légumineuses offrent ses opportunités. Cette présente étude a été menée dont objectif principal est de caractériser les souches de champignons endomycorhiziens associées à la culture du mil dans un parc à *Senegalia senegal*. Pour cela, des échantillons de sols et des racines du mil ont été prélevés dans le parc agroforestier. L'extraction des spores a été effectuée par tamisage humide selon la méthode de Gerdemann et Nicolson, (1963). Les racines ont été colorées selon la méthode de Philips et Hayman, (1970). Les résultats obtenus ont montré que sept morphotypes de spores sont associés au mil à savoir : *Acaulospra sp ; Scutellospora sp ; Dendicutata sp ; Gigaspora aff. gigantea ; Glomus sp1 ; Glomus sp2* et *Racocetra aff. gregaria*. Le genre *Glomus sp* a été le plus représenté. La densité totale des morphotypes a été significativement plus élevée dans le système culture pure (406 spores/100 g de sol) que dans le parc à *S. senegal* (251,11 spores/100 g de sol). Quant aux paramètres de mycorhization, une faible intensité de mycorhization a été observée (17,55%). L'extraction et l'amplification de l'ADN des morphotypes de CMA identifiées sont réalisées et les produits purifiés sont encours de séquençage. La classification phylogénétique des séquences des morphotypes des spores et les séquences de CMA de référence et connues issues de NCBI (National Center for Biotechnology Information, U.S National Library of Medecine) permettra de connaitre les souches de CMA associées en vue de la production de l'inoculum.

Mots clés : Champignon endomycorhizien, mil, *Senegalia senegal*, inoculum, Niger

Poster 54 : Les champignons mycorhiziens arbusculaires associés à la rhizosphère de la légumineuse *Cytisus monspessulanus* dans le Nord ouest du Maroc

Taoufik Belechheb, Mohammed Bakkali, Amin Laglaoui et Abdelhay Arakrak

Equipe de Recherche de Biotechnologies et Génie des Biomolécules (ERBGB), Faculté des Sciences et Techniques de Tanger, Maroc

La présence de champignons mycorhiziens arbusculaires (CMA) dans la rhizosphère de l'arbuste fourragère *Cytisus monspessulanus* a été étudiée dans trois sites de la province de Tanger au nord-ouest du Maroc : R'milat,Boubana, et Sloukia. Ces sites contiennent de grandes populations de *Cytisus monspessulanus*.

L'analyse morphotypique des CMA a montré une diversité très importante avec une prédominance des espèces du genre Glomus au niveau des sols étudiés. L'examen microscopique a montré aussi cette diversité au niveau des hyphes d'infection et les structures fongiques intraradiculaires, vésicules et arbuscules.

Le nombre de spores mychoriziènnes détectées dans les sols prélevés sur le terrain était relativement élevé avec 3773 spores / 100g de sol dans le site de R'milat.

La fréquence mycorhiziènne trouvée dans cette étude a été d'un pourcentage maximal de 100%. L'intensité mycorhiziènne la plus élevée a été observée au site de Sloukia avec (38, 62%), et l'intensité arbusclaire a atteint 21 % dans le même site.

Le potentiel mycorhizogène du sol indigène étudié par la méthode du nombre le plus probable a été de 9000 pour le site de r'milat, 400 pour le site de sloukia et 244 pour le site de boubana.

Dans une dernière partie, la mycorhization et la croissance de *Cytisus monspessulanus* ont été évaluées après inoculation mycorhizienne (CMA indigènes) des plantes. Sur le sol stérilisé, les résultats de l'infection mycorhizienne par CMA indigène sont significativement élevés en comparaison avec le témoin négatif.

Ces résultats offrent des opportunités pour l'application de la mycorhization controlée de ce fourrage en pépinières par la production des inoculums performants.

Mots clés : Tanger, champignons mycorhiziens arbusculaires, *Cytisus monspessulanus*

Poster 55 : Effet de l'application d'un inoculum endomycorhizien sur le *verticillium dahlia* chez le fraisier au maroc

BAHOUQ Madiha et DOUIRA Allal

Département de Biologie, Faculté de Sciences, Université ibn Tofail, Kenitra, Maroc.

Le fraisier est une culture spécifique du périmètre du Loukkos au Maroc. Sa production est destinée en grande partie à l'export. C'est une rosacée touchée par une large gamme de maladies fongiques. Le présent travail consiste en l'étude de l'effet de l'inoculation des plants de fraisier par des champignons mycorhiziens sur leur infection par le Verticillium dahliae. Les plants mycorhizés et infestés par le Verticillium dahliae ont montré moins de symptômes que ceux non mycorhizés. L'infection par le Verticillium dahliae sur les plants mycorhizés a eu un effet non significatif sur le nombre des spores et leur développement. L'intensité moyenne de mycorhization était de 74% chez les plants mycorhizés et de 19% chez les plants témoins non mycorhizés. La teneur en vésicules et en arbuscules étaient de 81% et 72% chez les plants inoculés contre 8% et 2% chez ceux non mycorhizés. Par-contre, l'indice de flétrissement était élevé chez les plants non mycorhizés. Il a atteint 83% chez les plants inoculés non mycorhizés contre seulement 27% chez les plants mycorhizés. La dépendance mycorhizienne a atteint 65% chez les plants mycorhizés contre 29% chez les plants témoins. La présente étude suggère un effet protecteur des champignons mycorhiziens des plants du fraisier vis-à-vis du Verticillium dahliae.

Ahmed A.M., Abdelhafez R., Abdelmonsief A., 2009. Effect of VA mycorrhizal inoculation on growth, yield and nutrient content of Cantaloupe and Cucumber under different water regimes. Res J Agric& Biol Sci 2(6):503-508.

Anonyme, 2017.http://www.agriculture.gov.ma/pages/actualites/inauguration-du-festival-national-des-petits-fruits-rouges-larache

Anonyme, 2014.http://www.agriculture.gov.ma/sites/default/files/140723 note_veille_fruits_rouges-sl.pdf

Anonyme, 2014.http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC

Azcón R. and Ocampo J. A. 1981. Factors affecting the vesicular-arbuscular infection and mycorrhizal dependency of thirteen wheat cultivars. New Phytol. 87, 677–685.Ahmed et al., 2009

Baath E., Hayman D.S., 1984. Effect of soil volume and plant density on mycorrhizal infection and growth response. Plant and Soil 77, 373-36. doi: 10.1007/BF02182939.

Bahouq M. and Douira A. 2017. Diversity of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in the Strawberry Rhizosphere in Morocco. Int J Recent Sci Res. 8(5), pp. 17037-17044. DOI: http://dx.doi.org/10.24327/ijrsr.2017.0805.0269

Barea J.M. Azcón-Aguilar C. Azcón R. 1996. Interactions between mycorrhizal fungi and rhizosphere microorganisms within the context of sustainable soil-plant systems. In: Gange

AC, Brown VK (eds) Multitrophic interactions in terrestrial systems. Blackwell, Oxford (in press)

Barea, J.M., M. Toro, M.O. Orozco, E. Campos et R. Azcon. 2002. The application of isotopic (32P and 15N) dilution techniques to evaluate the interactive effect of phosphate-solubilizing rhizobacteria, mycorrhizal fungi and Rhizobium to improve the agronomic efficiency of rock phosphate for legume crops. Nutr. Cycl. Agroecosyst. 63: 35-42.

Benhamou N. Fortin J.A. Hamel C. St-Arnaud M. Shatilla A. 1994. Resistance responses of mycorrhizal Ri T-DNA-trans-formed carrot roots to infection by Fusarium oxysporum f. sp. chrysanthemi. Phytopathology 84 : 958–968

Mots clés : fraisier, mycorhizes, *Verticillium dahliae*, Loukkos

Poster 56 : Effet de l'inoculation avec des champignons mycorhiziens arbusculaires sur la croissance et le développement racinaire de *Retama monosperma au Maroc*

Zaaraoua Meriem[(1)], Dounas Hanane[(1)], Al Feddy Mohamed Najib[(2)] et Ouahmane Lahcen[(1)]

[(1)] Laboratoire d'écologie et environnement, faculté des Sciences Semlalia, Université Cadi Ayyad, (Unité associée au CNRST, URAC 32, Unité associée au CNERS).

[(2)] Laboratoire de phytobactériologie, unité de recherche sur la protection des plantes, CRRA Marrakech, Maroc.

Le genre Retama appartenant à la famille des légumineuses endémiques du bassin méditerranéen, est distribué dans les différents étages bioclimatiques, de l'humide à l'aride et caractérise les écosystèmes dunaires, les maquis et le désert. Au Maroc c'est la sous-espèce eu-monosperma variété Webbii qui est répondue sur le littoral atlantique depuis Tanger jusqu'à Souss (Maire, 1987).

Retama monosperma, objet de notre étude, se développe particulièrement sur la route littorale reliant Safi a Souiria kedima, le long de la route Marrakech Safi et le long de la route (A 7) qui relie Marrakech à Casa.

L'objectif de cette étude est d'identifier les espèces de champignons mycorhiziens à arbuscules associés à Retama monosperma et de déterminer l'effet de l'inoculation par ces champignons mycorhiziens à arbuscules sur le développement de Retama monosperma dans la région Marrakech-Safi (Maroc).

Les résultats obtenus ont montré un potentiel mycorhizien plus élevé dans les sols rhizosphériques de Retama monosperma, 830 propagules infectieuses/100 g du sol ont été mises en évidence par la méthode du nombre le plus probable tandis que les sols non rhizosphériques ne comptentent qu'environ 15 propagules infectieuses/100 g du sol.

La structure de la communauté des champignons mycorhiziens à arbuscules associée à Retama monosperma a été décrite par l'abondance relative de différents morphotypes des spores rencontrées. L'identification morphologique des spores a révélé la présence d'au moins quatre genres sous Retama monosperma dans la région Marrakech-Safi : Glomus, Acaulospora, Scutellospora et Gigaspora.

L'impact des mycorhizes varie considérablement d'une plante à l'autre, et les plantes inoculées ont été significativement plus élevées par rapport aux plantes témoins non inoculées, en termes de hauteur de plante, nombre de rameaux, poids des parties aériennes de la plante et des racines.

Maire, R**.** (1987). Flore de l'Afrique du Nord. Edition Lechevalier. Paris, p.128

Mots clés : *Retama monosperma***,** Inoculation, mycorhizes à arbuscules, croissance

Poster 57 : La disposition de quelques variétés blé dur (*Triticum durum*) à l'association avec les mycorhizes arbusculaires locales de la région de Sétif en Algérie.

SEBBANE Mahieddine[(1)], HAFSI Miloud [(1)], **LABIDI Sonia**[(2)]

[(1)] Département d'Agronomie, FSNV, Université Ferhat Abbas Sétif1 (UFAS1), Sétif, Algérie.

[(2)] Université de Carthage, Laboratoire des Sciences Horticoles LR13AGR01, Institut National Agronomique de Tunisie, 43 Ave Charles Nicolle, 1082 Tunis, Mahrajène, Tunisie

Les champignons mycorhiziens arbusculaires (CMA) sont connus pour leur rôle dans l'amélioration de la nutrition hydrique et minérale de la plante hôte sous stress et par conséquent, ils peuvent constituer une solution potentielle pour assurer une production durable du blé dur en zones à contrainte hydrique. L'étude de l'aptitude de différents génotypes de blé dur à s'associer aux CMA constitue une étape primordiale avant tout essai de biofertilisation mycorhizienne.

Dans cette étude, les échantillons de racines de 9 variétés de blé dur ont été prélevés au stade remplissage du grain, à partir d'un essai installé dans la région de Sétif. Après nettoyage et coloration des racines avec le bleu de trypan (Phillips and Hayman 1970), le taux de colonisation totale (TCT) ainsi que les taux d'arbuscules (TCA) et de vésicules (TCV) ont été mesurés selon la méthode décrite par Mcgonigle et al. (1990).

Les résultats montrent que les taux de colonisation pour toutes les variétés de blé étudiées varient de 2,2 à 9.2 % pour TCT, 0,95 à 7,94 % pour le TCA, et 0 à 2,9 % pour le TCV. L'ANOVA a montré une différence très hautement significative pour le TCT, TCA, et non significative pour TCV. La variété Guemgoum Rkham a enregistré leTCT le plus élevé tandis que Megress le plus faible. La corrélation entre le TCT et le TCA est positive et hautement significative (r=0,85**), alors qu'elle est négative et significative entre le TCA et TCV (r=-0,67*), ce qui suggère que le TCT est due en grande partie au TCA et la formation des vésicules prend place au détriment des autres structures.

Ces Résultats montrent que le facteur génotypique pourrait influencer le taux de colonisation des racines par les CMA et devrait être pris en considération dans les études de la relation symbiotique CMA-blé dur.

Phillips, J.M. and Hayman, D.S., 1970. Improved Procedures for Clearing Roots and Staining Parasitic Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi for Rapid Assessment of Infection. Transactions of the British Mycological Society, 55, 158-161.

McGonigle, T.P., Miller, M.H., Evans, D.G., Fairchild, G.L. and Swan, J.A., 1990. A New Method Which Gives an Objective Measure of Colonization of Roots by Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi. New Phytologist, 115, 495-501.

Mots clés : symbiose mycorhizienne, génotype, blé dur, taux de colonisation racinaire

Poster 58 : Statut des champignons mycorhiziens arbusculaires associés à la rhizosphère de la légumineuse *Lotus creticus* dans le Nord ouest du Maroc

Taoufik Belechheb, Mohammed Bakkali, Amin Laglaoui et Abdelhay Arakrak

Equipe de Recherche de Biotechnologies et Génie des Biomolécules (ERBGB), Faculté des Sciences et Techniques de Tanger, Maroc

Une étude du statut mycorhizien est entreprise dans trois sites salins à partir du sol rhizosphérique des plantes d'intérêts afin d'isoler et de sélectionner des champignons mycorhiziens arbusculaires **(**CMA) performants pour leur utilisation ultérieure dans l'inoculation de *L. creticus*. Cette étude a décelé un nombre de spores mychoriziènnes de 442 spores /100g de sol, une fréquence mycorhiziènne d'un pourcentage maximal de 88,95%, une intensité mycorhiziènne de 17,83 % et intensité arbusclaire de 10,70 %.Surla base des caractéristiques morphologiques des spores, une diversité de glomale est mise en évidence. Elle est plus importante dans les sols des trois sites. L'examen microscopique a montré cette diversité au niveau des hyphes d'infection et les structures fongiques intraradiculaires, vésicules et arbuscules.

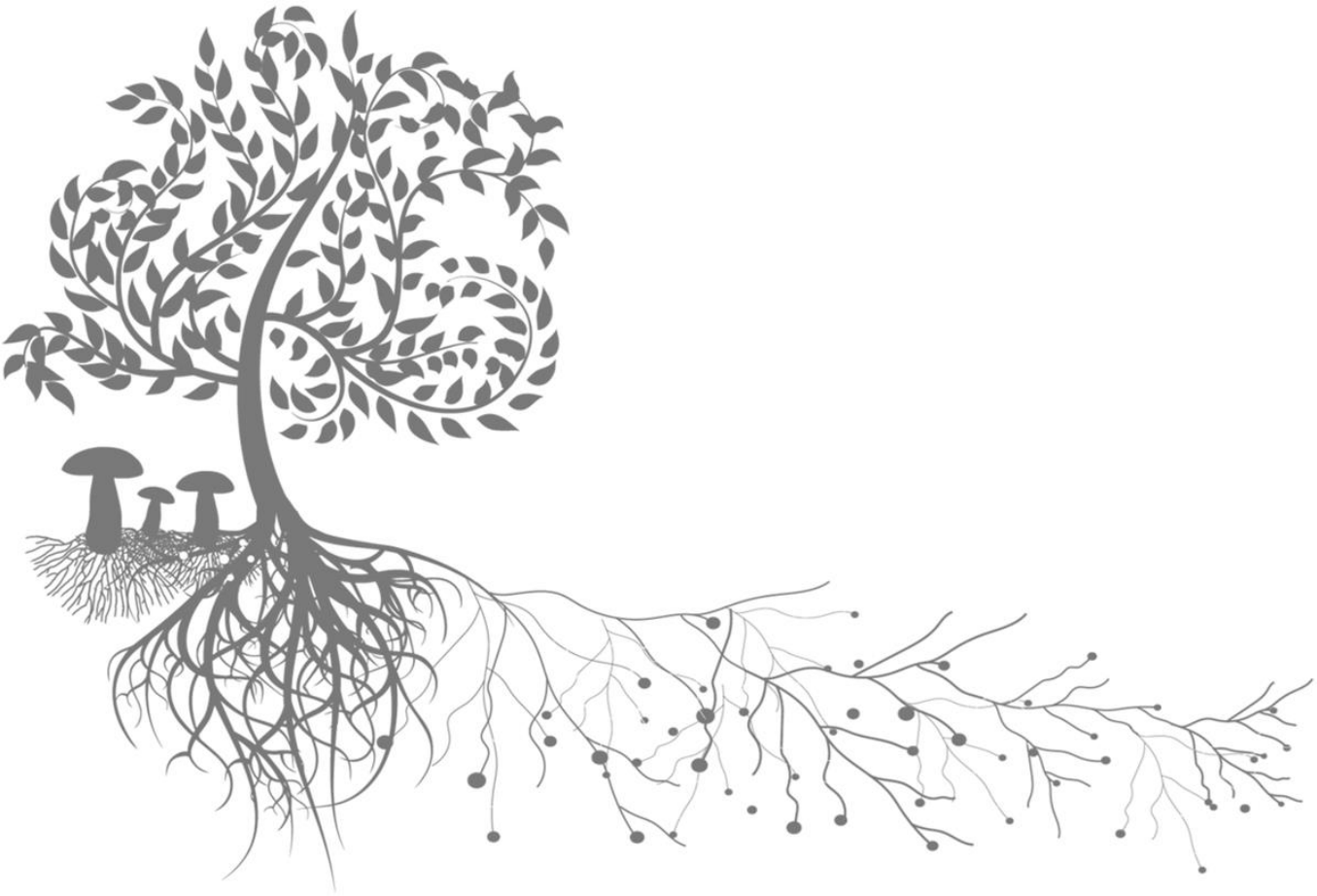
Le potentiel mycorhizogène du sol indigène étudié par la méthode du nombre le plus probable a été de 1000 pour le site de Tahdart, 205 pour le site de Malabata et 144 pour le site de Achkar.

Dans une dernière partie, la mycorhization et la croissance de *Lotus creticus* ont été évaluées après inoculation mycorhizienne (CMA indigènes) des plantes. Sur le sol stérilisé, les résultats de l'infection mycorhizienne par CMA indigène sont significativement élevés en comparaison avec le témoin négatif.

Ces résultats offrent des opportunités pour l'application de la mycorhization controlée de ce fourrage par la production des inoculums performants.

Mots clés : Maroc, champignons mycorhiziens arbusculaires, *Lotus creticus*

Liste des participants



NOM	Prénom	Organisme	E-mail
ABDOU	Maman Manssour	Université de Tillabéri	amsour@hotmail.fr
AIT LAHMIDI	Nassima	INRA	nassima.aitlahmidi@gmail.com
AKUAVI DELALI	Agbo	Reseau des jeunes pour l'environnement	abonisdo@yahoo.fr
ALAUX	Pierre-Louis	Université catholique de Louvain-La-Neuve	pierre-louis.alaux@uclouvain.be
ALFEDDY	Mohamed Najib	INRA Maroc	alfeddynajib@yahoo.fr
ALLARIO	Thierry	Université du Littoral Côte d'Opale	thierry.allario@univ-littoral.fr
AMIEL	Pauline	Sumitomo Chem Agro	pauline.amiel@sumitomo-chem.fr
ANDRIANANDRASANA	Martial Doret	Centre National de Recherches sur l'Environnement	martialdoreta@yahoo.fr
ARAKRAK	Abdelhay	Université Abdelmalek Essâadi	arakrak_abdelhay@yahoo.fr
ASLAN ATTAR	Hesham	National Research Centre	hamzahesham@hotmail.com
AYADI	Sawsen	Institut National Agronomique de Tunisie	sawsen.ayadi@gmail.com
AZEDDOUG	Houssine	Université Hassan II	azeddoug@yahoo.fr
BACH	Cyrille	Université de Lorraine	cyrille.bach@inra.fr
BAHOUQ	Madiha	Université Ibn Tofail	m.bahouq@gmail.com
BEDDIAR	Arifa	Université Badji Mokhtar	fragbed@yahoo.fr
BELECHHEB	Taoufik	Université Abdelmalek Assaadi Fst	taoufik.belechheb@gmail.com
BELKOURI	Abdelatif	Université Hassan 2	abelkouri@gmail.com
BEN LAOUANE	Raja	Faculté Des Sciences Semlalia Marrakech	benlaouaneraja@yahoo.fr
BEN ZINEB	Ameni	Centre De Biotechnologie de Borj-Cedria	ameni.benzineb@cbbc.rnrt.tn
BENCHERIF	Karima	Université De Djelfa	bencherif_karima@yahoo.fr
BENHIBA	Laila	Université Cadi Ayyad	lbenhiba.doc@gmail.com
BLAUDEZ	Damien	Université de Lorraine	damien.blaudez@univ-lorraine.fr
BONNEAU	Laurent	INRA	laurent.bonneau@inra.fr
BOUAMRI	Rachid	Ecole Nationale d'agriculture de Meknés	rbouamri@enameknes.ac.ma
BOUCHIBA	Zoulikha	Université d'Oran 1 Ahmed Benbella	zoulikhabouchiba@gmail.com
BOUDABBOUS	Khaoula	Institut National Agronomique de Tunisie	khaoula_boudabbous@yahoo.fr
BOUDIAF NAIT KACI	Malika	Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou	boudiafmalika@yahoo.fr
BOUSKOUT	Mohammed	Université Cadi Ayyad Marrakech Maroc	mohammedbous91@gmail.com
BOUSSAGEON	Raphael	Inra Dijon	raphael.boussageon@sfr.fr
BOUTET	Anne-Charlotte	Université du Littoral Côte d'Opale	anne-charlotte.boutet@agro-bordeaux.fr
BRAUD	Armelle	Florentaise	armelle.braud@florentaise.com
BRESCIA	Tony	LHOIST	tony.brescia@lhoist.com
BUEE	Marc	INRA	marc.buee@inra.fr
BULTEEL	Michel	LHOIST	michel.bulteel@lhoist.com
CALONNE	Maryline	Université Catholique de Louvain-la-Neuve	maryline.calonne@uclouvain.be
CARTERON	Alexis	Université de Montréal	alexis.carteron@umontreal.ca
CHAHBOUB	Hamida	Institut National Des Recherches Forestières	chahboubhamida@yahoo.fr
CHALOT	Michel	Laboratoire Chrono-Environnement	michel.chalot@univ-fcomte.fr
CHANGEY	Frédérique	IEES	frederique.changey@gmail.com
CHEKKAL	Raghda	Université Badji Mokhtar	rchekkal@yahoo.com
CIADAMIDARO	Lisa	Université de Franche-Comté	lisa.ciadamidaro@univ-fcomte.fr
COSME	Marco	Université Catholique de Louvain-La-Neuve	marco.rebecacosme@uclouvain.be
COURTY	Pierre-Emmanuel	INRA – UMR Agroécologie	pierre-emmanuel.courty@inra.fr
DAFRI	Ahlem	Université Badji Mokhtar	dafria23@gmail.com
DECLERCK	Stéphane	Université Catholique de Louvain-La-Neuve	stephan.declerck@uclouvain.be
DEGLENE-BENBRAHIM	Laurence	Université de Haute Alsace	laurence.deglene-benbrahim@uha.fr

DERKAOUI	Nouria	Université Ahmed Ben Bella d'Oran 1	nouria64@live.fr
DOIDY	Joan	Université de Poitiers	joan.doidy@univ-poitiers.fr
DUBREUCQ	Clément	Consultant écologue	clement.dubreucq@hotmail.fr
DUCOUSSO	Marc	CIRAD-LSTM	marc.ducousso@cirad.fr
DUPONNOIS	Robin	IRD	Robin.Duponnois@ird.fr
DUPRE DE BOULOIS	Herve	DCM	hddb@dcm-info.com
ECHAIRI	Abdel	Welience Agro-Environnement	abdelwahad.echairi@welience.com
ELHADJI SEYBOU	Djibo	Université Abdou Moumouni	djibel@hotmail.fr
ELMADANI	Naima	Université Cadi Ayyad	maxweber365@gmail.com
ESSAHIBI	Abdellatif	Université Cadi Ayyad	abdellatif.essahibi@gmail.com
EVENAAR	Judith	Wageningen Truffle Center	info@truffelgaard.nl
EVIN	Yves-Olivier	Les saprophytes	yves-olivier@les-saprophytes.org
FACON	Natacha	Université du Littoral Côte d'Opale	Natacha.facon@univ-littoral.fr
FAKHECH	Abdessamad	Université Cadi Ayyad	abdessamad.fakhech@edu.uca.ma
FELTEN	Judith	University of Agricultural Sciences	judith.felten@slu.se
FIRMIN	Stéphane	Unilasalle	stephane.firmin@unilasalle.fr
FONTAINE	Joël	Université du Littoral Côte d'Opale	joel.fontaine@univ-littoral.fr
FOURQUEZ	Alice	Université du Littoral Côte d'Opale	Alice.Fourquez@univ-littoral.fr
GANOUDI	Matike	INRA	ganoudi@gmail.com
GRANDMOUGIN	Anne	Université du Littoral Côte d'Opale	grand@univ-littoral.fr
GRIGNET	Arnaud	Université du Littoral Côte d'Opale	arnaud.grignet@ineris.fr
GUECHI	Sarra	Centre Pierre et Marie Curie	sarraguechi1@gmail.com
HADJ-YOUCEF TAIBI	Hassiba	Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou	htaibi@hotmail.fr
HAIMET	Marie Line	MYCAGRO LAB	marieline.haimet@mycagrolab.com
HAMEL	Tarek	Université de Badji Mokhtar	tarek_hamel@yahoo.fr
HAMZA	Nabila	Université de Badji-Mokhtar	hamzanabila007@gmail.com
HARKOUSSE	Oumaima	Faculté des Sciences El Jadida	harkousse.oumaima@hotmail.fr
HIJRI	Mohamed	Université de Montréal	Mohamed.Hijri@umontreal.ca
ISAMBERT	Pascal	Team²	p.isambert@team2.fr
JADRANE	Issam	INRA, Marrakech	issam0j@gmail.com
JERBI	Maroua	Institut National Agronomique de Tunisie	marouajerbi90@gmail.com
JUGE	Christine	Chercheure Indépendante	christinejd.juge@gmail.com
KADI-BENNANE	Saliha	Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou	kadilynda@yahoo.fr
KHABAR	Lahsen	Université Mohammed V	l.khabar@yahoo.fr
KHASSALI	Hamza	Université Cadi Ayyad	hamza.khassali@gmail.com
LABIDI	Sonia	Institut National Agronomique de Tunisie	soniainat2002@yahoo.fr
LALAYMIA	Ismahen	Université Catholique de Louvain-la-Neuve	ismahen.lalaymia@uclouvain.be
LAPADATESCU	Carmen	Premier Tech	lapc2@premiertech.com
LARUELLE	Frédéric	Université du Littoral Côte d'Opale	frederic.laruelle@univ-littoral.fr
LEFEBVRE	Benoit	INRA	benoit.lefebvre@inra.fr
LEGAS	Aline	Université du Littoral Côte d'Opale	alinelegat@outlook.fr
LIMANE	Abdelkrim	Université Mouloud Mammeri	kareeml790@gmail.com
LOUNES - HADJ SAHRAOUI	Anissa	Université du Littoral Côte d'Opale	lounes@univ-littoral.fr
LOVATO	Paulo E.	Universidade Federal de Santa Catarina	paulo.lovato@ufsc.br
MAGNIN-ROBERT	Maryline	Université du Littoral Côte d'Opale	maryline.magnin-robert@univ-littoral.fr
MALARD	David	Premier Tech Agriculture	mald2@premiertech.com
MECHIAH	Fahima	Université Mouloud Mammeri	Mechiahfahima@hotmail.fr
MEDDAD HAMZA	Amel	Université de Badji Mokhtar	amel_meddad@yahoo.frl
MEGLOULI	Hacène	Université du Littoral Côte d'Opale	hacene.meglouli@univ-littoral.fr
MEKAHLIA	Mohamed Nacer	Université Larbi Tebessi	mekahlia79@yahoo.fr

MHAMDI	Ouafi	Ministère de l'agriculture-CRDA	mhamdi.wafi@yahoo.fr
MORELOS RODRIGUEZ	Victor Hugo	Université Catholique de Louvain-la-Neuve	Vitor.rodriguez@uclouvain.be
MORTIER	Emma	INRA	emma.mortier@inra.fr
M'SAOUAR	Rachid	FST Tanger	saramohammed2006@hotmail.com
NADJI	Ouassila	Université des Frères Mentouri Constantine 1	wassila.nadji@yahoo.fr
OUAHMANE	Lahcen	Université Ça Dit Ayyad	l.ouahmane@uca.ac.ma
QADDOURY	Ahmed	University Cadi Ayyad	qadahmed@gmail.com
RANDOUX	Béatrice	Université du Littoral Côte d'Opale	randoux@univ-littoral.fr
RAOUANI	Nour El Houda	Université du Littoral Côte d'Opale	nour-el-houda.raouani@univ-littoral.fr
RAVEAU	Robin	Université du Littoral Côte d'Opale	robin.raveau@univ-littoral.fr
REDECKER	Dirk	Université de Bourgogne	dirk.redecker@inra.fr
ROUX	Christophe	Université Paul Sabatier	roux@lrsv.ups-tlse.fr
ROY	Mélanie	Université Paul Sabatier	melanie.roy@univ-tlse3.fr
ROY	Sébastien	Agronutrition	s.roy@agro-nutrition.fr
SAMBA-MBAYE	Ramatoulaye T.	Université de Dakar	ramasamba@yahoo.fr
SEBBANE	Mahieddine	Université Ferhat Abbas Sétif 1	sebane07@yahoo.fr
SIDHOUM	Warda	Université de Mostaganem Abdel Hamid Ibn Badis	sidhoumwarda@yahoo.fr
SIMON	Morvan	Université de Montréal	simon.morvan@umontreal.ca
SLIMANI	Afafe	Faculté des Sciences, El Jadida	Slimani.afaf.iaa@gmail.com
STEFANI	Franck	Agriculture et Agroalimentaire Canada	franck.stefani@canada.ca
TABTI HAMZA	Nabila	Université de Badji Mokhtar	hamzanabila007@gmail.com
TARDIF	Antoine	Université Picardie Jules Verne	antoine.tardif@usherbrooke.ca
TISSERANT	Benoit	Université du Littoral Côte d'Opale	tisseran@univ-littoral.fr
TISSEYRE	Pierre	IRD/CIRAD	pierre.tisseyre@ird.fr
TODESCO	Flora	INRA	flora.todesco@hotmail.fr
TOURNIER	Estelle	CIRAD	estelle.tournier@cirad.fr
TRAGIN	Maud	AREXHOR Pays de La Loire	m.tragin@arexhor-pl.fr
TREPANIER	Martin	Premier Tech	trem5@premiertech.com
VALAT	Laure	Université de Haute Alsace	laure.valat@uha.fr
VERDIN	Anthony	Université du Littoral Côte d'Opale	Anthony.Verdin@univ-littoral.fr
VELHO	Aline	Université du Littoral Côte d'Opale	alinecristinav@gmail.com
WIPF	Daniel	Université de Bourgogne	daniel.wipf@inra.fr
YACOUMAS	Agathe	Université du Littoral Côte d'Opale	agathe.yacoumas@gmail.com
ZAARAOUA	Meriem	Université Cadi Ayyad	Zaaraoua.m@gmail.com
ZAHID	Abderrakib	Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II	abderrakib.zahid@gmail.com
ZARIK	Lamia	Faculté Sciences Semlalia Marrakech	lamia.zarik@gmail.com
ZERBIB	Jérémie	INRA	jeremie.zerbib@inra.fr
ZIANE	Hana	Université Badji Mokhtar	hana.ziane@hotmail.fr