

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

Bastien Reyné



Encadrants	Isabelle Grechi	UPR HortSys
	Frédéric Boudon	équipe M2P2 (UMR AGAP)

Responsables pédagogiques	Xavier Bry	FDS
	Corinne Janicot	IAE

Problématique

Le manguier est arbre fruitier qui présente de forts asynchronismes phénologiques.

→ Favorise la prolifération des ravageurs



Figure 1: Un manguier ¹

¹photo : I. Grechi

²photo : A. Franck

Problématique

Le manguier est arbre fruitier qui présente de forts asynchronismes phénologiques.

→ Favorise la prolifération des ravageurs



Figure 1: Un manguier ¹

La cécidomyie des fleurs

→ S'attaque aux inflorescences



Figure 2: Une cécidomyie des fleurs²

¹photo : I. Grechi

²photo : A. Franck

Objectif

Établir un modèle décrivant la dynamique de population de cécidomyies des fleurs en fonction de la dynamique de population d'inflorescences.

—→ Améliorer la compréhension du système manguier – cécidomyies

Connaissances



Figure 3: Une inflorescence de manguier (photo : F. Normand)



C



D



E



F

Figure 4: Les stades phénologiques C à F d'une inflorescence de manguier (photos : F. Normand)

Connaissances

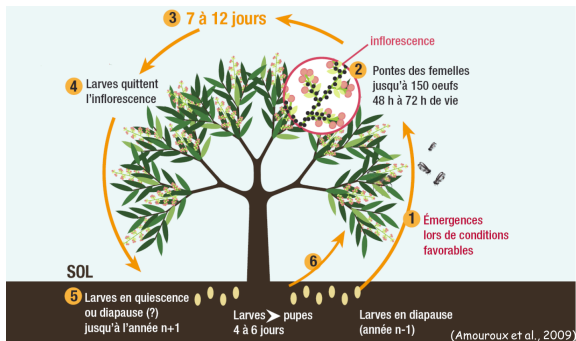


Figure 5: Représentation du cycle de développement de la cécidomyie des fleurs du manguiier.

Expérimentation

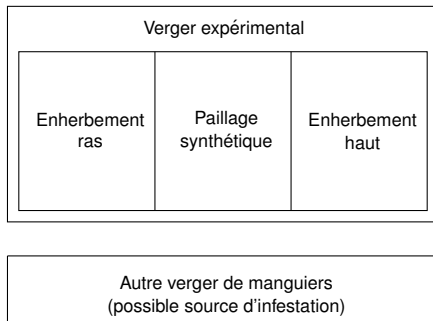


Figure 6: Description du dispositif mis en place sur les parcelles expérimentales

Données disponibles

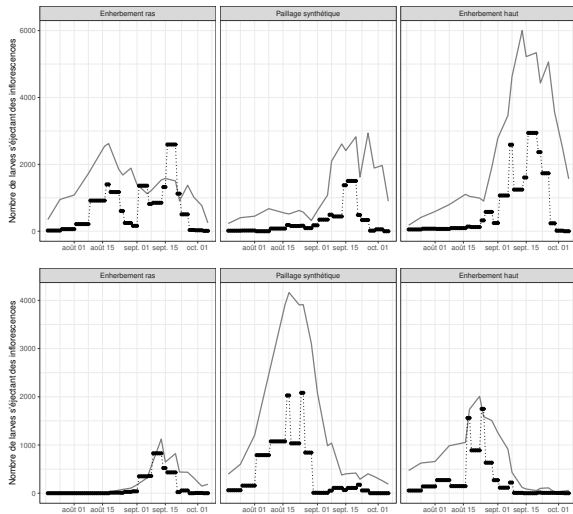


Figure 7: Dynamiques de larves et d'inflorescences pour chacun des deux vergers

Objectif : Décrire la dynamique de population de cécidomyie des fleurs à l'intérieur d'un verger.

Entrée : Dynamiques d'inflorescences

Sortie : Dynamiques de cécidomyies (larves et adultes)

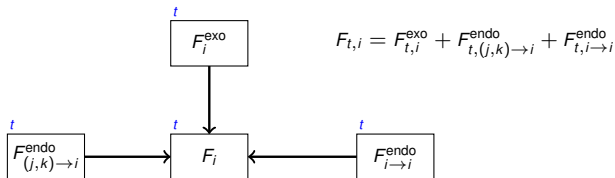
Modèle



SOL 

Figure 8: Schéma conceptuel du modèle pour la sous-parcelle i . En bleu est visible la date.

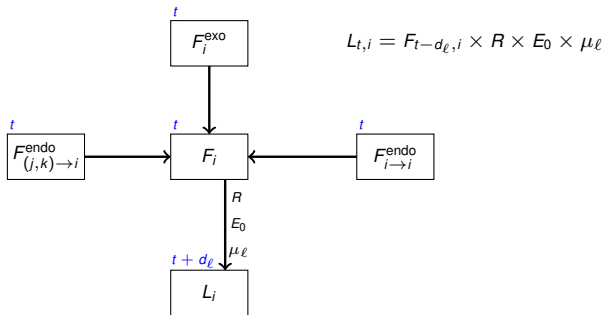
Modèle



SOL

Figure 8: Schéma conceptuel du modèle pour la sous-parcelle i . En bleu est visible la date.

Modèle



SOL

Figure 8: Schéma conceptuel du modèle pour la sous-parcelle i . En bleu est visible la date.

Modèle

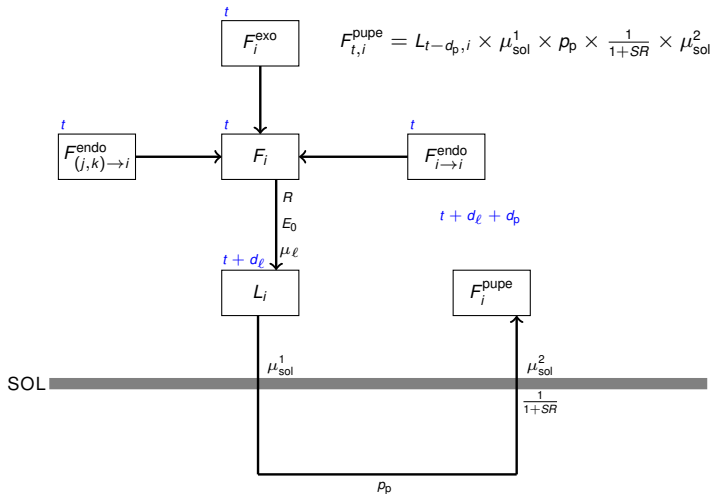


Figure 8: Schéma conceptuel du modèle pour la sous-parcelle i . En bleu est visible la date.

Modèle

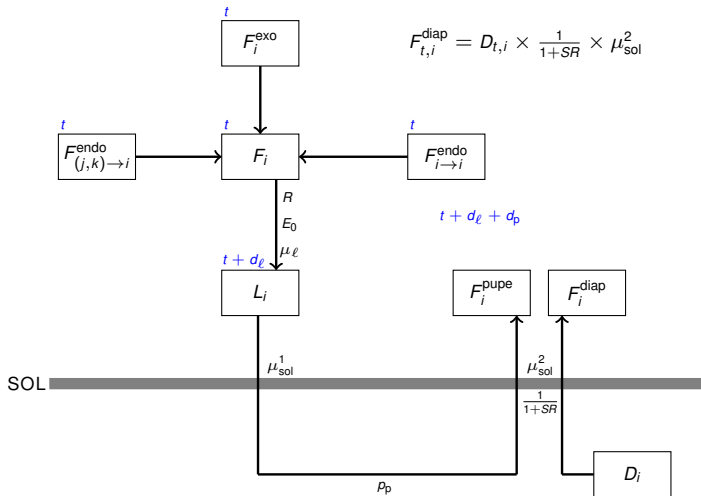


Figure 8: Schéma conceptuel du modèle pour la sous-parcelle i . En bleu est visible la date.

Modèle

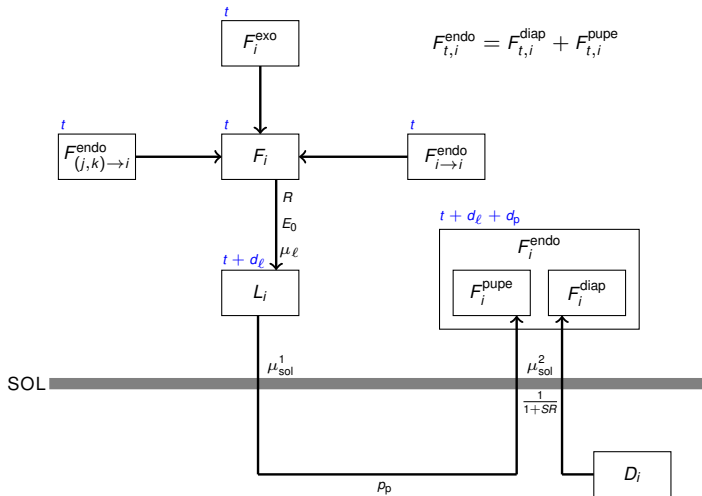


Figure 8: Schéma conceptuel du modèle pour la sous-parcelle i . En bleu est visible la date.

Modèle

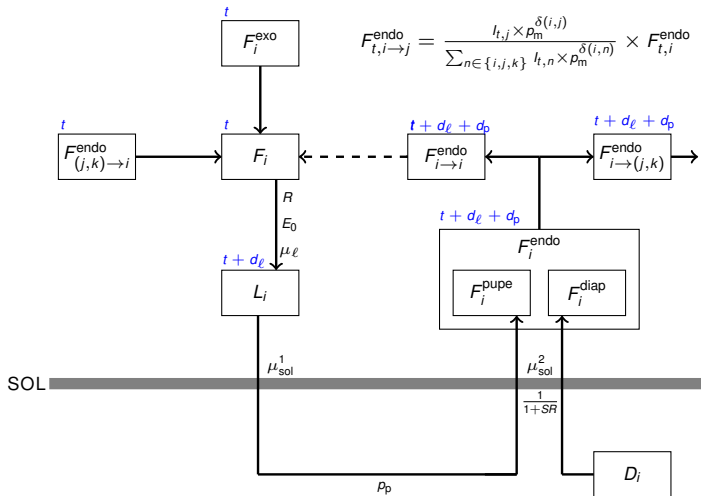


Figure 8: Schéma conceptuel du modèle pour la sous-parcelle i . En bleu est visible la date.

Paramètres

Paramètres issus de la littérature

Paramètre	Définition	Valeur
SR	<i>Sex-ratio</i>	0.5
p_p	Probabilité pour une larve d'entrer en phase de pupaison et d'y survivre	~ 0.77
d_ℓ	Durée (en jours) de la période entre la ponte et l'apparition du troisième stade de développement larvaire	7 à 12
d_p	Durée (en jours) de la phase de pupaison	4 à 6

Paramètres

Paramètres à calibrer

Paramètre	Définition	Valeur
γ	Paramètre régulant l'arrivée des individus exogènes au verger	[0; 1]
ρ_m	Paramètre régulant l'intensité des échanges entre sous-parcelles	[0; 1]
μ_{ER}	Probabilité de survie à la modalité de couverture du sol de la sous-parcelle ER	[0; 1]
μ_{EH}	Probabilité de survie à la modalité de couverture du sol de la sous-parcelle EH	[0; 1]
k	Paramètre quantifiant le nombre de femelles que peut accueillir une inflorescence chaque jour	[0.01; 10]
stock	Nombre d'individus entrés en diapause les années précédentes qui émergent l'année considérée	[500; 20000]
$E_0\mu_\ell$	Nombre d'œufs pondus qui arrivent jusqu'au troisième stade larvaire	[1; 11]

Fonction de coût

Évaluer la qualité de la calibration

Comparer les dynamiques de larves observées avec les dynamiques de larves estimées

Fonction de coût utilisée :

$$f(y, \hat{y}) = \frac{\sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=2}^n (y_j^* - \hat{y}_j^*)^2}}{\max_j(y_j^*) - \min_j(y_j^*)},$$

où

$$y_j^* = y_{t^j}, \quad \text{et} \quad \hat{y}_j^* = \frac{1}{t^j - t^{j-1}} \sum_{k=t^{j-1}}^{t^j} \hat{y}_k,$$

avec t^j , le nombre de jours entre la première observation et le $j^{\text{ème}}$ relevé.

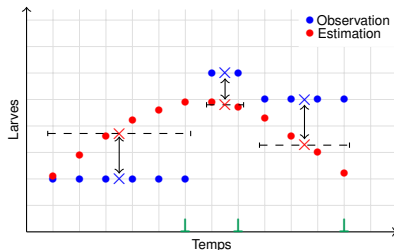


Figure 9: Schéma illustrant le fonctionnement de la fonction objectif.

Fonction de coût

NB : On n'utilisera que le premier verger pour la calibration ; le second servira à la validation.

Algorithme d'optimisation

Algorithme choisi : **NSGA-II**

Algorithme multicritères

Nous avons trois critères

- ▶ Sous-ensemble du front de Pareto

Algorithme d'optimisation

Algorithme choisi : **NSGA-II**

Algorithme multicritères

Nous avons trois critères

- ▶ Sous-ensemble du front de Pareto

Algorithme génétique

Les nouveaux jeux de paramètres sont obtenus par :

- ▶ croisement de solutions existantes
- ▶ mutation de certaines coordonnées

Choix des solutions

Il faut choisir une solution parmi un sous-ensemble du front de Pareto.

Regrouper les solutions semblables.

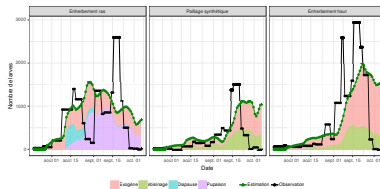
Hypothèse : Si deux jeux de paramètres sont proches, alors les solutions produites seront semblables.

- ▶ Effectuer une Classification Ascendante Hiérarchique sur les jeux de paramètres renvoyés par NSGA-II pour trouver différentes classes de solutions
- ▶ Explorer les classes de solutions pour identifier les solutions pertinentes

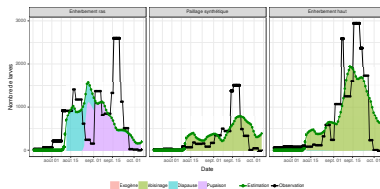
Mise en œuvre

- Modèle
- Fonction de coût
- Algorithme d'optimisation
- Explorer les résultats

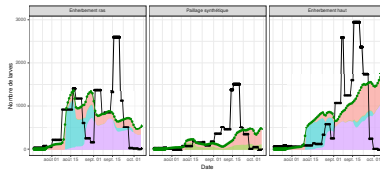
Solution 1



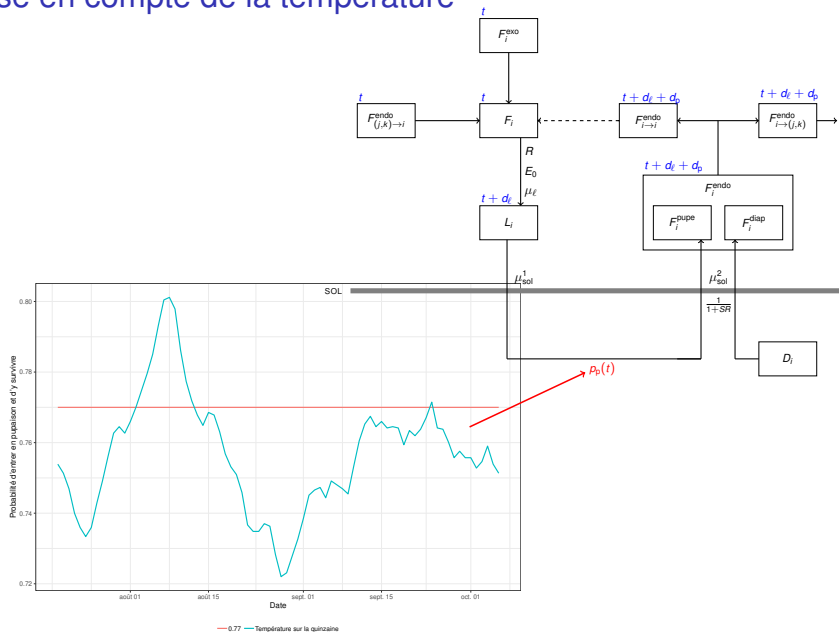
Solution 2



Solution 3

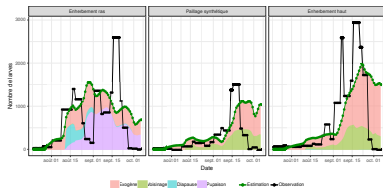


Prise en compte de la température

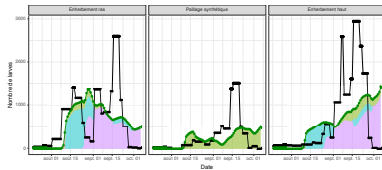
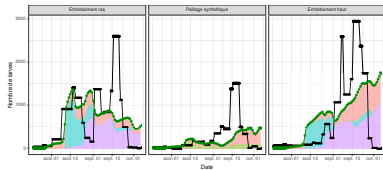
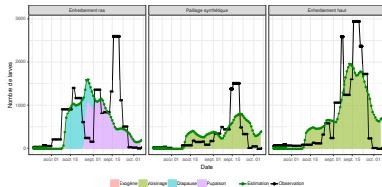
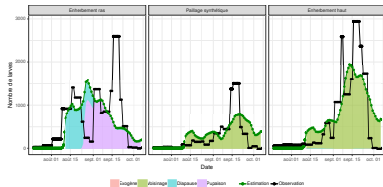
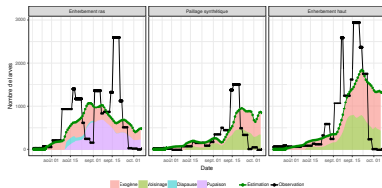


Prise en compte de la température

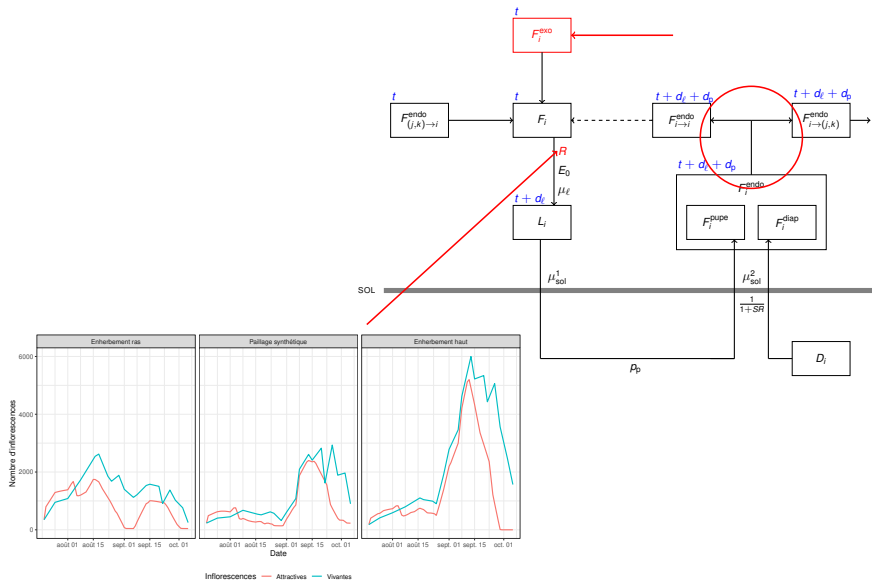
Sans température



Avec température

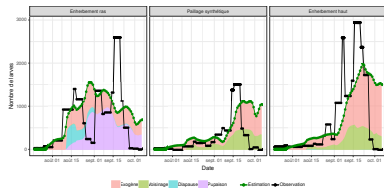


Stade phénologique des inflorescences

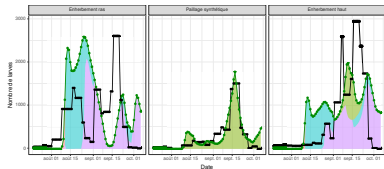
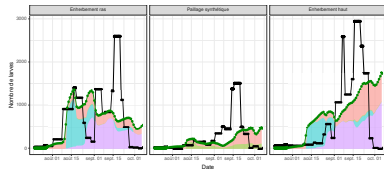
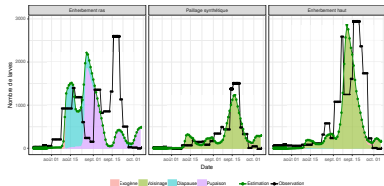
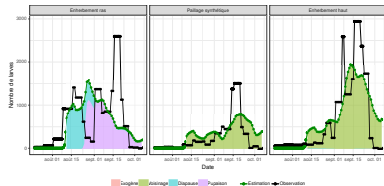
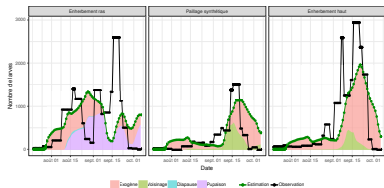


Stade phénologique des inflorescences

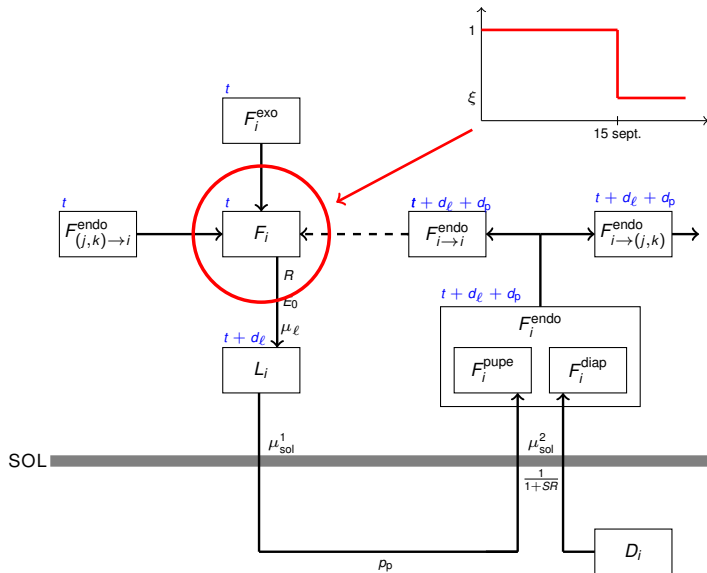
Inflorescences vivantes



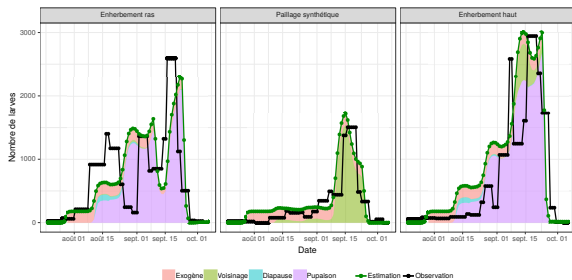
Inflorescences aux stades C, D et E



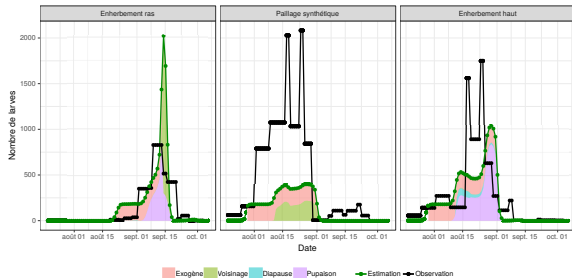
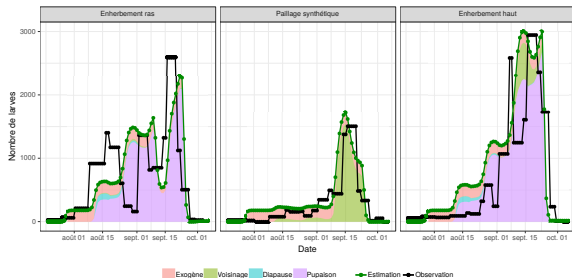
Paramètre de saisonnalité



Paramètre de saisonnalité



Paramètre de saisonnalité



Conclusion

À partir des connaissances issues de la littérature et de données acquises sur le terrain, un modèle a pu être établi.

Le modèle a permis de tester des hypothèses.

Le modèle semble montrer qu'un phénomène se produit en fin de saison.

Perspectives pour de nouvelles expérimentations

Merci de votre attention !