

Projet CACOLAC : Associer analyse de données et modèles de dynamique
des populations pour comprendre et mieux exploiter les interactions entre
leviers agroécologiques

Thierry SPATARO & Bertrand GAUFFRE

CADre COncceptuel pour l'analyse de combinaisons de Leviers Agroécologiques

AgroParisTech

CNRS INRAE

Inria



Institut
SOPHIA
AGROBIOTECH

PSH
UR 1115



Biostatistique
310/Π
& Processus Spatiaux

Bioco₂re



Contexte

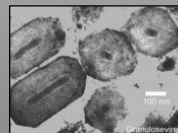
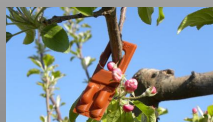
- De nombreuses méthodes de contrôle alternatives aux insecticides chimiques de synthèse mais réfléchies et évaluées de façon indépendante

Manque **cadre conceptuel et générique** pour aborder la question des interactions + (complémentarité) ou - (antagonisme) entre ces leviers

- ⇒ **Modélisation mécaniste** : outil pour dépasser les limites des approches expérimentales
- ⇒ **Modélisation statistique**, analyse des pratiques existantes sur la régulation des bioagresseurs en pomiculture (nombreux leviers)

Pomiculture

(culture avec fort IFT)

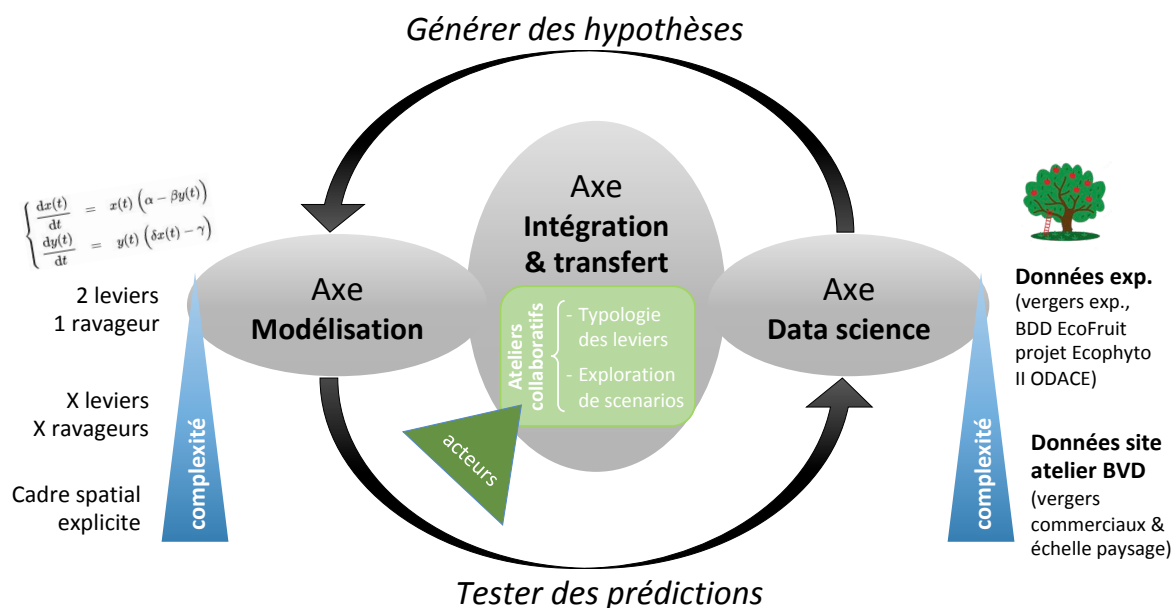


Objectifs

Mieux comprendre, anticiper, et mettre à profit les interactions entre les méthodes de lutte déployées contre les ravageurs dans un contexte paysager

- Déterminer une **typologie fonctionnelle** des leviers existants
- Développer un **modèle générique de la dynamique d'un ravageur** (et de ses auxiliaires) **spatialement explicite** (échelle du paysage) qui permette de tenir compte des effets des différents leviers
- **Analyser des jeux de données déjà existants** évaluant l'effets des pratiques sur le carapocapse des pommes
- Mener une **réflexion** autour de la **combinaison de leviers opérationnels à l'échelle du territoire** avec les **acteurs** en s'appuyant sur les 2 points précédents

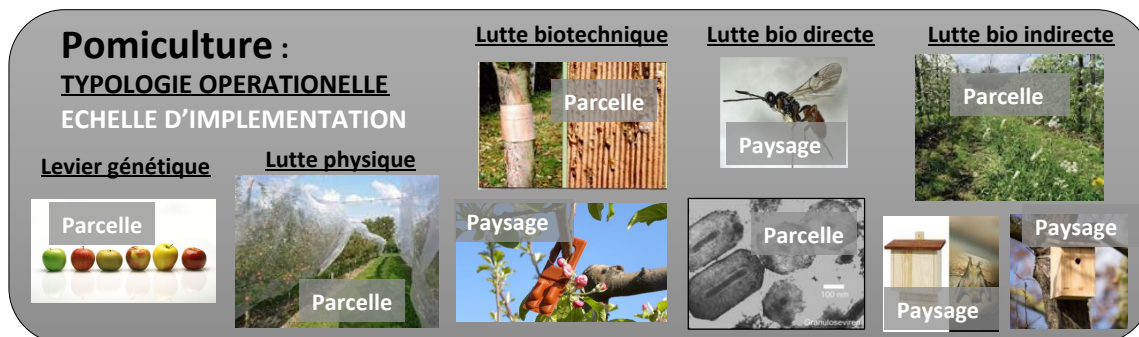
Architecture du projet



Axe Intégration & Transfert

➤ Quelle typologie pertinente pour analyser la combinaison de leviers ?

- **Typologie opérationnelle** (point de vue agronomique)
- **Typologie « échelle d'action »** : de la parcelle au paysage



- **Typologie fonctionnelle** du point de vue de l'effet sur la dynamique du ravageur

➤ Co-construction et exploration des scénarios de déploiements temporels et spatiaux d'itinéraires techniques plus respectueux de l'environnement

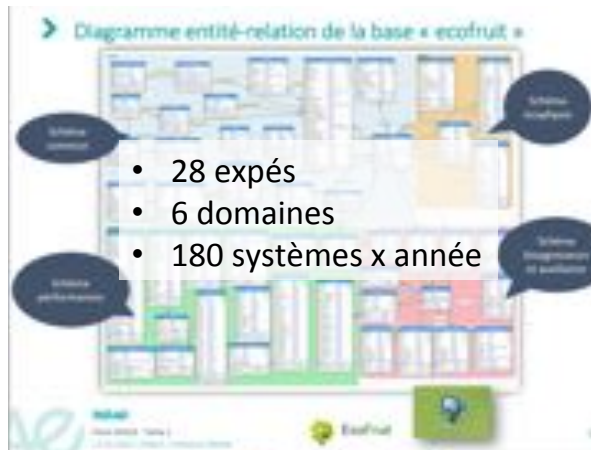
- Adapter les modèles de l'axe Modélisation au cas d'étude des vergers BVD
⇒ Simulation spatialement explicites de scénarios

Axe Data science

- Caractériser les effets de **combinaison de leviers** agissant à **différentes échelles spatiales** (de la parcelle au paysage) pour le contrôle des ravageurs du pommier
- **Données écologiques et agronomiques** : suivis d'abondances des principaux ravageurs et auxiliaires et les pratiques de phytoprotection + leviers

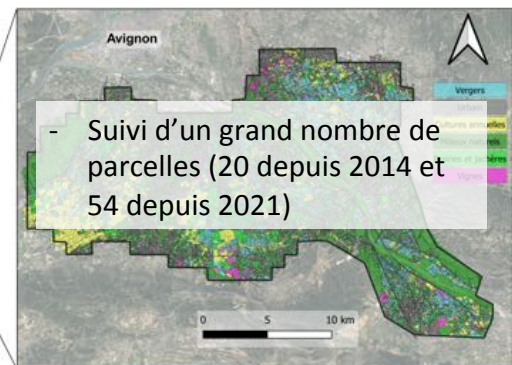
Données d'expérimentations

BDD EcoFruit, projet Ecophyto II ODACE



Données site atelier BVD

Vergers commerciaux, échelle paysage




Axe Modélisation

Modèle « local » de la dynamique d'un ravageur

- Description des cycles de vie faisant apparaître explicitement les traits d'histoire de vie impactés par les différents leviers
 - Prise en compte des leviers « biotiques » (auxiliaires)
- tout en limitant la complexité du modèle (résultats analytiques)



Modèle spatialisé (échelle paysagère)

- Prise en compte du morcellement et de l'hétérogénéité du compartiment agricole
 - Modélisation explicite de l'effet des structures paysagères (vergers, haies...) sur la dispersion du ravageur et des auxiliaires
 - Modèle de type réaction-diffusion
- 



Axe Modélisation

Modèle « local » de la dynamique d'un ravageur

- Description des cycles de vie faisant apparaître explicitement les traits d'histoire de vie impactés par les différents leviers
- Prise en compte des leviers « biotiques » (auxiliaires) tout en limitant la complexité du modèle (résultats analytiques)



Modèle spatialisé (échelle paysagère)

- Prise en compte du morcellement et de l'hétérogénéité du compartiment agricole
 - Modélisation explicite de l'effet des structures paysagères (vergers, haies...) sur la dispersion du ravageur et des auxiliaires
 - Modèle de type réaction-diffusion



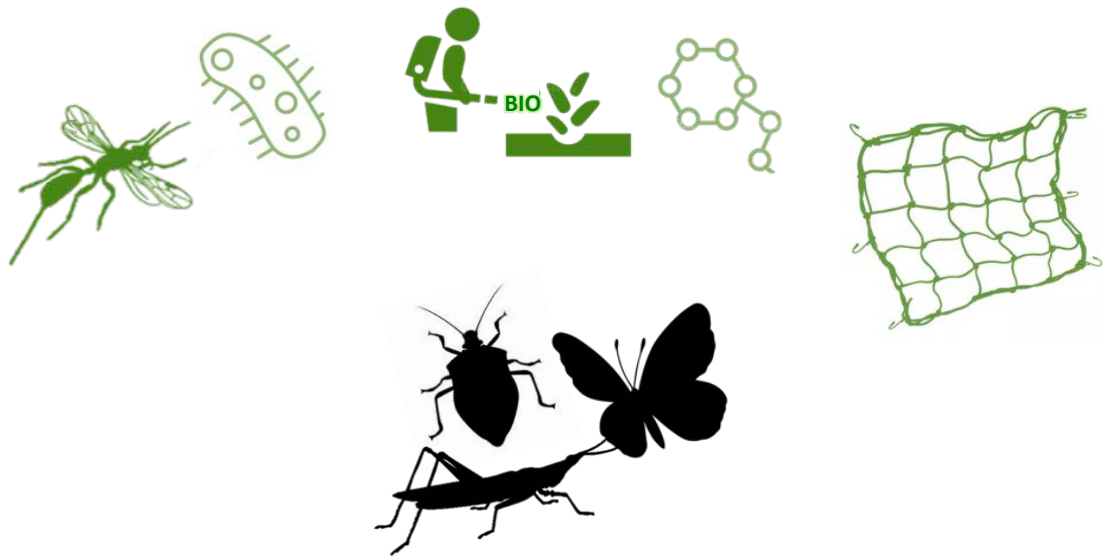
Complémentarité des méthodes de lutte contre les ravageurs

Etude, par une approche théorique, de l'impact de méthodes additionnelles sur l'efficacité du contrôle par des macro-organismes auxiliaires.

Marine BENEAT, Louise van OUDENHOVE, Thierry SPATARO

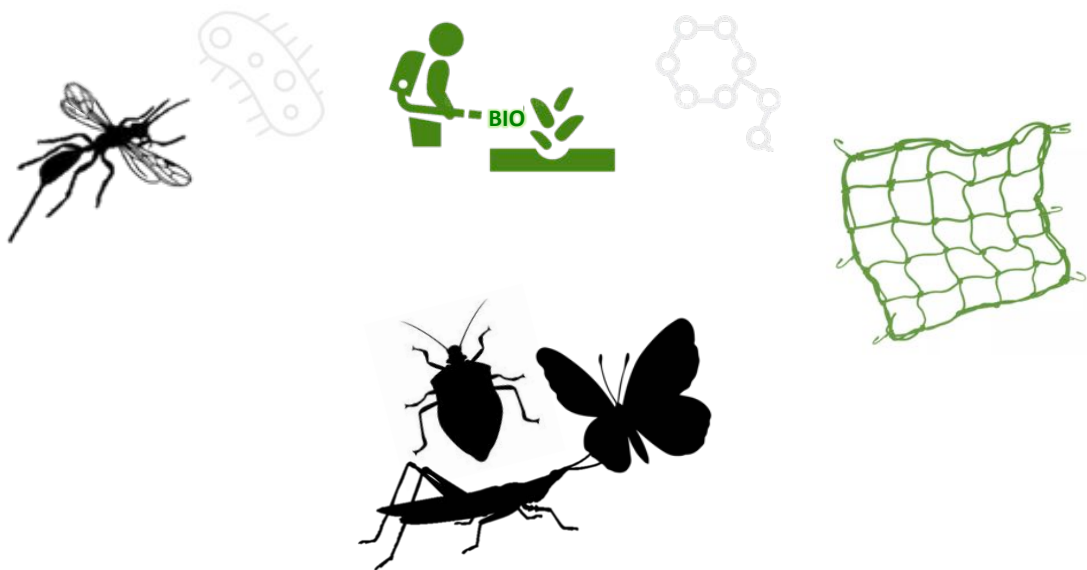
Financé par SuMCrop (grâce au réseau ENI-BC+)

Introduction



Comment interagissent les méthodes de lutte contre les ravageurs ?

Introduction



Comment interagissent les méthodes de lutte contre les ravageurs ?

1



Modèle générique hôte-parasitoïde



1



Modèle générique hôte-parasitoïde



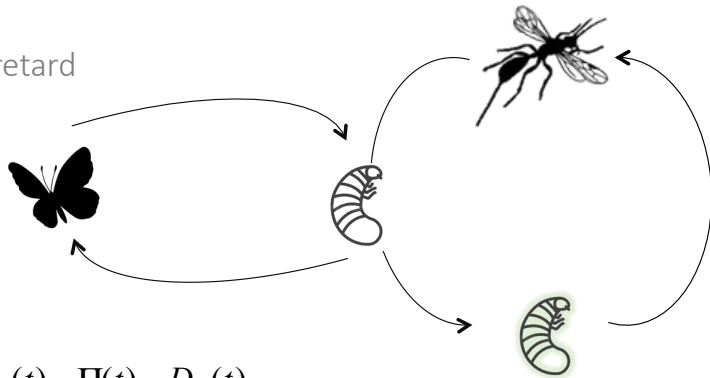
2



Le modèle hôte-parasitoïde

Populations structurées en stades de développement

→ Équations différentielles à retard
(Murdoch et *al.*, 1987)

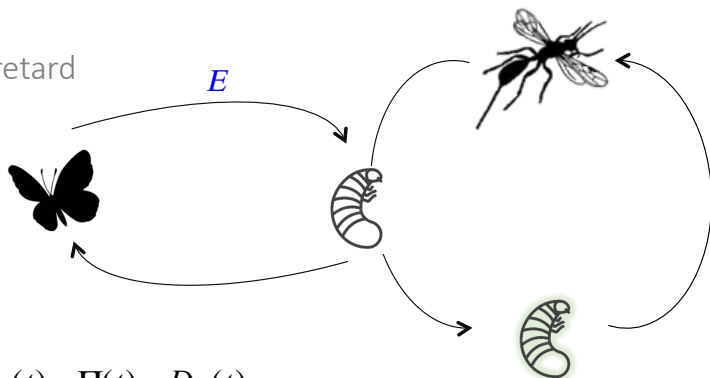


$$\left\{ \begin{array}{l} \text{larve} \quad \frac{dU(t)}{dt} = E(t) - M_U(t) - \Pi(t) - D_U(t) \\ \text{hôte} \quad \frac{dA(t)}{dt} = M_U(t) - D_A(t) \\ \text{larve} \quad \frac{dJ(t)}{dt} = \Pi(t) - M_J(t) - D_J(t) \\ \text{adulte} \quad \frac{dU(t)}{dt} = M_J(t) - D_P(t) \end{array} \right.$$

Le modèle hôte-parasitoïde

Populations structurées en stades de développement

→ Équations différentielles à retard
(Murdoch et *al.*, 1987)



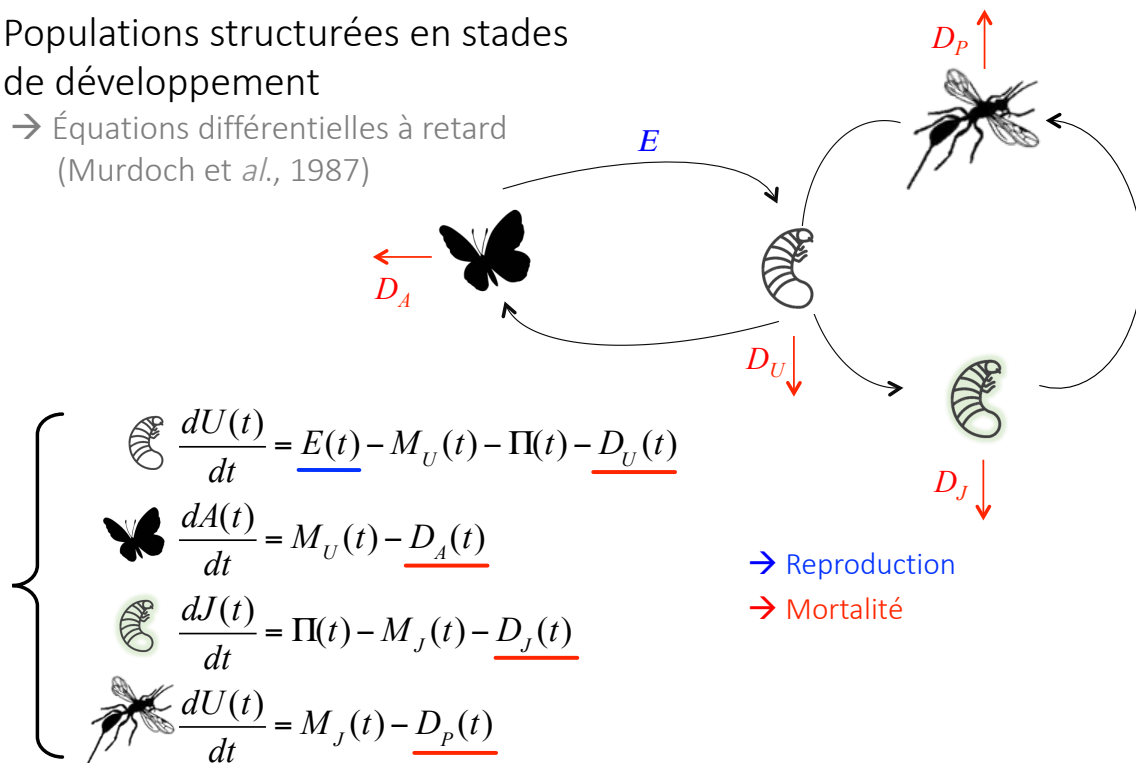
$$\left\{ \begin{array}{l} \text{larve} \quad \frac{dU(t)}{dt} = \underline{E(t)} - M_U(t) - \Pi(t) - D_U(t) \\ \text{hôte} \quad \frac{dA(t)}{dt} = M_U(t) - D_A(t) \\ \text{larve} \quad \frac{dJ(t)}{dt} = \Pi(t) - M_J(t) - D_J(t) \\ \text{adulte} \quad \frac{dU(t)}{dt} = M_J(t) - D_P(t) \end{array} \right.$$

→ Reproduction

Le modèle hôte-parasitoïde

Populations structurées en stades de développement

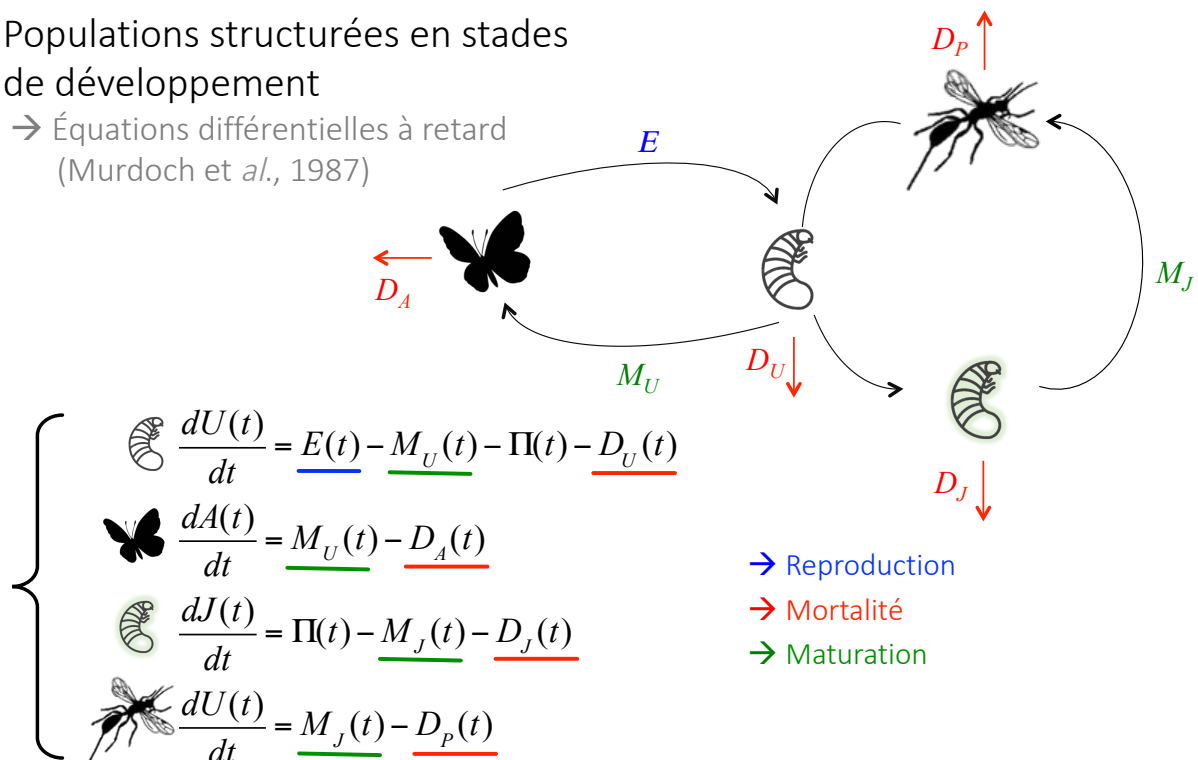
→ Équations différentielles à retard
(Murdoch et *al.*, 1987)



Le modèle hôte-parasitoïde

Populations structurées en stades de développement

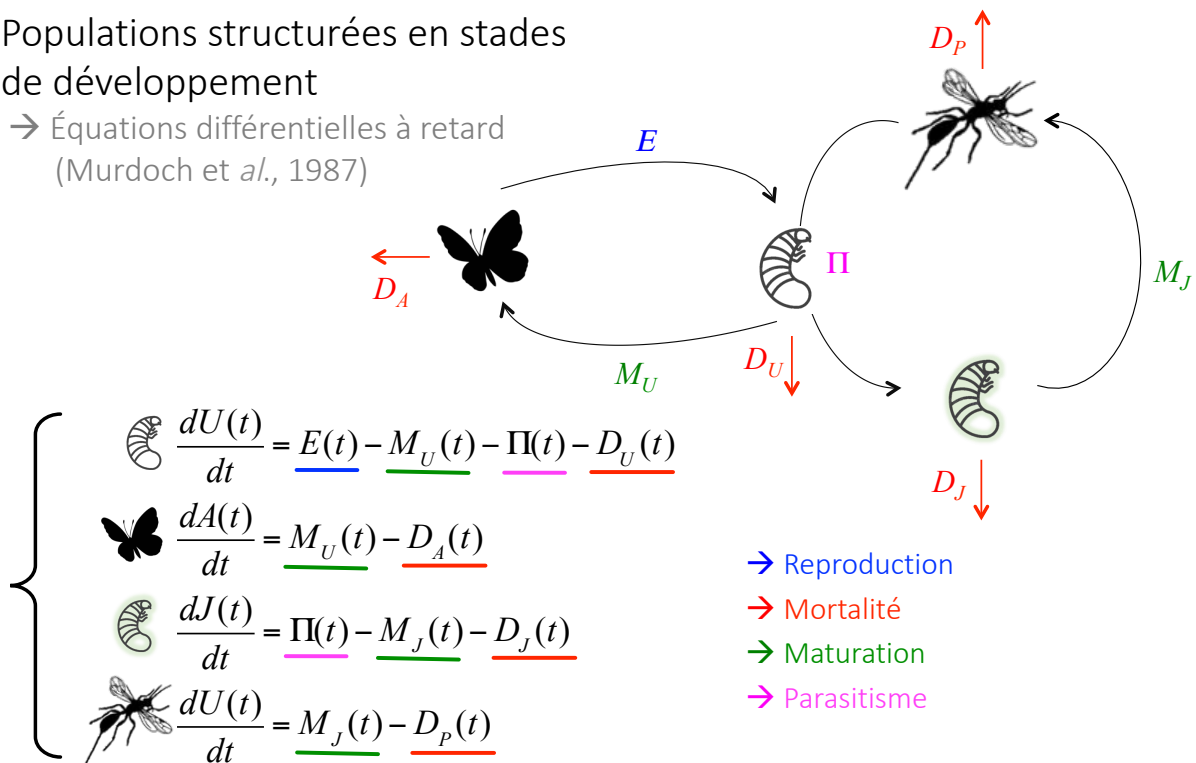
→ Équations différentielles à retard
(Murdoch et *al.*, 1987)



Le modèle hôte-parasitoïde

Populations structurées en stades de développement

→ Équations différentielles à retard
(Murdoch et *al.*, 1987)

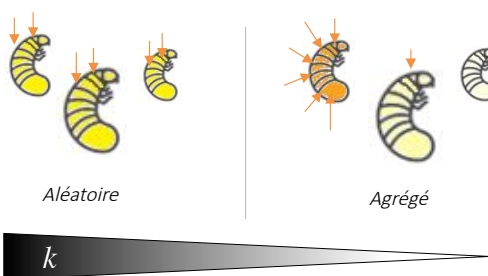


Le modèle hôte-parasitoïde

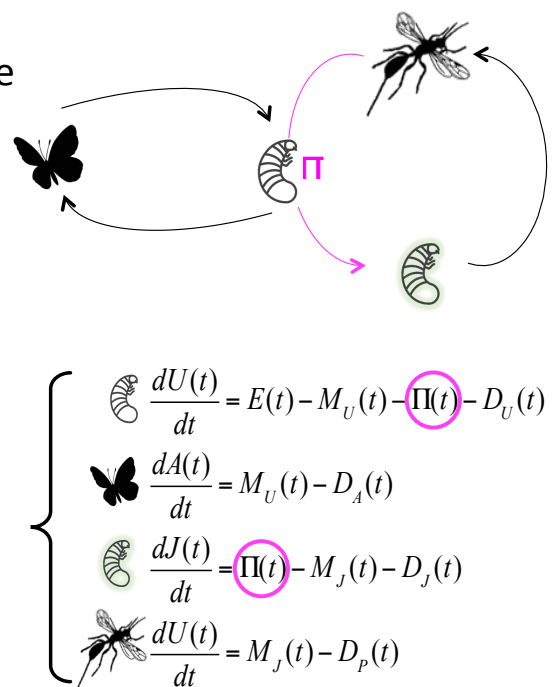
$\Pi(t)$ = taux instantané de parasitisme

Un paramètre contrôle l'agrégation de la distribution des attaques
(May 1978)

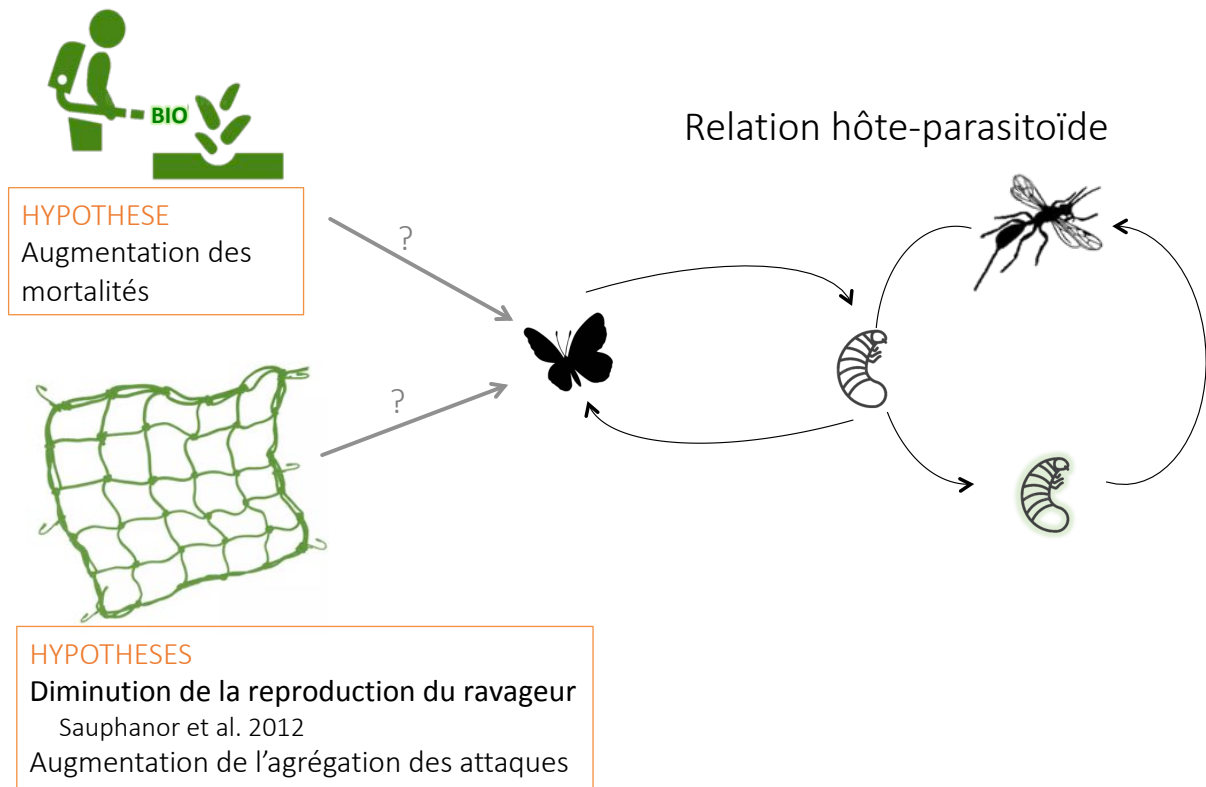
$$\Pi(t) = k \ln \left(1 + \frac{aP(t)}{k} \right) U(t)$$



agrégation d'autant plus forte que k est faible

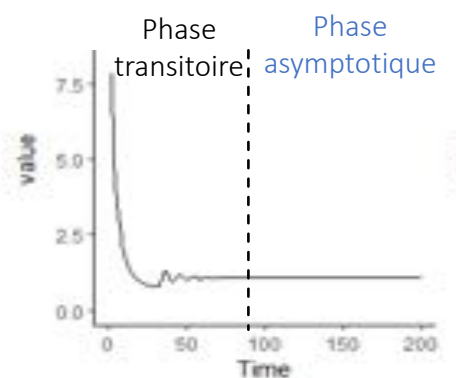


Impact des moyens additionnels :



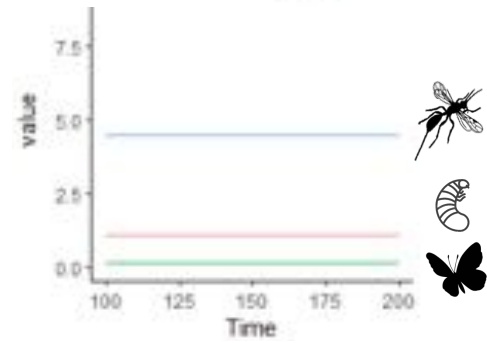
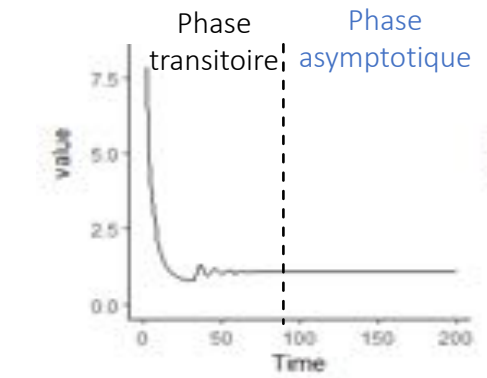
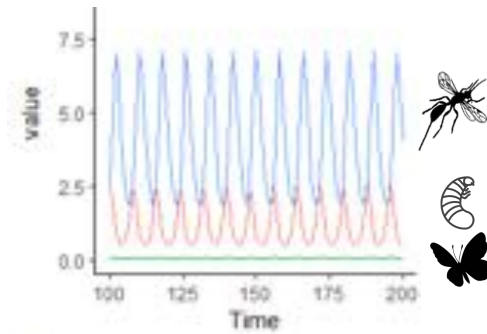
Les indicateurs

- On s'intéresse au comportement asymptotique du modèle



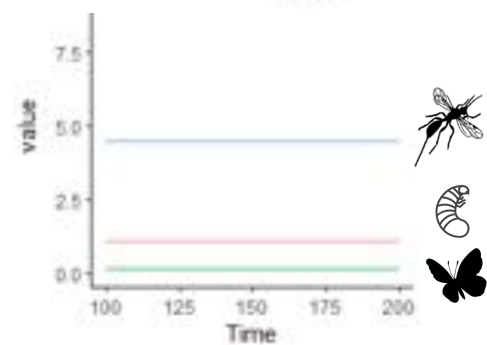
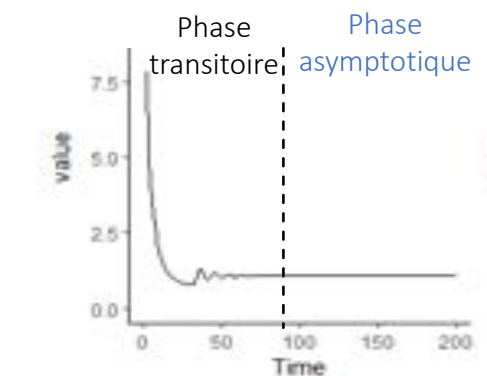
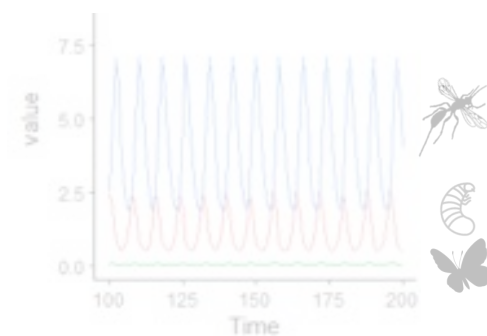
Les indicateurs

- On s'intéresse au comportement asymptotique du modèle



Les indicateurs

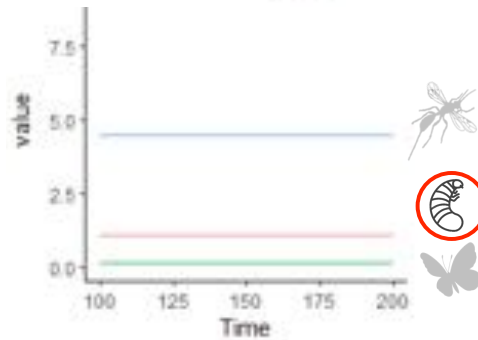
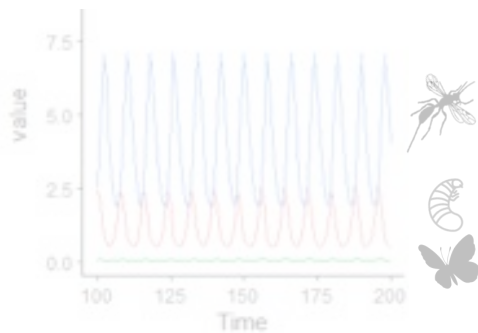
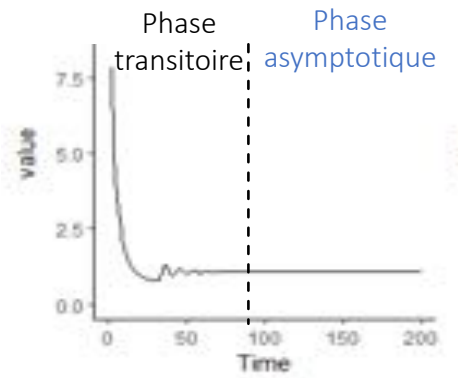
- On s'intéresse au comportement asymptotique du modèle



- On recherche la stabilité

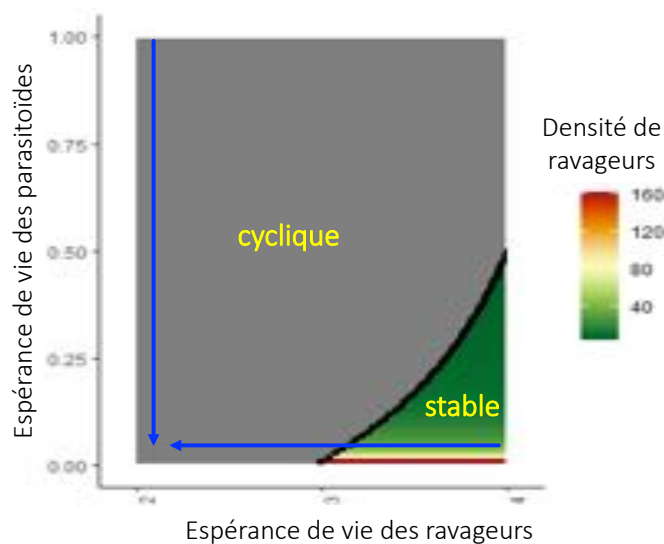
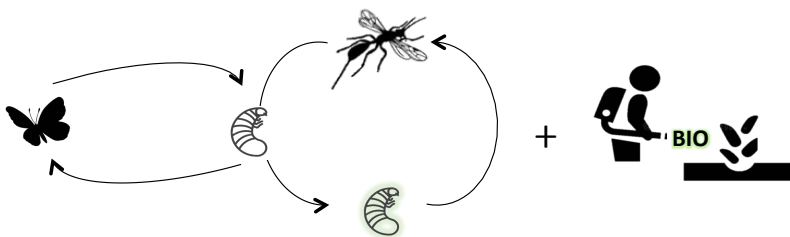
Les indicateurs

- On s'intéresse au comportement asymptotique du modèle

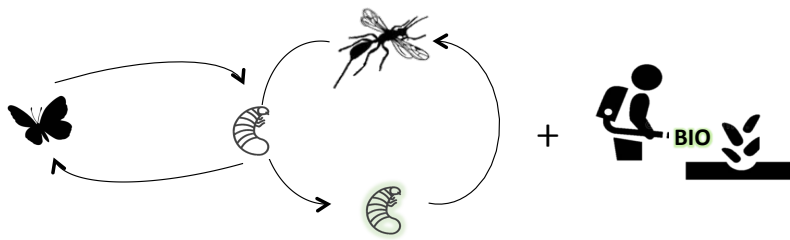


- On recherche la stabilité
- Et une densité de ravageurs à l'équilibre minimale

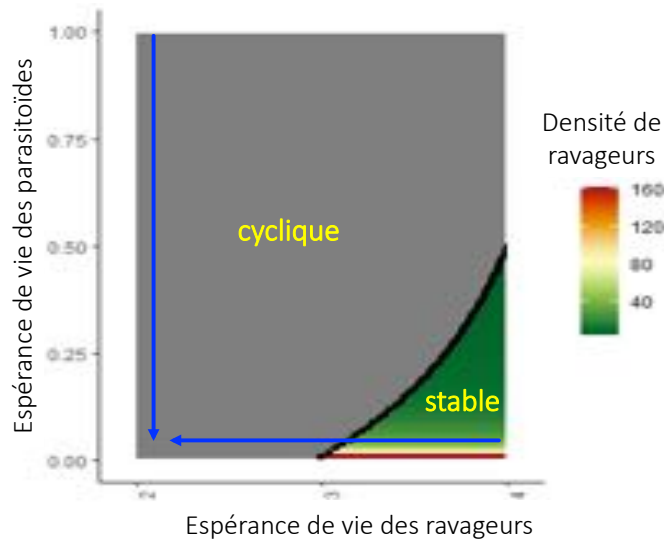
Résultats & Discussion



Résultats & Discussion



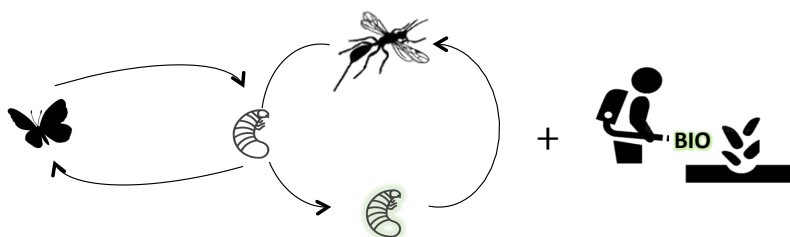
Mortalités ↑



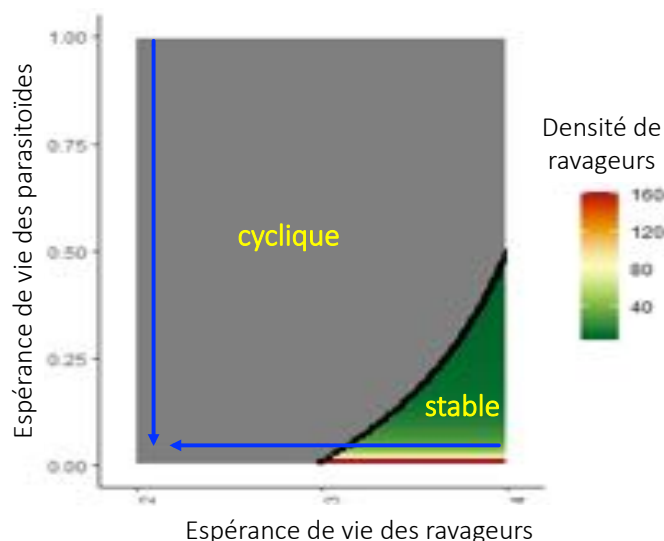
↑ mortalité ravageur :

- pas d'impact sur la qualité du contrôle
- mais peut entraîner l'apparition de cycles

Résultats & Discussion



Mortalités ↑



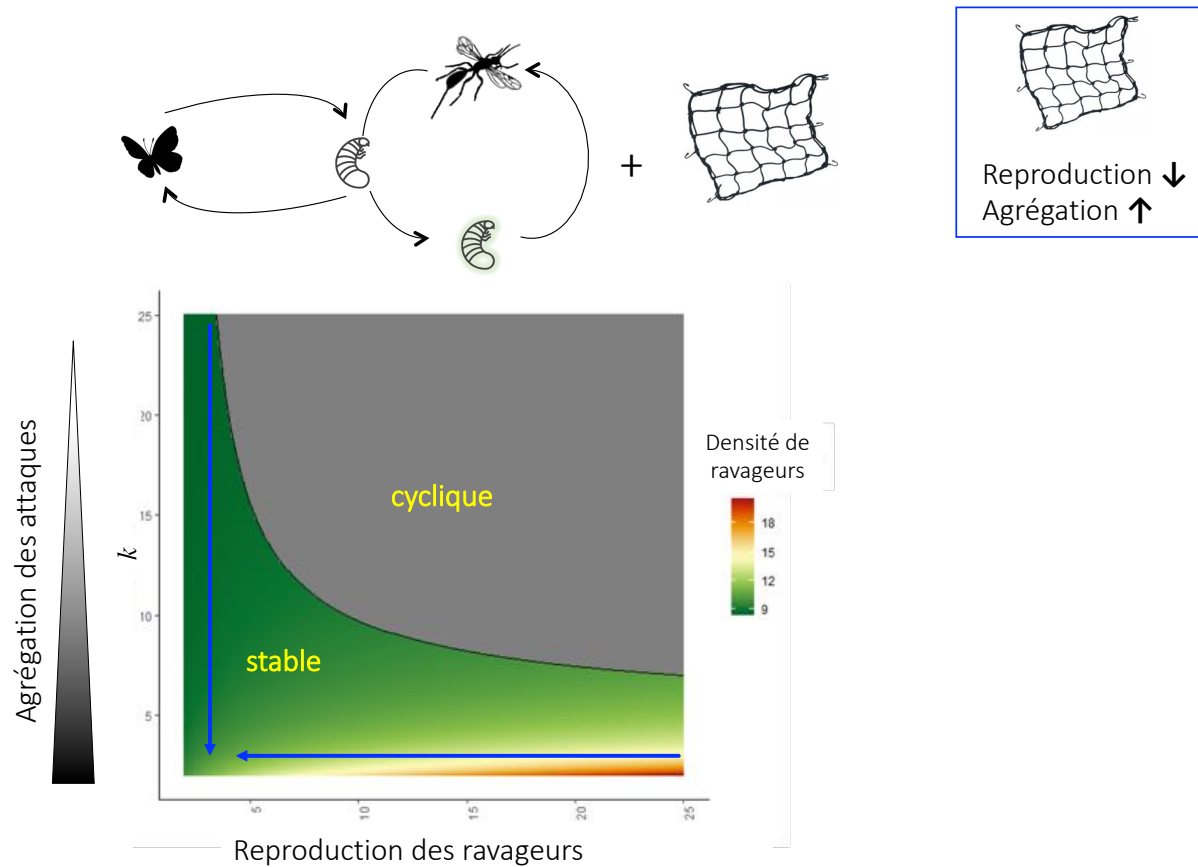
↑ mortalité ravageur :

- pas d'impact sur la qualité du contrôle
- mais peut entraîner l'apparition de cycles

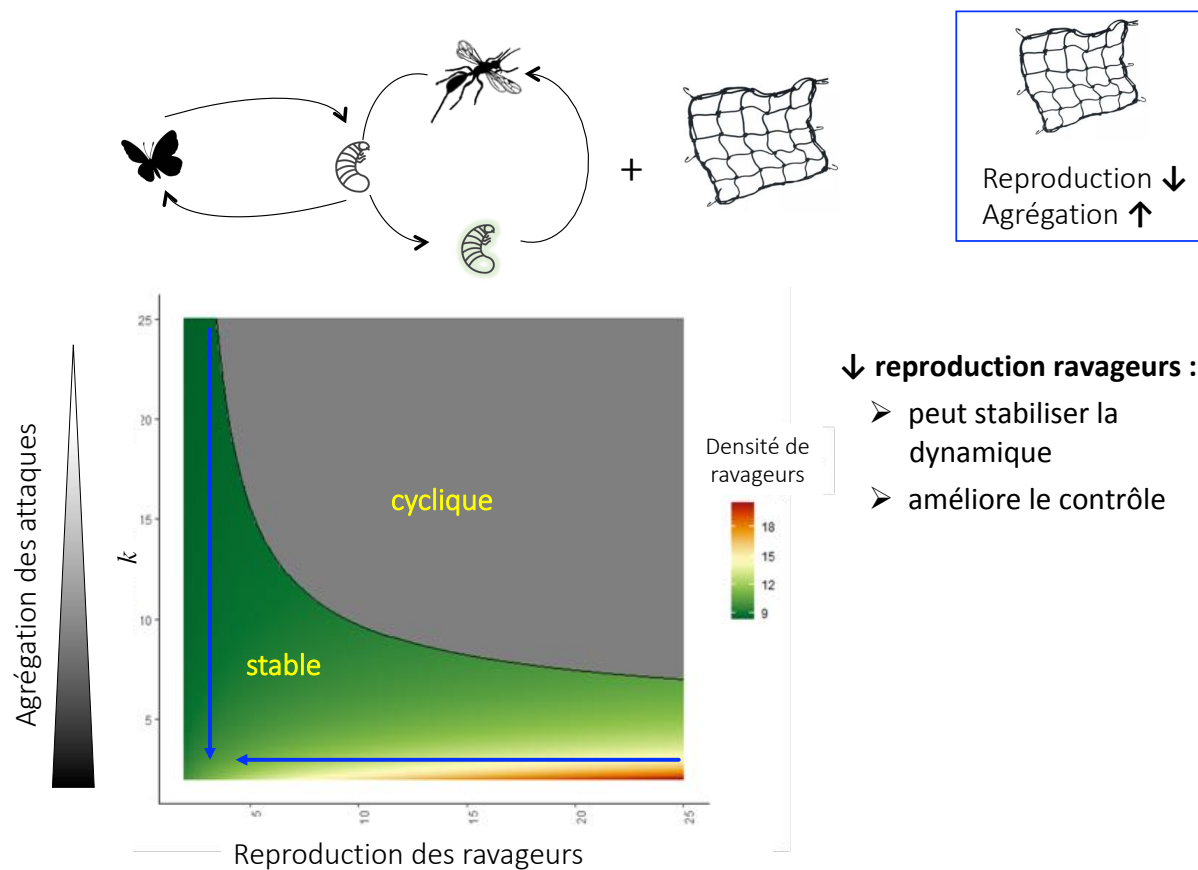
↑ mortalité parasitoïde :

- peut nuire à la qualité du contrôle
- mais peut stabiliser la dynamique

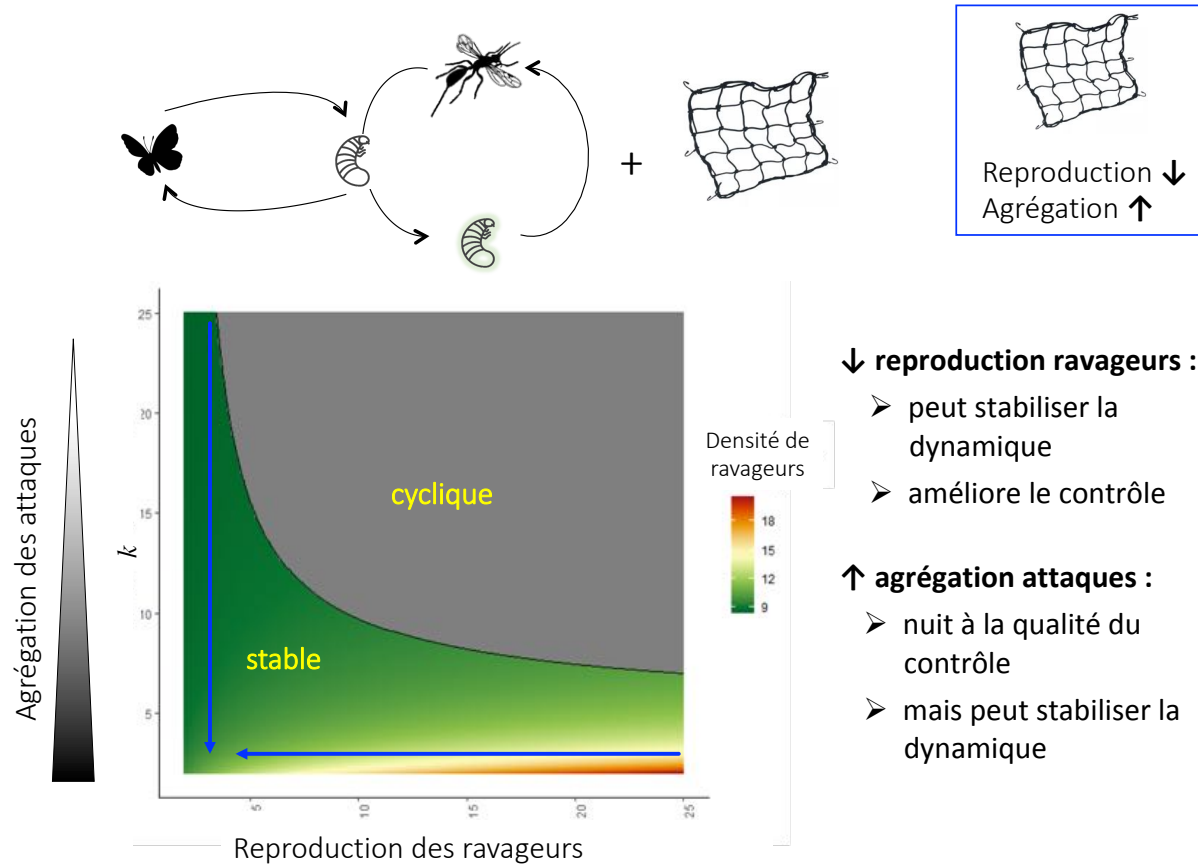
Résultats & Discussion



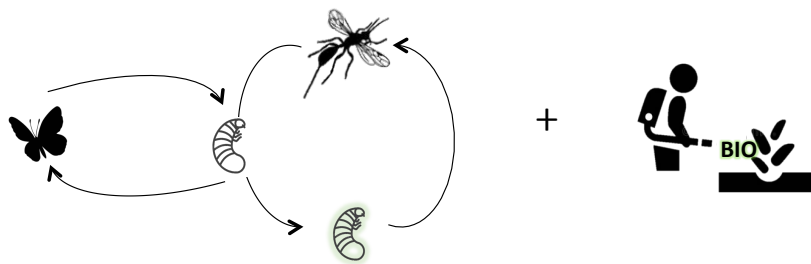
Résultats & Discussion



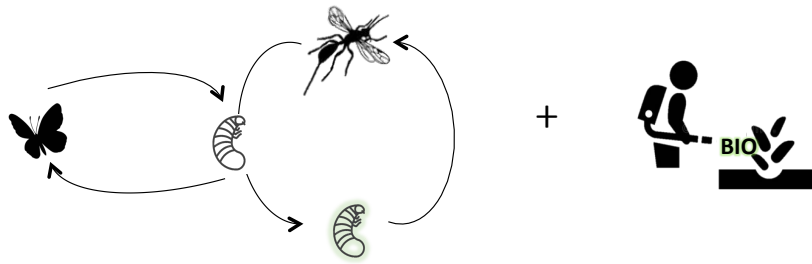
Résultats & Discussion



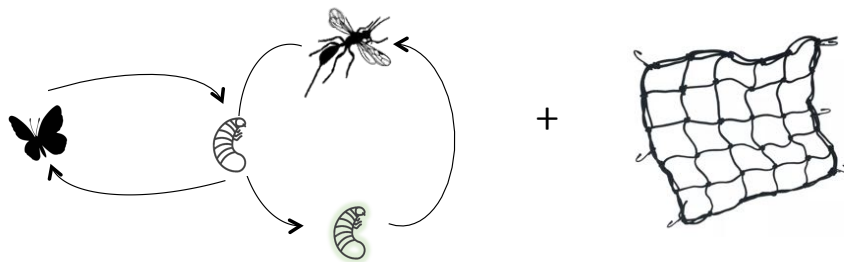
Résultats & Discussion



Si la dynamique hôte-parasitoïde est stable, l'ajout d'un pesticide ne peut pas être bénéfique, même s'il n'impacte que la survie des ravageurs



Si la dynamique hôte-parasitoïde est stable, l'ajout d'un pesticide ne peut pas être bénéfique, même s'il n'impacte que la survie des ravageurs



L'effet bénéfique de la réduction de la reproduction pourrait être atténué par l'augmentation de l'agrégation des attaques

La suite dans l'axe 1 du projet CACOLAC :

- adapter la description des cycles de vie
(auxiliaires multiples, cortège de ravageurs, ...)
- affiner les indicateurs
(mieux tenir compte des dynamiques cycliques)
- spatialiser le modèle
- prendre en compte les aspects évolutifs

Merci pour votre attention !



CACOLAC
Cadre CONceptuel pour l'analyse de
combinaisons de Leviers Agroécologiques

