



Proposition de stage de Master 2023

Modélisation de l'effet de la lumière sur la ramification : formalisation et analyse de sensibilité pour la comparaison d'hypothèses de fonctionnement.

Laboratoire d'accueil : Unité de recherche AGAP, CIRAD Montpellier

Ou Institut de Recherche en Horticulture et Semences, INRAE Angers

Contexte

Aujourd'hui, la science doit trouver de nouvelles solutions pour augmenter la tolérance des plantes cultivées aux stress environnementaux. Pour cela, une meilleure compréhension des mécanismes sous-jacents à l'édification des plantes et leur contrôle par l'environnement est nécessaire. Notamment, les bourgeons formés à l'aisselle des feuilles restent dormants ou s'activent selon l'environnement donnant naissance à de nouveaux axes [1]. Ce processus a des conséquences importantes sur divers aspects des performances agronomiques des plantes (par exemple, la qualité visuelle des plantes ornementales, le rendement des plantes utilisées pour l'alimentation). Néanmoins, les mécanismes par lesquels l'environnement régule le débourrement ont été peu étudiés [2]. Dans l'équipe, des résultats expérimentaux sur le rosier nous conduisent à émettre une hypothèse quant aux mécanismes par lesquels l'intensité lumineuse contrôle le débourrement. Cette hypothèse implique une interaction entre une classe d'hormones, les cytokinines (CK), et la disponibilité en sucre, deux régulateurs contrôlés par la lumière [3,4].

Pour l'évaluation de notre hypothèse, nous souhaitons la modéliser et confronter les comportements de la plante simulés aux comportements observés. Cela implique de modéliser les flux de carbone au sein de la structure de la plante et leur interaction avec les hormones. Or, aujourd'hui, les modèles de flux de carbone utilisés dans la littérature ne reproduisent que très partiellement les mécanismes physiologiques décrits par la théorie de Münch. Des premiers modèles permettent de résoudre ces flux sur des structures topologiquement très simples [5,6]. Des travaux récents montrent la possibilité d'une résolution sur des structures plus complexes [7].

Objectifs généraux du stage / Résultats attendus :

L'objectif du stage est **de développer un modèle de réponse du débourrement à la lumière, intégrant les flux de carbone selon la théorie de Münch et leur interaction avec les CK**. Lors d'un précédent travail, une première version simplifiée du modèle a été développée pour une structure simple de plante. Lors du stage, l'étudiant étendra ce modèle pour une structure plus complexe et pour intégrer notre hypothèse sur l'interaction sucre-CK; Il explorera également le comportement du modèle par la mise en place d'une analyse de sensibilité, et confrontera les simulations à des données expérimentales pour tester notre hypothèse.

Étapes principales du stage :

- Implémentation du modèle :
 - Étendre le modèle développé pour une structure simple de plante (pools d'organes représentés) à une structure plus complexe (organes individualisés)
 - Introduire l'hypothèse d'interaction Sucre-Cytokinine
 - Ajuster les paramètres par optimisation à partir d'un jeu de données mesurées
- Exploration du modèle et évaluation:
 - Faire une analyse de sensibilité des paramètres du modèle

- Évaluer la capacité du modèle à simuler les comportements de plante observés sous une gamme de traitements expérimentaux. Les données sont déjà disponibles. Selon l'avancement, une 2^e phase pourra être envisagée au cours de laquelle d'autres hypothèses pourraient être testées.
- Intégrer le modèle à la plateforme en ligne [MorphoNet](#) pour le rendre accessible à la communauté des modélisateurs biologistes.

Profil souhaité :

Ce stage peut convenir à des étudiant(e)s provenant d'une école en modélisation mathématique, en informatique ayant un attrait pour la biologie, et la modélisation de systèmes biologiques. Une capacité rédactionnelle et un goût pour le travail en équipe à l'interface entre plusieurs disciplines (maths, info, écophysiologie) seront nécessaires.

Information pratiques:

La durée du stage sera de 6 mois, avec possibilité de télétravailler.

Le/la stagiaire sera accueilli.e dans les locaux du CIRAD Lavalette, avenue Agropolis, au sein de l'UMR AGAP à Montpellier/ OU de l'IRHS au 42 rue Georges Morel à Beaucazoué.

La rémunération selon barème légal des stages sera de 600€ mensuel, avec accès à la restauration collective le midi (hors situation de télétravail).

Encadrements :

Frédéric Boudon, CIRAD, Équipe Phénomén, UMR AGAP, Montpellier
 Jessica Bertheloot, INRAE, Equipe STRAGENE, UMR IRHS, Angers
 Christophe Godin, Inria, Équipe MOSAIC, ENS Lyon.

Les candidatures (CV et lettre de motivation) sont à adresser avant le 1er décembre à

frederic.boudon@cirad.fr et jessica.bertheloot@inrae.fr

Références :

- [1] Rameau, C., Bertheloot, J., Leduc, N., Andrieu, B., Foucher, F., & Sakr, S. (2015). Multiple pathways regulate shoot branching. *Frontiers in plant science*, 5.
- [2] Schneider A., Godin C., Boudon F., Demotes-Mainard S., Sakr S., Bertheloot J. (2019). Light Regulation of Axillary Bud Outgrowth Along Plant Axes: An Overview of the Roles of Sugars and Hormones. *Frontiers in Plant Science*, 10, 1-17.
- [3] Roman, H., Girault, T., Barbier, F., Péron, T., Brouard, N., Pencik, A., et al. (2016). Cytokinins are initial targets of light in the control of bud outgrowth. *Plant Physiology*, 172, 489-509.
- [4] Corot A., Roman H., Douillet O., Autret H., Perez-Garcia M. D., Citerne S., Bertheloot J., Sakr S., Leduc N., Demotes-Mainard S. (2017). Cytokinins and abscisic acid act antagonistically in the regulation of the bud outgrowth pattern by light intensity. *Frontiers in Plant Science*, 8, 1-16.
- [5] Bancal, P., & Soltani, F. (2002). Source-sink partitioning. Do we need Munch? *Journal of Experimental Botany*, 53(376), 1919-1928.
- [6] Minchin, P. E. H., Thorpe, M. R., & Farrar, J. F. (1993). A SIMPLE MECHANISTIC MODEL OF PHLOEM TRANSPORT WHICH EXPLAINS SINK PRIORITY. *Journal of Experimental Botany*, 44(262), 947-955.
- [7] Lacoïnte, A., & Minchin, P. E. H. (2019). A Mechanistic Model to Predict Distribution of Carbon Among Multiple Sinks. In J. Liesche (Ed.), *Phloem: Methods and Protocols* (Vol. 2014, pp. 371-386).