

# Modélisation du système manguier–cécidomyies

Forts asynchronismes inter– et intra– arbres

—→ Favorable au développement des ravageurs

Leviers de gestion :

1. Taille des manguiers

- ▶ Réduction des asynchronismes

2. Paillage du sol

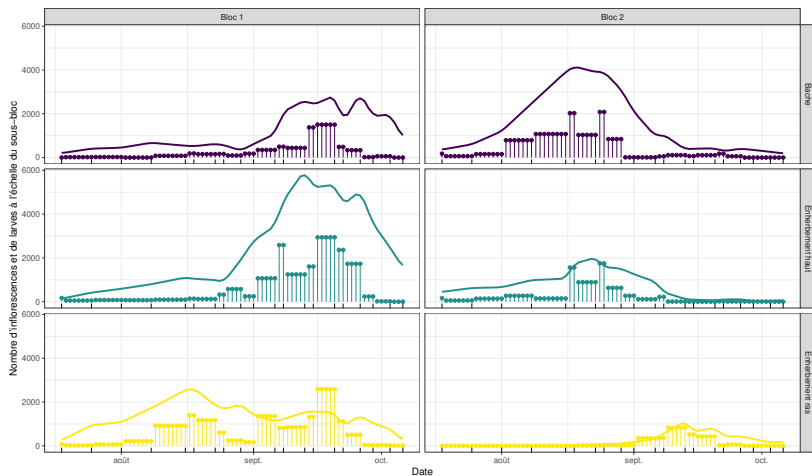
- ▶ Réduction de l'émergence des cécidomyies des fleurs

# Données

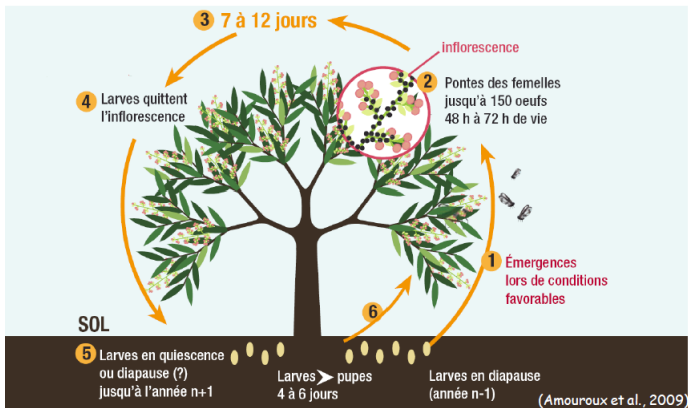
Plusieurs types de données :

1. Dynamique des cécidomyies des fleurs
2. Floraison
3. Dégâts sur les inflorescences
4. Températures





**FIGURE** – Comparaison du nombre de larves piégées (rapporté au jour) et du nombre d'inflorescences vivantes (lissé avec une moyenne mobile d'ordre 3). Les marqueurs noirs sur l'axe des abscisses représentent les dates de relevés des observations.



**FIGURE –** Cycle de vie et de reproduction des cécidomyies

Le modèle est composé de deux sous-modèle :

- ▶ Population des cécidomyies des fleurs
  - Cécidomyies émergeant du sol et restant dans le sous-bloc
  - Cécidomyies venant d'un autre sous bloc
  - Cécidomyies exogènes au bloc
- ▶ Population d'inflorescences
  - Inflorescences naissantes le jour  $t$
  - Inflorescences vivantes au jour  $t - 1$  et ayant survécu

## Population de femelles

$$N_{t,i} = \lambda_{t,i} + N_{t,i}^{endo}$$

où  $N_{t,i}^{endo} = L_{t-d_p,i} \times \mu_{MS} \times p_{pup} \times (1 - p_m) \times \frac{1}{1+SR}$  et  $\lambda_{t,i} = \gamma \times l_{t,i}$   
avec :

- ▶  $N_{t,i}$  : le nombre de femelles au temps  $t$  dans le sous-bloc  $i$  ;
- ▶  $\lambda_{t,i}$  : le nombre de femelles entrant dans le sous-bloc  $i$  au temps  $t$  ;
- ▶  $N_{t,i}^{endo}$  : le nombre de femelles émergeant et restant dans le sous-bloc  $i$  au temps  $t$  ;
- ▶  $L_{t-d_p,i}$  : le nombre de larves s'éjectant au sol au temps  $t - d_p$  dans le sous-bloc  $i$  ;
- ▶  $\mu_{MS}$  : la proba de survivre à la modalité de couverture du sol ;
- ▶  $p_{pup}$  : la proba d'entrer en pupaison et d'y survivre ;
- ▶  $p_m$  : proba de changer de sous-bloc ;
- ▶  $SR$  : sex-ratio.

## Population de larves

$$L_{t,i} = N_{t-d_l,i} \times R_{t-d_l,i} \times E \times \mu$$

$$\text{où } R_{t-d_l,i} = \begin{cases} 1 & \text{si } N_{t-d_l,i} < k \times I_{t-d_l,i} \\ k \times I_{t-d_l,i} / N_{t-d_l,i} & \text{sinon} \end{cases}$$

avec :

- ▶  $R_{t-d_l,i}$  : indicateur de disponibilités de ressources pour les cécidomyies à la date  $t - d_l$  ;
- ▶  $E$  : le nombre moyen d'œufs pondus par une femelle ;
- ▶  $\mu$  : proba de survie des œufs jusqu'au troisième stade larvaire ;
- ▶  $k$  : nombre maximal d'adulte que peut supporter une inflorescence chaque jour.



Les paramètres du modèle des cécidomyies :

Paramètres connus	Paramètres à estimer
$E, \mu, d_I, d_p, SR, p_{pup}, \mu_B$	$\gamma, \mu_A, \mu_C, p_I, k$

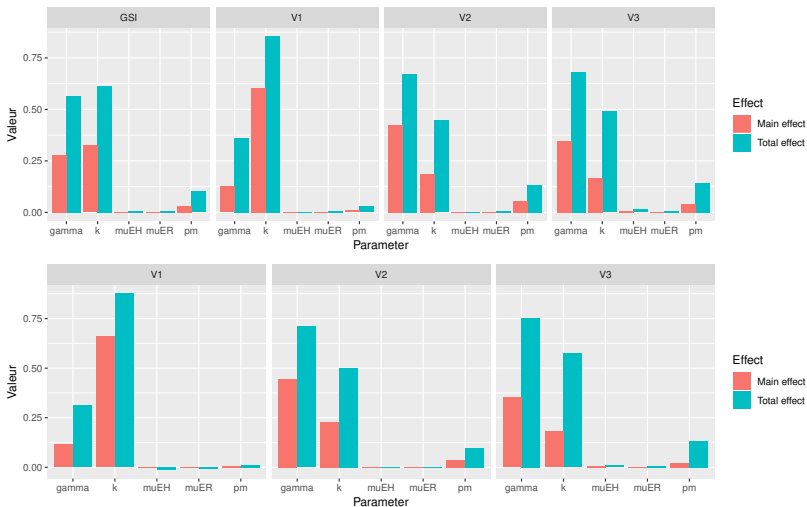
**Objectif :** Trouver les paramètres qui permettent au mieux de simuler le nombre de larves en fonction des inflorescences.

Fonction de coût :  $MAE(Y, \hat{Y}) = \frac{1}{N} \sum_i |Y_i - \hat{Y}_i|$

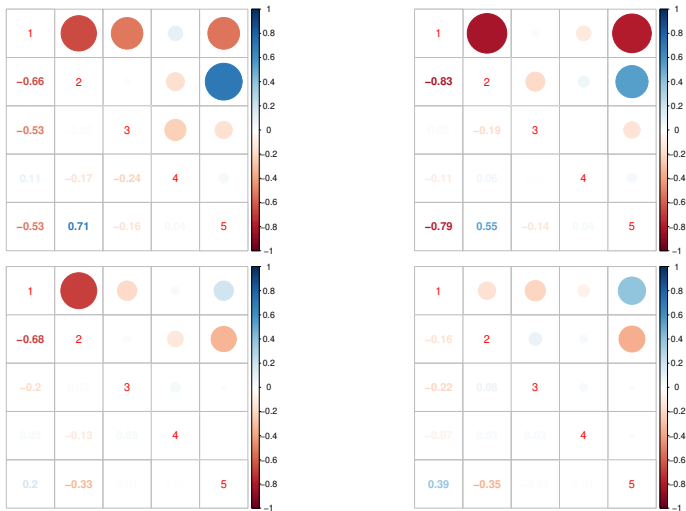
Algorithmes d'optimisation : NSGA-II et Differential Evolution

On obtient des bornes pour les paramètres :

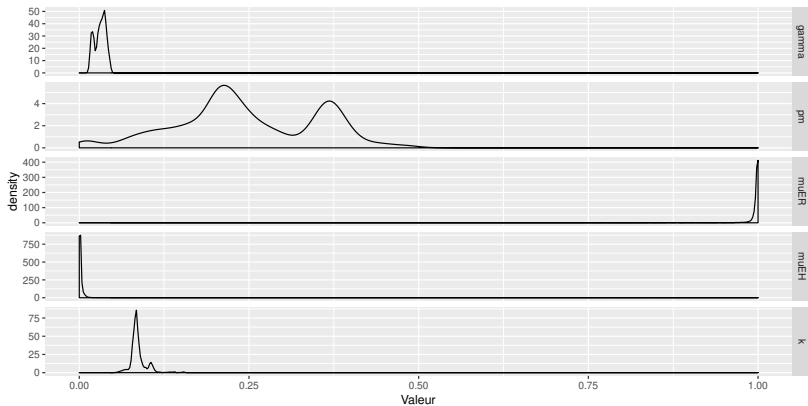
- ▶  $\gamma \in [0; 0.1]$
- ▶  $p_m \in [0; 0.5]$
- ▶  $\mu_{ER} \in [0.75; 1]$
- ▶  $\mu_{EH} \in [0; 0.1]$
- ▶  $k \in [0; 0.2]$



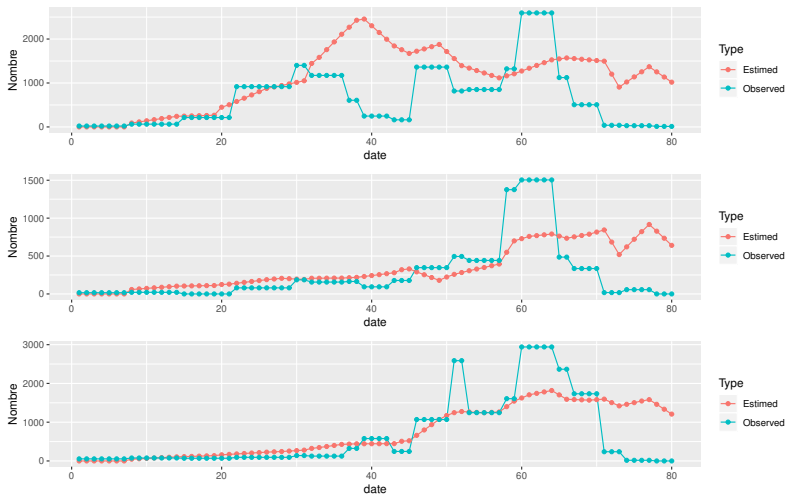
**FIGURE** – Analyses de sensibilité : méthodes Dynamic Sensitivity Indices (en haut) et Sobol (en bas)



**FIGURE** – Matrices de corrélations des paramètres renvoyés par Differential Evolution et NSGA-II ( $\min \|\cdot\|_1$ ,  $\min \|\cdot\|_2$ ,  $\min \|\cdot\|_\infty$ )



**FIGURE –** Densités des différents paramètres obtenus par l’algo NSGA-II



**FIGURE** – Simulation du nombre de larves après avoir fixé  $\mu_{ER}$  et  $\mu_{EH}$  en utilisant les paramètres obtenus grâce à NSGA-II ( $\min \|\cdot\|_2$ )

## Perspectives d'améliorations :

- ▶ prendre en compte les individus en diapause ;
- ▶ températures ;
- ▶ prendre en compte le stade phénologiques des inflorescences.