



Controlling Hormonal Balance in mutualistic Interaction between trees and fungi

Responsable scientifique : Claire VENEULT-FOURREY, UMR 1136 Interactions Arbres-Microorganismes

Collaborations : Dr Jerry Tuskan and Dr Jessy Labbé, Oak-Ridge National Laboratory, US-DOE; Dr Francis Martin and Dr Annegret Kohler, UMR 1136, Tree-microorganism Interactions

Contexte —

La symbiose ectomycorhizienne s'établit entre les racines des arbres et les hyphes de champignon du sol. Elle est essentielle à la santé des arbres et donc à la durabilité de la forêt. Ces interactions peuvent être bénéfiques pour la productivité et la performance des arbres, par exemple en influençant l'absorption/l'allocation des nutriments et l'immunité des arbres. Comme le développement, la croissance et l'immunité sont des processus contrôlés par les hormones végétales, nous proposons de tester si les champignons symbiotiques sont capables de contrôler l'équilibre hormonal des arbres pour le développement de l'ectomycorhize. Le champignon ectomycorhizien *Laccaria bicolor* sécrète un effecteur symbiotique MiSSP7 qui interagit avec le co-récepteur de l'acide jasmonique (AJ) PtJAZ6. Cette interaction inhibe une partie de la voie de signalisation dépendante de l'AJ, mettant en avant un rôle important de l'AJ dans le développement de l'ectomycorhize. Des analyses antérieures de génomique et transcriptomique ont mis en exergue l'existence de centaines d'effecteurs putatifs sécrétés par les champignons sous la forme de petites protéines et dont l'expression est induite par la symbiose, les MiSSPs. Ceci nous conduit à poser l'hypothèse que certaines de ces MiSSPs pourraient contrôler l'immunité, la physiologie et le développement des cellules racinaires colonisées.

Objectifs —

L'objectif fondamental de ce projet est de comprendre comment les champignons ectomycorhiziens contrôlent les voies de signalisation dépendantes des hormones végétales pour mettre en place des ectomycorhizes fonctionnelles. Plus spécifiquement, nous proposons de répondre aux questions suivantes : (i) Comment la voie de signalisation dépendante de l'AJ est-elle contrôlée par le champignon ectomycorhizien *Laccaria bicolor* ? Quel rôle joue l'effecteur symbiotique MiSSP7 ? (ii) *Laccaria bicolor* contrôle-t-il d'autres voies de signalisation hormonale ? Si oui, lesquelles ?

Démarche —

Nous proposons d'abord de déchiffrer comment le champignon ectomycorhizien *L. bicolor*, via son effecteur MiSSP7, supprime la voie de signalisation déclenchée par l'acide jasmonique en combinant des approches d'interaction protéine-protéine et des approches de phénotypage de plantes transgéniques. Nous proposons d'établir le profil hormonal des racines mycorhizées, d'identifier les gènes de réponse dans les racines de peuplier pour chacune des hormones végétales

impliquées dans l'immunité et/ou le développement (acide jasmonique AJ, acide salicylique AS, acide gibbérellique AG) et d'étudier leur impact sur la mycorhization.

Résultats marquants —

- Des peupliers transgéniques sur-exprimant ou sous-exprimant des facteurs de transcription PtMYC2 ou PtJAM1 ont été obtenus.
- Les concentrations d'acide salicylique (AS), d'acide jasmonique (AJ) et d'acide gibbérellique (AG) sont modifiées dans les racines mycorhizées en comparaison aux racines témoin non colonisées. La concentration en AJ est diminuée, alors que celle en AS augmente comme le ratio des formes bioactives de gibbérellines (GA_6/GA_4).
- Des traitements exogènes de phytohormones impactent le transcriptome et le phénotype des racines de peuplier et des ectomycorhizes mais pas du mycélium.

Principales conclusions incluant des points-clés de discussion —

- (i) La variation des concentrations d'hormones dans les ECMs suggère des modifications des voies de biosynthèse et de signalisation des phytohormones AS, AJ et AG au cours du développement de l'ECM.
- (ii) L'activation des voies de signalisation médiées par AJ et par AS empêchent la formation des réseaux de Hartig, alors que celles médiées par AG et ET induisent un délai dans la formation d'ectomycorhizes fonctionnelles.
- (iii) Les phytohormones responsables du compromis défense-croissance régulent le développement de l'ectomycorhize.

Perspectives —

Au cours de cette deuxième année du projet, l'étudiante en thèse embauchée par ce projet (Veronica Basso) a analysé les résultats obtenus sur le profil hormonal des racines mycorhizées et les données d'expression (RNAseq) pour les racines colonisées ou non sous différents traitements hormonaux. Un article est en cours d'écriture sur ce projet. Elle a également obtenue des lignées transgéniques de peuplier et leurs phénotypes est en cours. Mme Basso a également rédigé une revue de synthèse sur le rôle de l'acide jasmonique dans les interactions mutualistes.

Valorisation

Publications

Chapitre d'ouvrage accepté:

(i) Basso V, Veneault-Fourrey C. Review : Jasmonic acid in plant-mutualistic microorganisms interactions. Special issue of the Methods in Molecular Biology series (published by Springer Nature) on *Jasmonate in Plant Biology* (éditeurs: Dr Laurent Laplaze et Dr Antony Champion (IRD, Montpellier)

En préparation :

(i) Basso V, Daguerre Y, Wittulski S, Schellenberger R, Meyer L, Bailly J, Kohler A, Plett JM, Martin F, Veneault-Fourrey C. Deciphering the protein complex containing the poplar PtJAZ6, target of the symbiotic effector MiSSP7 of *Laccaria bicolor*. Soumission prévue décembre 2018.

(ii) Veronica Basso, Annegret Kohler, Shingo Miyauchi, Vasanth Singan, Kerrie W Barry, Igor Grigoriev, Ondrej Novack, Frédéric Guinet, Johann Daguerre, Francis Martin, Claire Veneault-Fourrey. The crosstalk between defense and development phytohormones regulates the ectomycorrhizal symbiosis between *Laccaria bicolor* and *Populus trichocarpa*. Soumission prévue janvier 2019.

Présentation lors de conférences

Séminaires invités

(i) Congrès National Société Française de Microbiologie. Paris, France. New insights on the biology of ectomycorrhiza by studying fungal symbiotic effectors. C. Veneault-Fourrey.

(ii) INUPRAG 2018 Symposium. Barcelone, Espagne. Controlling phytohormone-signalling in mutualistic interaction between *Populus* tree and the fungus *Laccaria bicolor*. C. Veneault-Fourrey

Communications orales

(i) V Basso, Y Daguerre, R Schellenberger, S Wittulsky, A Kohler, F Martin, C Veneault-Fourrey. Fungal manipulation of JA signaling in ECM symbiosis. 41st New Phytologist Symposium « Plant sciences for the future » 11-13th April 2018. Nancy, France.

(ii) V Basso, Y Daguerre, R Schellenberger, S Wittulsky, A Kohler, F Martin, C Veneault-Fourrey. Fungal manipulation of jasmonate signaling in *Laccaria*-*Populus* ectomycorrhizal symbiosis. XIIe rencontres de phytopathologie/mycologie 2018-15-19th January 2018, Aussois, France

Posters

(i) V Basso, A Kohler, V Singan, KW Barry, I Grigoriev, O Novack, F Guinet, F Martin and C Veneault-Fourrey. Transcriptomic effect of phytohormone treatment on *Populus*-*Laccaria* ectomycorrhiza. INUPRAG 2018 Symposium

(Barcelona, Spain ,4-6th June 2018)

(ii) V Basso, Y Daguerre, R Schellenberger, S Wittulsky, A Kohler, F Martin and C Veneault-Fourrey. Fungal manipulation of plant jasmonate signaling in Populus-Laccaria bicolor ectomycorrhizal symbiosis. 41st New Phytologist Symposium « Plant sciences for the future » (Nancy, France, 11-13th April 2018)

(iii) V Basso, A Kohler, V Singan, KW Barry, I Grigoriev, O Novack, F Guinet, F Martin and C Veneault-Fourrey. Transcriptomic effect of phytohormone treatment on Populus-Laccaria ectomycorrhiza. 41st New Phytologist Symposium « Plant sciences for the future » (Nancy, France, 11-13th April 2018)