

## **Modélisation du système manguier-cécidomyie des fleurs et évaluation de modes de gestion du ravageur et de ses dégâts par expérimentations virtuelles**

**Lieu** : Île de La Réunion et Montpellier

**Durée et période** : 6 mois (3 mois à La Réunion et 3 mois à Montpellier), début de stage entre février et avril 2019

**Mots clés** : Analyse de sensibilité, Dynamique de populations, FSPM, *Mangifera indica*, Paillage du sol, Phénologie, *Procontarinia mangiferae*

### **1 Structure d'accueil**

Le Cirad, Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, est un organisme scientifique spécialisé en agriculture dans les régions tropicales et subtropicales. Il a pour mission de contribuer au développement rural des pays chauds par des recherches, des réalisations expérimentales, la formation et l'information scientifique et technique. Le stage se déroulera au sein de l'unité de recherche HortSys (Cirad-Persyst) à La Réunion et de l'unité mixte de recherche AGAP (Cirad-Bios) à Montpellier. Il s'inscrit dans le cadre du Dispositif de Programmation en Partenariat COSAQ et du projet Ecoverger (<http://cosaq.cirad.fr/>).

### **2 Contexte de l'étude**

La production de mangues, cinquième production fruitière au rang mondial, est confrontée à plusieurs contraintes. La production est irrégulière d'une année sur l'autre avec une forte hétérogénéité de la qualité. Le manguier présente par ailleurs de forts asynchronismes phénologiques inter- et intra-arbre qui contribuent à cette hétérogénéité et conduisent à un étalement dans le temps de la présence d'organes sensibles à des ravageurs tels que les cécidomyies des fleurs, les punaises et les mouches des fruits. Ces ravageurs peuvent provoquer des pertes importantes en s'attaquant aux inflorescences et aux fruits. Depuis plusieurs années, le Cirad mène à la Réunion des travaux sur le manguier afin de proposer des modes de conduite favorisant un rendement régulier, une phénologie synchrone et une meilleure qualité des fruits, tout en limitant l'utilisation d'intrants phytosanitaires. Un corpus de connaissances sur les processus d'élaboration du rendement et de la qualité des fruits, et sur les facteurs biotiques et abiotiques qui les affectent, a été acquis. Ces connaissances ont été synthétisées en un modèle d'élaboration du rendement et de la qualité de la mangue, nommé V-Mango. A l'heure actuelle, ce modèle consiste en un *modèle structure-fonction (FSPM) de plante* (Boudon et al. 2016) qui décrit le développement architectural et la phénologie de l'arbre (Jestin 2013 ; Briand 2014), ainsi que la croissance des fruits et l'élaboration de la qualité (Léchaudel et al. 2005, 2007). Ses sorties sont, entre autres, des maquettes 3D évoluant au cours du temps en fonction des évènements phénologiques sur l'arbre (Fig. 1).



Figure 1. Modélisation de la phénologie du manguier par le modèle V-Mango ; simulation sur une maquette 3D.

Une étape importante est désormais de compléter le modèle V-Mango par des modèles *d'infestation par des ravageurs* afin de prendre en compte leurs effets sur l'élaboration du rendement et de la qualité des fruits. A terme un tel modèle aidera à la conception de modes de conduite des vergers moins dépendants des pesticides et offrant un compromis entre rendement et qualité. La cécidomyie des fleurs du manguier (*Procontarinia mangiferae*), ravageur important de la floraison, a été retenue pour engager cette démarche.

### 3 Objectifs et déroulement du stage

L'objectif du stage est **i) de développer un modèle manguier-cécidomyie des fleurs, ii) de mettre en œuvre ce modèle pour tester *in silico* des modes de conduite des vergers combinant différents leviers de gestion des cécidomyies des fleurs et de leurs dégâts, et iii) de considérer son couplage au modèle V-Mango.**

Il est attendu que le modèle manguier-cécidomyie des fleurs simule à l'échelle du verger la dynamique des cécidomyies des fleurs et leurs dégâts sur les inflorescences, en fonction de la dynamique de floraison (i.e., date de débourrement des bourgeons floraux), du niveau de pression exogène du ravageur et des leviers de gestion considérés, à savoir :

- un *paillage du sol* qui vise à rompre le cycle de développement du ravageur par un effet de barrière physique pour empêcher la (re-)colonisation de la parcelle par des individus endogènes ;
- une *gestion de la phénologie du manguier* qui vise à réduire la fenêtre de sensibilité des arbres au ravageur en synchronisant leur floraison à l'échelle de la parcelle.

Pour développer le modèle manguier-cécidomyies des fleurs, il sera possible de s'appuyer sur une première version d'un modèle déjà existant et développé en Python (Saint Criq 2018). Ce modèle décrit : i) la dynamique des inflorescences structurées en âge, en rendant compte de leur développement naturel et de la mortalité induite par les cécidomyies des fleurs, ii) la dynamique des cécidomyies des fleurs structurée par stades de développement, en différenciant l'effet de la couverture de sol appliquée dans chaque sous-parcelle sur le cycle de vie de l'insecte et iii) la colonisation du verger par des cécidomyies des fleurs exogènes et le mouvement des individus endogènes entre les sous-parcelles du verger. Les dynamiques de floraison actuellement utilisées comme entrées du modèle sont les dynamiques observées *in situ* dans chaque sous parcelle. Il sera cependant nécessaire de compléter ce modèle, notamment en s'appuyant sur de nouvelles données expérimentales acquises en 2018. Par ailleurs, son couplage au modèle V-Mango sera considéré : les dynamiques de floraison simulées par le modèle V-Mango seront alors utilisées en entrée du modèle manguier-cécidomyies des fleurs. Il sera ainsi possible de simuler l'effet de pratiques, et notamment de la taille, sur la dynamique de floraison des manguiers, et indirectement sur la dynamique des cécidomyies des fleurs et leurs dégâts.

Le travail de l'étudiant(e) consistera en :

- La révision du modèle manguier-cécidomyie des fleurs actuel et le développement de nouveaux modules pour le compléter
- L'analyse du comportement de ce modèle, incluant une analyse de sensibilité
- La réalisation d'expérimentations virtuelles pour évaluer *in silico* des modes de conduite des vergers combinant différents leviers de gestion des cécidomyies des fleurs et de leurs dégâts
- L'analyse des conditions de couplage du modèle manguier-cécidomyies des fleurs au modèle V-Mango, voire le couplage effectif de ces modèles

### 4 Profil de l'étudiant(e) :

- Statisticien(ne)/informaticien(ne) avec un goût pour la biologie et l'agronomie, ou agronome avec des connaissances solides en statistiques et en informatique
- Aptitude à travailler en équipe pluridisciplinaire (agronomes, entomologistes, informaticiens)
- Bonnes notions de modélisation et de programmation, et connaissance du langage Python et du logiciel R.

### 5 Conditions de stage:

Billet d'avion pris en charge, indemnité mensuelle selon les textes en vigueur, tickets restaurant et aide au logement par le Cirad (pour la période à la Réunion uniquement).

### 6 Equipe d'accueil et contact :

- Isabelle Grechi et Frédéric Normand : Cirad, UPR HortSys, Saint Pierre, Ile de la Réunion ([isabelle.grechi@cirad.fr](mailto:isabelle.grechi@cirad.fr) / +262 (0)2 62 49 26 04)
- Frédéric Boudon: Cirad, UMR AGAP, Montpellier ([frederic.boudon@cirad.fr](mailto:frederic.boudon@cirad.fr) / 04 67 61 49 37).

Candidatures (CV, lettre de motivation et dates de disponibilité) à envoyer avant le **31 décembre 2018**

### Références citées :

- Amouroux P. (2013) Bio-écologie et dynamique des populations de la cécidomyie des fleurs (*Procontarinia mangiferae*), un ravageur inféodé au manguier (*Mangifera indica*), en vue de développer une protection intégrée. Thèse de doctorat, Université de la Réunion, 187p.
- Boudon F., Persello S., Jestin A., Briand A-S., Fernique P., Guédon Y., Léchaudel M., Grechi I., Normand F. (2016). An FSPM approach for modeling fruit yield and quality in mango trees. FSPMA 2016. 7-11 November, 2016, Qingdao, China.
- Briand A-S. (2014). *Modélisation de la phénologie et de la croissance des unités de croissance et des inflorescences du manguier*. Mémoire de Master 2 SITN (Statistique, Informatique et Techniques Numériques), Université Claude Bernard Lyon 1, 62 p. + annexes.
- Jestin A. (2013). *Modélisation du développement et de la phénologie du manguier*. Mémoire de Master 2 SITN (Statistique, Informatique et Techniques Numériques), Université Claude Bernard Lyon 1, 65p. + annexes.
- Léchaudel M., Génard M., Lescourret F., Urban L., Jannoyer M. (2005). Modeling effects of weather and source–sink relationships on mango fruit growth. *Tree Physiology*, 25: 583-597
- Léchaudel M., Vercambre G., Lescourret F., Normand F., Génard M. (2007). An analysis of elastic and plastic fruit growth of mango in response to various assimilate supplies. *Tree Physiology*, 27 (2): 219-230.
- Saint Criq L. (2018). *Modélisation du système manguier-cécidomyie des fleurs pour une évaluation de modes de gestion du ravageur et de ses dégâts*. Mémoire de Master 2, Université Paul Sabatier, Toulouse III, 60p+Annexes