



MASTER DE MATHÉMATIQUES DE L'INFORMATION ET DE LA DÉCISION

**Modélisation du système manguiers – cécidomyies des fleurs
pour une évaluation de modes de gestion du ravageur et de
ses dégâts**

Bastien Reyné

Encadré par : Isabelle Grechi
Frédéric Boudon



Année universitaire 2018/2019

Résumé

Résumé en français

Remerciements

Merci !

Table des matières

Remerciements	iii
Table des matières	iv
1 Introduction	1
2 Connaissances biologiques	3
2.1 Les manguiers	3
2.2 Les cécidomyies des fleurs	4
3 Expérimentation réalisée et données disponibles	5
3.1 Plan d'expérience	5
3.2 Données	5
4 Le modèle	7
4.1 Hypothèses	7
4.2 Formalisme	7
5 Calibration du modèle	9
5.1 Fonction de coût	9
5.2 Analyse de sensibilité	9
5.3 Algorithme d'optimisation	9
5.4 Exploration de l'ensemble des solutions	9
6 Résultats	11
7 Conclusion	13
Bibliographie	15

1

Introduction

LE Cirad — où j’ai effectué mon stage — est un organisme de recherche spécialisé dans l’agronomie des régions tropicales et subtropicales, et l’un de ses objectifs principaux est le développement durable desdites régions. Cependant la notion de développement durable vient avec quelques contraintes. Notamment, la durabilité implique la limitation des pesticides ; et le développement induit la nécessité d’une production agricole efficiente, capable de nourrir dix milliards de personnes d’ici 2050.

Ainsi, il est naturel que le sixième fruit le plus produit au monde, à savoir la mangue¹, soit un sujet de recherche. C’est d’autant plus vrai que la culture des manguiers (*Mangifera indica* L.) n’est pas toujours facile. En effet, les manguiers présentent de forts asynchronismes phénologiques, que ce soit à l’intérieur d’une même parcelle entre les différents arbres ou à l’intérieur même d’un arbre entre les différentes branches. Cela entraîne une floraison et une fructification étalée dans le temps, rendant la gestion des vergers plus difficile. Ce phénomène entraîne aussi, pour les différents organes du manguiers, une fenêtre d’exposition prolongée aux ravageurs, ce qui favorise leur prolifération. Et ils sont légion. On peut citer la cécidomyie des feuilles (*Procontarinia matteina*) qui s’attaque aux feuilles, la mouche des fruits (*Bactrocera frauenfeldi*) qui ravage les fruits ou encore le charançon du noyau (*Sternonchetus mangiferae*) qui détruit les noyaux des fruits.

Parmi les ravageurs se trouve également la cécidomyie des fleurs (*Procontarinia mangiferae*). Cette dernière pond ses œufs dans les inflorescences, ce qui provoque des dommages potentiellement importants voire la mort des inflorescences. Et qui dit pas d’inflorescences, dit pas de mangues !

Pour limiter les dégâts de la cécidomyie des fleurs sans utiliser de pesticides, deux pistes sont envisagées. La première serait la synchronisation de la floraison, grâce à l’élagage, ce qui réduirait la fenêtre d’exposition aux ravageurs et limiterait par conséquent leur nombre. La seconde repose sur le fait que les œufs pondus dans les inflorescences se transforment en larves qui vont ensuite s’enfouir dans le sol. Restreindre l’accès au sol (avec un enherbement haut par exemple, qui augmente le trajet des larves pour atteindre la terre et favorise la présence de prédateurs) ou l’empêcher (*e.g.* en utilisant une bâche) devrait *a priori* permettre de réduire la présence de ces ravageurs. Afin de pouvoir vérifier cette hypothèse, une expérimentation sur un verger a été conduite en 2017 ; une parcelle a été divisée en

1. La sixième production fruitière mondiale est en réalité le groupement des mangues, mangoustans et goyaves [Food and Agriculture Organization, 2017]

trois pour tester trois modalités de couverture du sol différentes : un enherbement ras, un paillage synthétique et un enherbement haut. De cette expérimentation, des données ont été récoltées. L'objectif est d'utiliser les données pour modéliser les interactions entre les cécidomyies et les inflorescences. Une première version du modèle a été réalisée lors du stage de [Saint-Criq \[2018\]](#), mon stage en est la suite et a pour objectif d'améliorer le modèle existant puis de tester des modes de conduites des vergers *in silico* pour pouvoir répondre à la question :

**La modalité de couverture du sol et la synchronisation de la floraison
permettent-elles de limiter l'infestation du verger par les cécidomyies
des fleurs ?**

[BALANCER LE PLAN]

2

Connaissances biologiques

ON s'intéresse dans ce chapitre aux manguiers et aux cécidomyies des fleurs. On s'intéresse en particulier à leurs descriptions d'un point de vue biologique, leurs développements et leurs interactions. Autrement dit, on recense ici les connaissances biologiques nécessaires à la compréhension de notre sujet.

2.1 Les manguiers

Le manguiier est un arbre qui a une croissance végétative rythmique. Cela signifie que sa croissance est entrecoupée par des périodes de repos. Durant les périodes de croissance, les branches sont prolongées par des tiges qui ont des feuilles. Ces tiges sont appelées *unités de croissance*. Si une unité de croissance prolonge la branche dans l'axe, alors elle est dite apicale ; si elle la prolonge sur le côté, elle sera qualifiée de latérale. Au fil du temps, les unités de croissance perdent leurs feuilles, durcissent et grossissent jusqu'à faire partie intégrante de la branche. On peut alors voir le manguiier comme un empilement d'unités de croissance ; la base du tronc étant l'unité de croissance la plus ancienne et celles qui portent des feuilles les plus récentes [Normand, 2009]. Des unités de croissance sont visibles sur la figure 2.1.



FIGURE 2.1 – Photographie d'une branche portant des unités de croissance.

Et ce sont ces unités de croissance qui portent les *inflorescences*. Les inflorescences désignent des groupements de bourgeons. Ces bourgeons deviennent des fleurs qui elles-même deviennent des fruits, si elles sont fécondées. En théorie. En pratique, les bourgeons ne survivent que rarement jusqu'au stade de fruit, ils meurent bien souvent avant. S'ils meurent parfois à cause des conditions climatiques, la principale raison de leurs morts restent les attaques des ravageurs.

La forte présence des ravageurs s'explique en grande partie par le *cycle phénologique* du manguier. On désigne par cycle phénologique les phénomènes périodiques qui rythment le monde vivant en fonction des variations climatiques. Et il y a chez le manguier, en sus des conditions climatiques, d'autres facteurs qui influent sur la phénologie tels que la position de l'unité de croissance ou la charge en fruit de l'année précédente [Magne, 2004; Normand *et al.*, 2009]. Il en résulte que le cycle phénologique est très variable d'un manguier à l'autre. On observe même des différences au niveau phénologique entre les différentes unités de croissance d'un même arbre. Mais cela implique aussi que le cycle phénologique peut être modifié (dans une certaine mesure) grâce à des opérations techniques, comme la taille par exemple.

Du cycle phénologique viennent les *stades phénologiques* des inflorescences. Ils caractérisent le niveau de développement des inflorescences. On considère ici les stades phénologiques allant de C à F. Le stade C correspond au débourrement (l'éclosion des bourgeons) de l'inflorescence. Le stade F s'étend entre l'apparition de la première fleur jusqu'à la disparition de la dernière. Et les stades D et E représentent les étapes intermédiaires du développement qui mènent du débourrement à la floraison. Les durées des stades phénologiques sont les suivantes :

Stade phénologique	C/D	E	F
Durée (en jours)	7	9	34

Les inflorescences ont ainsi une durée de vie théorique de 50 jours [Saint-Criq, 2018]. Cette durée théorique peut être réduite en cas d'attaque de cécidomyies des fleurs, surtout lorsque l'inflorescence se fait attaquer lors des premiers stades, moment où l'inflorescence est la plus vulnérable.

La saison des mangues a lieu pendant l'hiver (austral).

2.2 Les cécidomyies des fleurs

3

Expérimentation réalisée et données disponibles

3.1 Plan d'expérience

3.2 Données

4

Le modèle

4.1 Hypothèses

4.2 Formalisme

5

Calibration du modèle

- 5.1 Fonction de coût
- 5.2 Analyse de sensibilité
- 5.3 Algorithme d'optimisation
- 5.4 Exploration de l'ensemble des solutions

6

Résultats

7

Conclusion

Bibliographie

- Food and Agriculture Organization. <http://www.fao.org/faostat/fr/#data/QC>, 2017. ONU. Site internet visité le 25 juin 2019.
- C. Magne. Effet de la charge en fruits sur la croissance végétative de plusieurs variétés de manguier à l’île de la Réunion. Master’s thesis, Université Blaise Pascal, 2004.
- F. Normand. Guide de production intégrée de mangues à la Réunion, chapitre IV, 2009.
- F. Normand, A. K. P. Bello, C. Trottier, and P.-E. Lauri. Is axis position within tree architecture a determinant of axis morphology, branching, flowering and fruiting? an essay in mango. *Annals of botany*, 103(8) :1325–1336, 2009.
- L. Saint-Criq. Modélisation du système manguier-cécidomyie des fleurs pour une évaluation de modes de gestion du ravageur et de ses dégâts. Master’s thesis, Université Paul Sabatier, 2018.