



Sujet de thèse de doctorat « FABULEU » :
FABa bean Use for beLoved pEa rescUe

Sensibilité différentielle des légumineuses à *Aphanomyces euteiches* :
Rôle des exsudats racinaires et du « Root extracellular trap (RET) » ?

Laboratoire d'accueil :

Laboratoire Glyco-MEV UR 4358, SFR Normandie Végétal FED 4277, Innovation Chimie Carnot, Université de Rouen Normandie, F-76000 Rouen

Direction de thèse :

Marie Laure Follet-Gueye (02 35 14 00 39 marie-laure.follet-gueye@univ-rouen.fr)
Maïté Vicré (02 35 14 67 68 maite.vicre@univ-rouen.fr)

Ecole doctorale :

Ecole doctorale Normande Biologie Intégrative, Santé, Environnement (ED NBISE)

Période : contrat doctoral de 36 mois débutant au 1^{er} octobre 2022

Financement : RIN doctorant 100% (région Normandie)

Pour candidater: envoyer un CV et une lettre de motivation par email aux deux directrices de thèse avant le vendredi 24 juin 2022.

Contexte et projet de thèse :

La pourriture racinaire du pois causée par l'oomycète *Aphanomyces euteiches* engendre des pertes majeures de rendement des cultures. A ce jour il n'existe aucun moyen de lutte efficace mise à part l'évaluation du potentiel infectieux des sols. Des études récentes indiquent que la féverole, légumineuse tolérante à *A. euteiches*, limite la colonisation de la racine de pois par ce pathogène durant les premiers stades de l'infection. Les objectifs de ce projet de thèse sont donc d'approfondir ces données en caractérisant les réponses racinaires de ces 2 plantes suite à l'infection par *A. euteiches*.

1- Effet de l'infection par *A. euteiches* et/ou d'un traitement par des stimulateurs de défense des plantes (SDP) sur l'exsudation racinaire du pois et de la féverole

Les exsudats racinaires jouent un rôle crucial dans la régulation de la composition de la microflore du sol (Sasse et al., 2018). Afin de compléter les données recueillies lors des travaux antérieurs, nous souhaitons réaliser une analyse métabolomique fine des exsudats racinaires par des approches RMN. Ces analyses métabolomiques seront envisagées sur les exsudats racinaires produits par des plantules de pois et de féverole infectées ou non par *A. euteiches*. L'impact de SDP, de type éliciteurs et ou potentialisateurs, sera également évalué.

2-Rôle des arabinogalactanes protéines (AGPs) dans le pathosystème pois-*A. euteiches* ?

Les AGPs sont des protéines de la famille des *High Rich Glyco-Proteins*, HRGPs qui présentent une structure glycannique complexe. Elles sont impliquées dans de nombreux

processus physiologiques en relation avec la croissance, le développement et la différenciation (Nguema-Ona et al., 2012). Elles sont présentes dans tous les types cellulaires où elles sont localisées essentiellement au niveau de la membrane plasmique et de la paroi cellulaire végétale. Elles sont également détectées dans les milieux extracellulaires et tout particulièrement dans les exsudats racinaires (Cannesan et al., 2012 ; Koroney et al., 2016 ; Carreras et al., 2020). L'implication des AGPs dans les interactions plante-microorganismes (pathogènes ou bénéfiques) est souvent décrite (Gaspar et al., 2004). Plusieurs travaux réalisés au laboratoire GlycoMEV, montrent également l'implication des AGPs dans les interactions plantes microorganismes telluriques (Vicré et al., 2005 ; Cannesan et al., 2011 ; 2012 ; Koroney et al., 2016). S'agissant du pathosystème Pois/*A. euteiches* des tests *in vitro* indiquent que les AGPs produites par des racines de pois, non infectées, favorisent l'enkystement de l'oomycète et inhibent sa germination, bloquant ainsi son cycle de développement (Cannesan et al., 2012). Alors que les teneurs en AGPs au sein des exsudats racinaires de pois sont fortement augmentées suite à l'infection, les exsudats racinaires issus de pois infectés ont un pouvoir attracteur fort sur les zoospores (Laloum et al., 2021). L'ensemble de ces données suggère que le rôle des AGPs lors de l'infection du pois par *A. euteiches* est important et complexe. Au cours de cette thèse, la quantification des AGPs au sein des exsudats racinaires de pois et de féverole sera réalisée en réponse à l'inoculation des racines par *A. euteiches*, et/ou à l'application de SDP (éliciteurs et ou potentialisateurs). Des analyses immunologiques seront également menées afin de suivre d'éventuelles modifications qualitatives des AGPs présentes au sein des exsudats. Dans le même temps des études immunocytochimiques ciblant l'apex racinaire, les cellules frontières et le root extracellular trap (RET, Driouich et al., 2013 ; 2019) seront réalisées sur des plantules de pois et de féverole soumises à ces différents traitements, et inoculées ou non par *A. euteiches*.

Bibliographie :

Cannesan et al. (2011) Ann Bot. 108(3):459-69 / Cannesan et al., (2012) Plant Physiol. 159(4):1658-70 / Carreras et al., (2020) Planta. 251(1):19 / Driouich et al., (2013) Curr. Opin. Plant Biol. 16, 489-495 / Driouich et al., (2019) Biol Rev, 94: 1685-1700 / Gaspar et al., (2004) Plant Physiol. 135 : 2162-71 / Koroney et al., (2016) Ann Bot 118:797-808. doi: 10.1093/aob/mcw128 / Laloum et al., (2021) Pl. Sci. doi.org/10.1016/j.plantsci.2021.111032 / Nguema-Ona et al., (2012) Ann. Bot. 110 : 383-404 / Sasse et al., (2018) Trends Plant. Sci, 23(1), 25-41 / Vicré et al., (2005) Plant Physiol. 138 : 998-1008.

Compétences requises par le candidat :

Le (la) candidat(e) devra être titulaire d'un diplôme de Master ou équivalent en biologie végétale, biochimie et/ou biologie cellulaire et moléculaire. De bonnes connaissances en physiologie végétale sont nécessaires et notamment des mécanismes de défense au niveau racinaire. Plus spécifiquement, une expérience dans l'infection racinaire par des oomycètes serait appréciée et/ou dans le domaine de l'analyse des glycomolécules pariétales. Le candidat devra être capable de s'investir dans l'expérimentation, le développement méthodologique, la communication scientifique et avoir une bonne maîtrise de la langue anglaise. Une expérience en laboratoire de sciences végétales est fortement recommandée.

Environnement scientifique et technique

Ce travail de thèse fait appel à une approche transdisciplinaire tant du point de vue des expertises scientifiques que des outils qui seront mis en oeuvre. Cette thèse repose sur les compétences du laboratoire Glyco-MEV (Université de Rouen). Le laboratoire Glyco-MEV est le seul laboratoire en France reconnu pour son expertise sur le rôle des cellules bordantes racinaires et des glycomolécules pariétales dans la protection des plantes (Vicré et al., 2005; Cannesan et al., 2011; Driouich et al., 2013 ; Koroney et al., 2016 ; Carreras et al., 2019). Des approches biochimiques, d'imagerie cellulaire végétale et de biologie moléculaire dédiées à l'étude de la défense des plantes sont disponibles au sein du laboratoire et des plateformes à

disposition (HeRacLeS PRIMACEN-PISSARO). Le projet bénéficie d'une étroite collaboration avec le laboratoire Cobra de l'université de Rouen pour l'analyse métabolomique des exsudats racinaires en RMN (Dr Laure Guilhaudis).

Publications récentes:

- Abdoul Salam Koroney, Carole Plasson, Barbara Pawlak, Ramatou Sidikou, Azeddine Driouich, Laurence Menu-Bouaouiche, Maïté Vicré-Gibouin (2016) Root exudate of *Solanum tuberosum* is enriched in galactose-containing molecules and impacts the growth of *Pectobacterium atrosepticum*. *Annals of Botany*, 118, 797-808.
- Maxime Gotté, Magalie Bénard, Marie-Christine Kiefer-Meyer, Rim Jaber, John P. Moore, Maïté Vicré-Gibouin, Azeddine Driouich (2016) Endoplasmic reticulum body-related gene expression in different root zones of *Arabidopsis* isolated by Laser Assisted Microdissection. *The Plant Genome*, doi:10.3835/plantgenome2015.08.0076.
- Abderrakib Zahid, Julie Després, Magalie Bénard, Eric Nguema-Ona, Jérôme Leprince, David Vaudry, Christophe Rihouey, Maïté Vicré-Gibouin, Azeddine Driouich, Marie-Laure Follet-Gueye (2017) Arabinogalactan Proteins from Baobab and Acacia Seeds Influence Innate Immunity of Human Keratinocytes *in vitro*. *Journal of cellular Physiology*. 232 (9), 2558-2568.
- Abderrakib Zahid, Rim Jaber, Ferdousse Laggoun, Arnaud Lehner, Isabelle Remy-Jouet, Olivier Pamard, Sandra Beaupierre, Jérôme Leprince, Marie-Laure Follet-Gueye, Maïté Vicré-Gibouin, Xavier Latour, Vincent Richard, Catherine Guillou, Patrice Lerouge, Azeddine Driouich, Jean-Claude Mollet (2017) Holophyllamine, a steroid, is able to induce defense responses in *Arabidopsis thaliana* and increases resistance against bacterial infection. *Planta*, 6, 1109-1124.
- Romain Castilleux, Barbara Plancot, Marc Ropitiaux, Alexis Carreras, Jérôme Leprince, Isabelle Boulogne, Marie-Laure Follet-Gueye, Zoé Popper, Azeddine Driouich, Maïté Vicré (2018) Cell wall Extensins in Root-microbe Interactions and Root Secretions. *Journal of Experimental Botany*, 14, 4235-4247.
- Coralie Chuberre, Barbara Plancot, Azeddine Driouich, John P. Moore, Muriel Bardor, Bruno Gügi, Maïté Vicré (2018) Plant Immunity is compartmentalized and specialized in roots. *Frontiers in Plant Science*, 9, 1692.
- Youssef Manasfi, Marc-Antoine Cannesan, Wassila Riah, Mélanie Bressan, Karine Laval, Azeddine Driouich, Maïté Vicré, Isabelle Trinsoutrot-Gattin (2018) Potential of combined biological control agents to cope with *Phytophthora parasitica*, a major pathogen of *Choisya ternate*. *European Journal of Plant Pathology*, 152, 1011-1025.
- Yathisha Neeragunda Shivaraj, Barbara Plancot, Bruno Gügi, Maïté Vicré, Azeddine Driouich, Sharatchandra Ramasandra Govind, Akash Devaraja, Yogendra Kambalagere (2018). Perspectives on Structural, Physiological, Cellular, and Molecular Responses to Desiccation in Resurrection Plants. *Scientifica*, doi 10.1155/2018/9464592.
- Azeddine Driouich, Catherine Smith, Marc Ropitiaux, Marie Chambard, Isabelle Boulogne, Sophie Bernard, Maïté Vicré, John P. Moore (2019) Root extracellular traps versus neutrophil extracellular traps in host defence, a case of functional convergence? *Biological Reviews*, 94, 1685-1700.
- Marc Ropitiaux, Sophie Bernard, Marie-Laure Follet-Gueye, Maïté Vicré, Isabelle Boulogne, Azeddine Driouich (2019) Xyloglucan and cellulose form molecular cross-bridges connecting root border cells in pea (*Pisum sativum*). *Plant Physiology and Biochemistry*, 139, 191-196.
- Dorian Bergeau, Sylvie Mazurier, Corinne Barbey, Annabelle Merieau, Andrea Chane, Didier Goux, Sophie Bernard, Azeddine Driouich, Philippe Lemanceau, Maïté Vicré, Xavier Latour (2019) Unusual extracellular appendages deployed by the model strain *Pseudomonas fluorescens* C7R12. *PLoS ONE*, 14, e0221025.
- Alexis Carreras, Sophie Bernard, Gaëlle Durambur, Bruno Gügi, Corinne Loutelier, Barbara Pawlak, Isabelle Boulogne, Maïté Vicré, Azeddine Driouich, Deborah Goffner, Marie-Laure Follet-Gueye (2020) In vitro characterization of root extracellular trap and exudates of three Sahelian woody plant species. *Planta* 251, 19 doi.org/10.1007/s00425-019-03302-3.
- Ropitiaux M, Bernard S, Schapman D, Follet-Gueye ML, Vicré M, Boulogne I, Driouich A (2020). Root border cells and mucilage secretions of soybean, *Glycine Max* (Merr) L.: characterization and role in interactions with the oomycete *Phytophthora parasitica*. *Cells*. 2020 Sep 30;9(10):2215. doi: 10.3390/cells9102215.

- Jaber R, Planchon A, Mathieu-Rivet E, Kiefer-Meyer MC, Zahid A, Plasson C, Pamlard O, Beaupierre S, Trouvé JP, Guillou C, Driouich A, Jean-Claude Mollet*, Follet-Gueye ML*(2020). Identification of two compounds able to improve flax resistance towards *Fusarium oxysporum* infection. Plant Sci. 2020 Dec;301:110690. doi: 10.1016/j.plantsci.2020.110690. (* : co derniers auteurs).
- Chambard M. Plasson C., Derambure C., Coutant S., Tournier I., Lefranc B., Leprince J., Kiefer-Meyer MC., Driouich A., Follet-Gueye ML., Boulogne I. (2021) New Insights into Plant Extracellular DNA. A Study in Soybean Root Extracellular Trap. Cells, 10, 69.
- Laloum Y., Gangneux C., Gügi G., Lanoue A., Munsch T., Blum A., Gauthier A., Trinsoutrot-Gattin I., Boulogne I., Viché M., Driouich A., Laval K., Follet-Gueye ML (2021). Faba bean root exudates alter pea root colonization by the oomycete *Aphanomyces euteiches* at early stages of infection. Plant Science 312 (2021) 111032.