



**HAL**  
open science

## **Couplage d'un modèle dynamique de population au modèle de culture STICS afin d'étudier les interactions plante-herbivore dans un contexte spatio-temporel.**

### **Application au cas du puceron**

Helene Raynal, Andre Chanzy, Jean Clobert, Michel Loreau, Romain R. Bertrand, Guillaume Robaldo

#### **► To cite this version:**

Helene Raynal, Andre Chanzy, Jean Clobert, Michel Loreau, Romain R. Bertrand, et al.. Couplage d'un modèle dynamique de population au modèle de culture STICS afin d'étudier les interactions plante-herbivore dans un contexte spatio-temporel. Application au cas du puceron. 11e séminaire des utilisateurs de Stics, Oct 2017, La Rochelle, France. hal-02786473

**HAL Id: hal-02786473**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02786473>**

Submitted on 5 Jun 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Couplage d'un modèle de dynamique de population au modèle de culture STICS afin d'étudier les interactions plante-herbivore dans un contexte spatio-temporel.

Application au cas du pucerons.

**Romain Bertrand<sup>\*1,2</sup>, Guillaume Robaldo <sup>3</sup>, Hélène Raynal <sup>3</sup>, André Chanzy <sup>4</sup>, Michel Loreau <sup>1,2</sup>, Jean Clobert <sup>1</sup>**

❖ 1 : CNRS, UMR5321 SETE, F-09200 Moulis, France

❖ 2 : CNRS, CBTM, UMR5321 SETE, F-09200 Moulis, France

❖ 3 : INRA, UR0875 MIAT, F-31326 Castanet-Tolosan, France

❖ 4 : INRA, UMR1114 EMMAH, F-84914 Avignon, France



# Objectifs

## Modélisation dynamique des interactions entre biocénose et cultures.

- ❖ Interactions entre une espèce (ex : ravageurs, pollinisateurs) et des cultures (ex : colza, tournesol, soja)
  - Quantifier l'influence directe de la population d'une espèce sur des cultures
    - ex : abondance → biomasse → rendement
  - Quantifier l'influence du développement de cultures sur la dynamique de population d'une espèce
    - ex : modification de la ressource → modification (croissance/dispersion) de la population
  
- ❖ Couplage dynamique (interactions en temps réel)
  - Différentes échelles spatio-temporelles
    - ex : parcelle (agro) vs pixel (individu)
    - ex : simulation journalière (agro) vs cycle de vie (individu)
  
- ❖ Couplage générique
  - Différentes espèces (cycles de vie différent, ressources différentes)
  - Différents modèles pour modéliser le paysage et le rendre dynamique : agro (STICS), forêt (CAPSYS), prairies (Herb'Sim), hydro (OpenFluid), ...



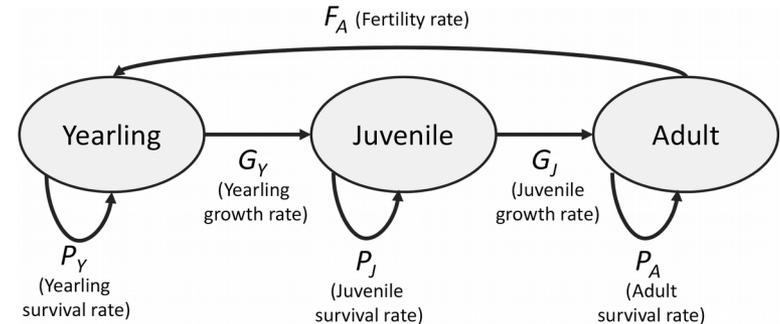
# Modèle conceptuel et couplage

# Modèle de dynamique des populations

Individus-centré, stochastique, basé sur la ressource  
et densité dépendant.

## ❖ Cycle de vie (Survie-Reproduction).

- **Modèle matricielle de population.**  
~ graphe d'états-transitions
- **Dynamique dans le temps**  
ex : reproduction saisonnière
- **Densité dépendant basé sur la ressource**  
ex : reproduction en fonction du nombre de d'individus  
et de la ressource disponible



## ❖ Dispersion à l'échelle du paysage.

- **Paysage sous forme matricielle**  
ex : raster d'occupation du sol
- **Coefficient de compétition (k) basé sur la ressource**  
ex : forte compétition → dispersion
- **Coefficient de rugosité/coût (r) → choix de la direction**
- **Persistance directionnelle → choix d'un modèle individus-centré.**

(a) Probability of cell selection

	0.074	0.209	0.148	
	0.209		0.105	
	0.037	0.070	0.148	

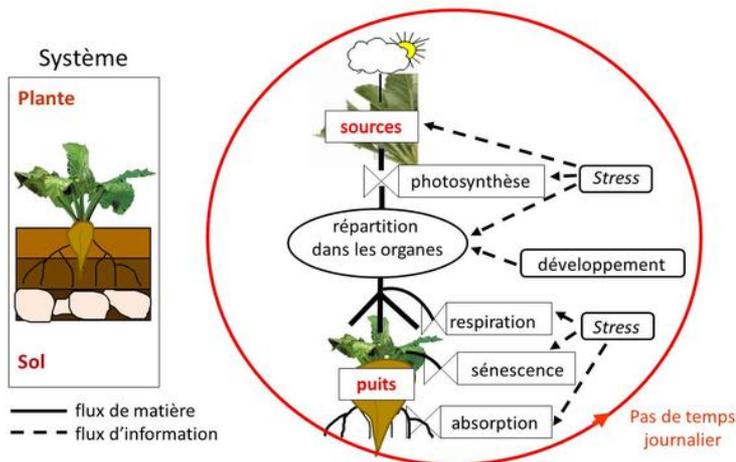
# Modèle de simulation de cultures

Mécaniste, déterministe et quantitatif.

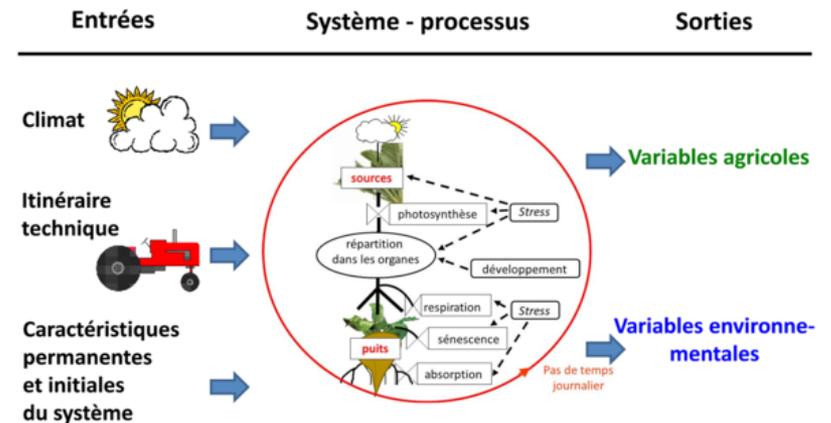
❖ STICS.

- « modèle dynamique, générique et robuste permettant de simuler le système sol-culture ».
- Permet entre autres de calculer la production journalière de la biomasse et la surface foliaire de la plante

## Principes de fonctionnement de STICS (1)

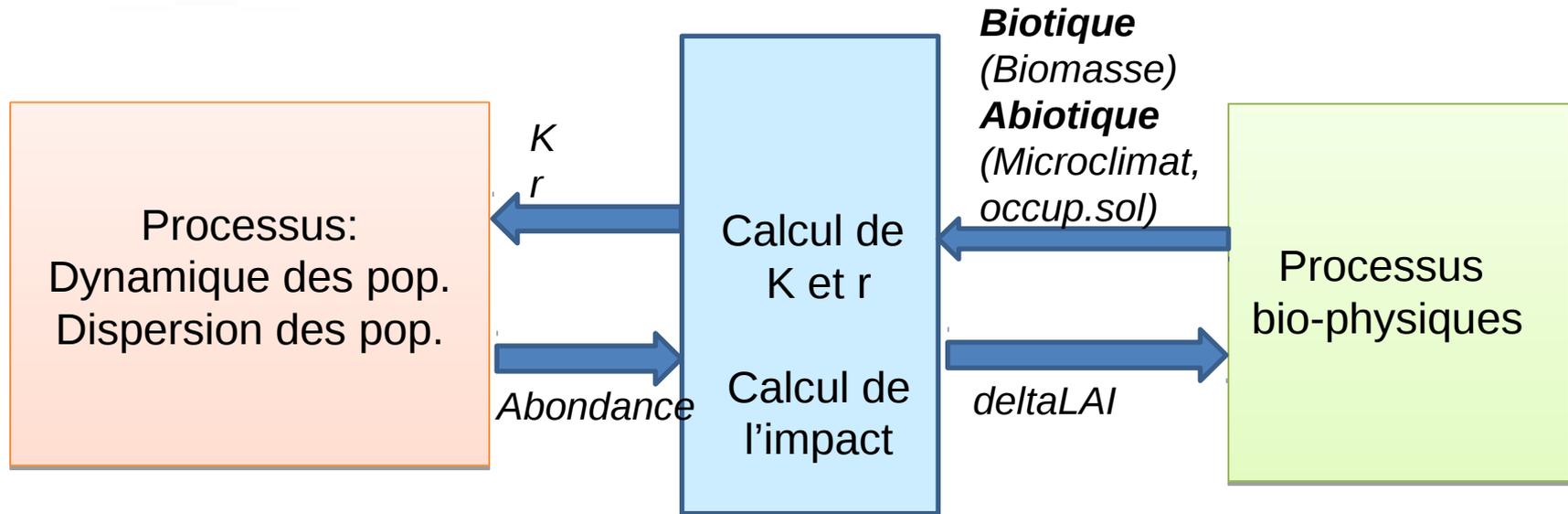


## Principes de fonctionnement de STICS (2)



# Modèle conceptuel

## Couplage dynamique et rétroactions



- ❖ **Impacts des individus (abondance) sur les cultures (LAI).**
  - Ex : abondance des ravageurs → diminution de la biomasse.
- ❖ **Impacts de la culture (biomasse) sur les individus (coefficient de compétition  $k$  et rugosité du paysage  $r$ ).**
  - Ex : diminution de la biomasse → diminution et/ou dispersion des ravageurs.

# Passage au paysage

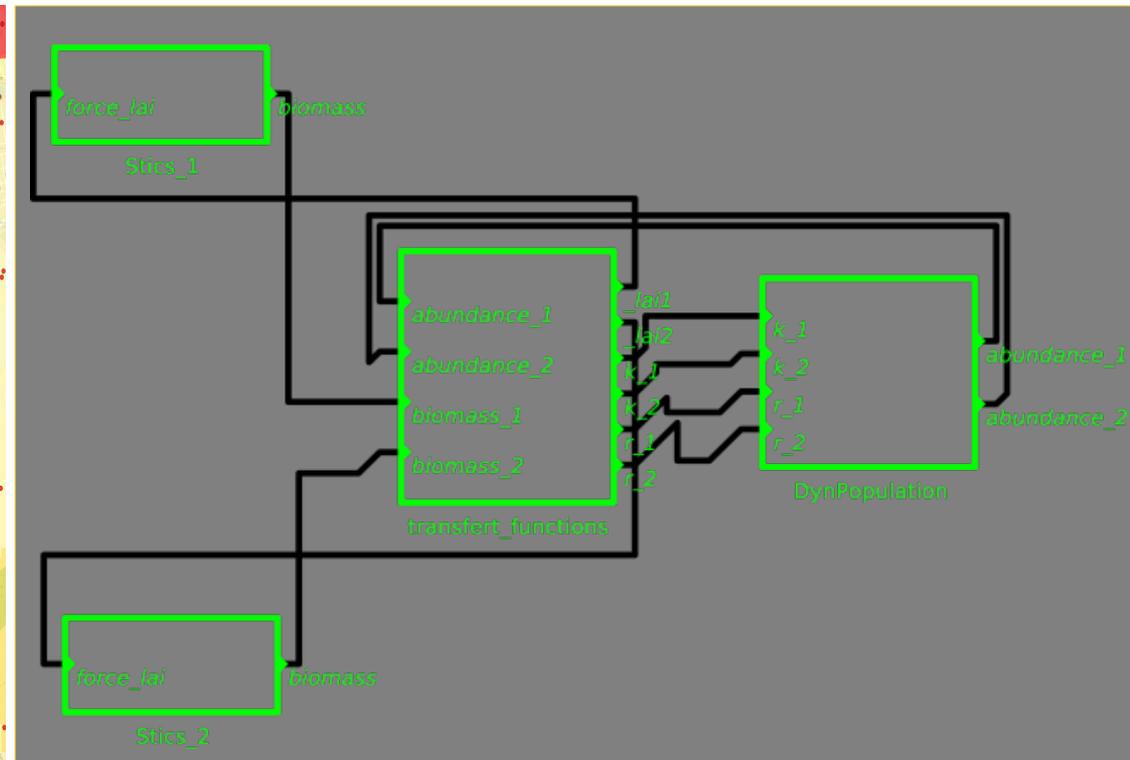
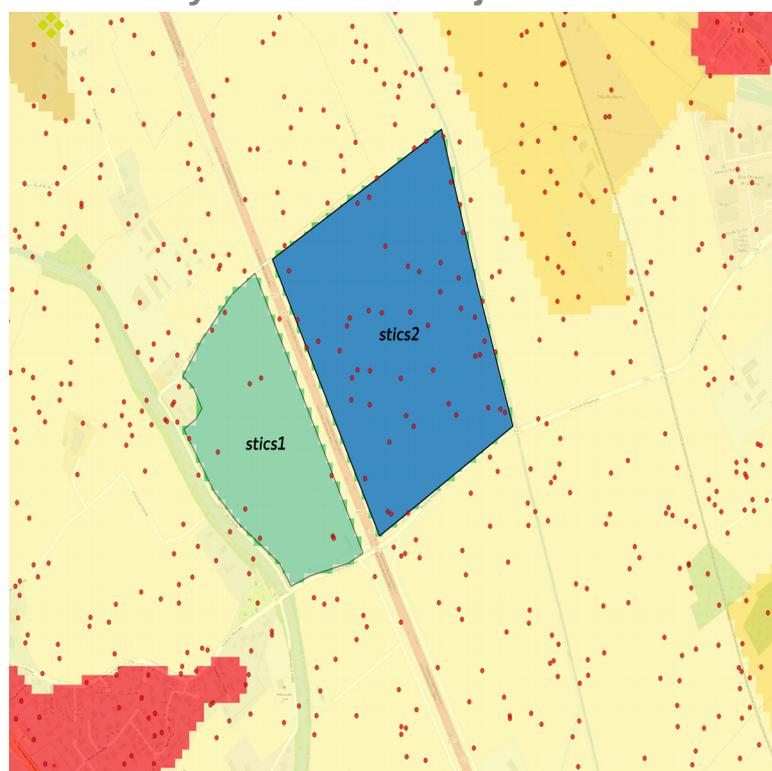
## Exemple deux parcelles et une espèce

### ❖ Paysage et espèce virtuels

- CLC 2012 (25m), 10x10km
- Stics1 (colza)
- Stics2 (soja)
- 3 classes d'âges sexuées
- cycle de vie de 5 jours

### ❖ Résultat du couplage dans la plateforme RECORD

- Abondance 1&2 → Lai 1&2
- Biomass1&2 → K 1&2 et R 1&2





# Cas d'étude

# Cas d'étude

## Puceron (*Brachycaudus helichrysi*) du prunier et du tournesol

### ❖ Espèce

- 9 classes (combinaisons de {œuf, juvénile, adulte}, {sexué, asexué}, {ailé, aptère})

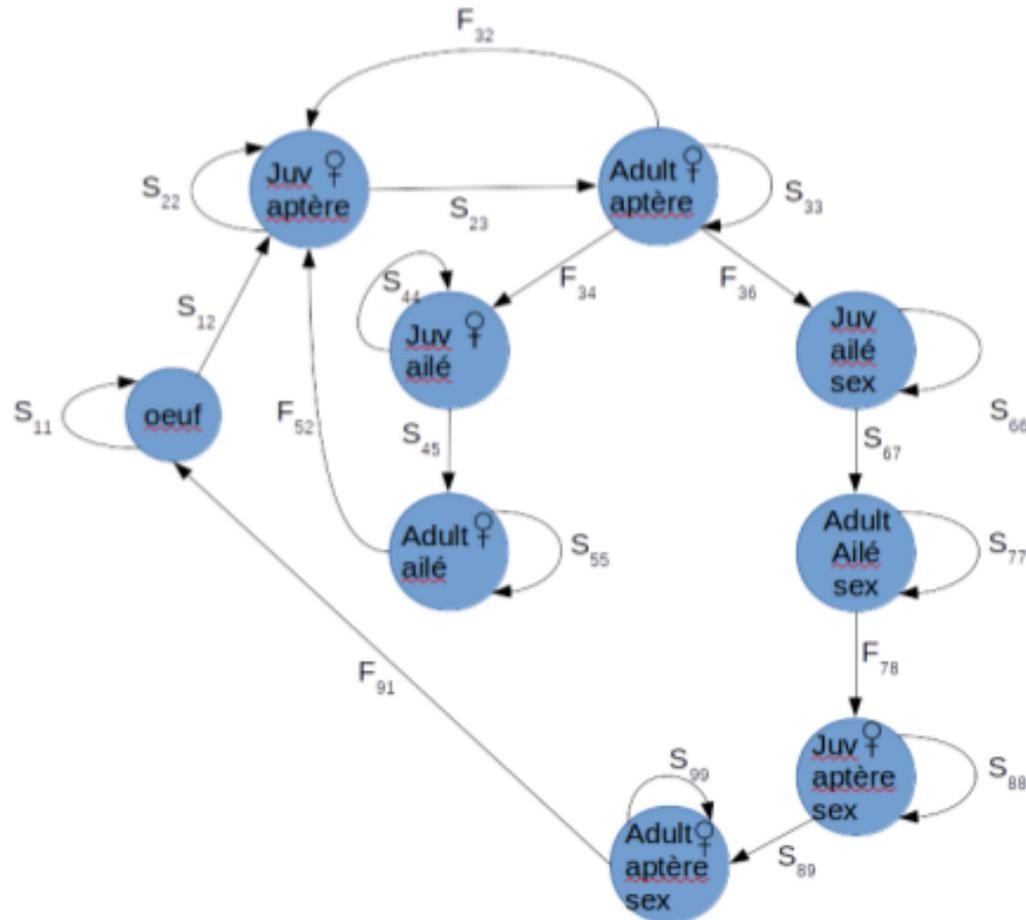


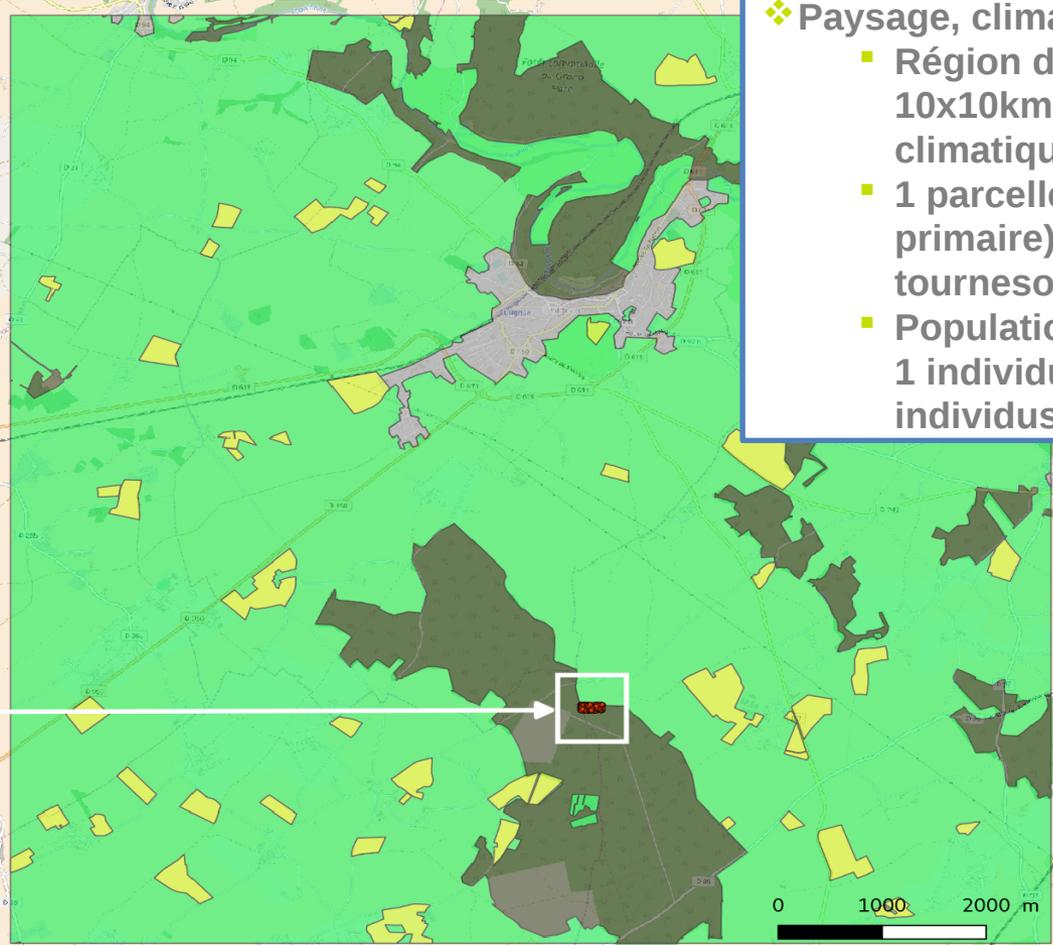
FIGURE 2 – Cycle simplifié. S = fonction de survie; F = fonction de fécondité.

# Cas d'étude

## Puceron (*Brachycaudus helichrysi*) du prunier et du tournesol

### Légende

- Population initiale
- Occupation du sol
  - urbain
  - zone boisée sans hôte primaire
  - zone agricole sans hôte secondaire
  - tournesol (hôte secondaire)
  - Prunus sp. (hôte primaire)
- © OpenStreetMap contributors



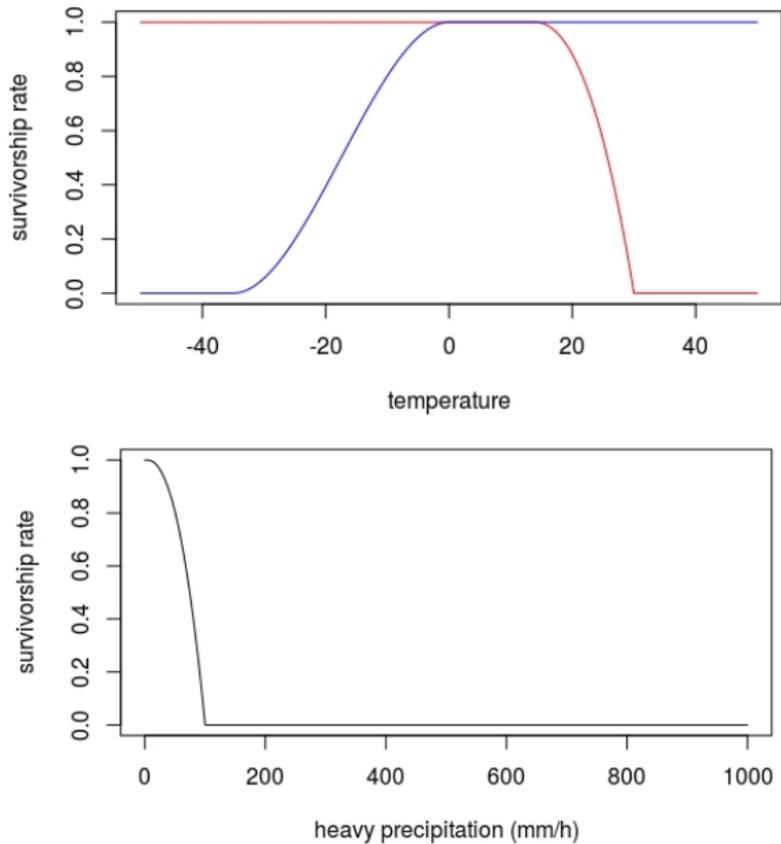
### ❖ Paysage, climat, population initiale

- Région de Lusignan (86), 10x10km (25x25m), Série climatique 2012-16
- 1 parcelle de prunier (hôte primaire), 55 parcelles de tournesol (hôte secondaire)
- Population initiale : 250 œufs, 1 individu simulé = 1000 individus réels

# Cas d'étude

## Puceron du prunier et du tournesol

- ❖ Exemples des fonctions d'incidence du climat sur les processus de dispersion, survie et fécondité



- ❖ Exemple des fonctions de conversion de la capacité de charge en coefficient de compétition

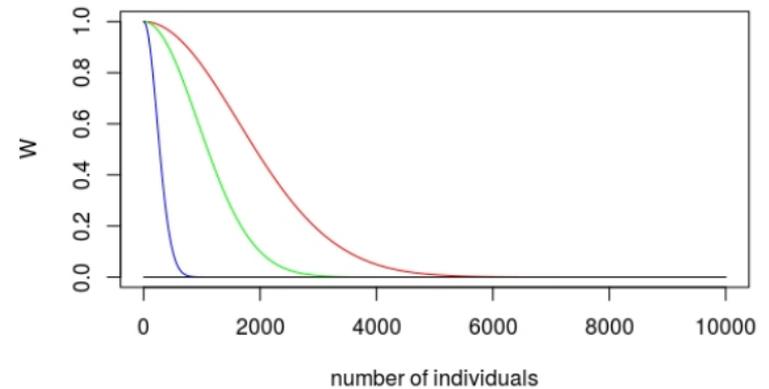
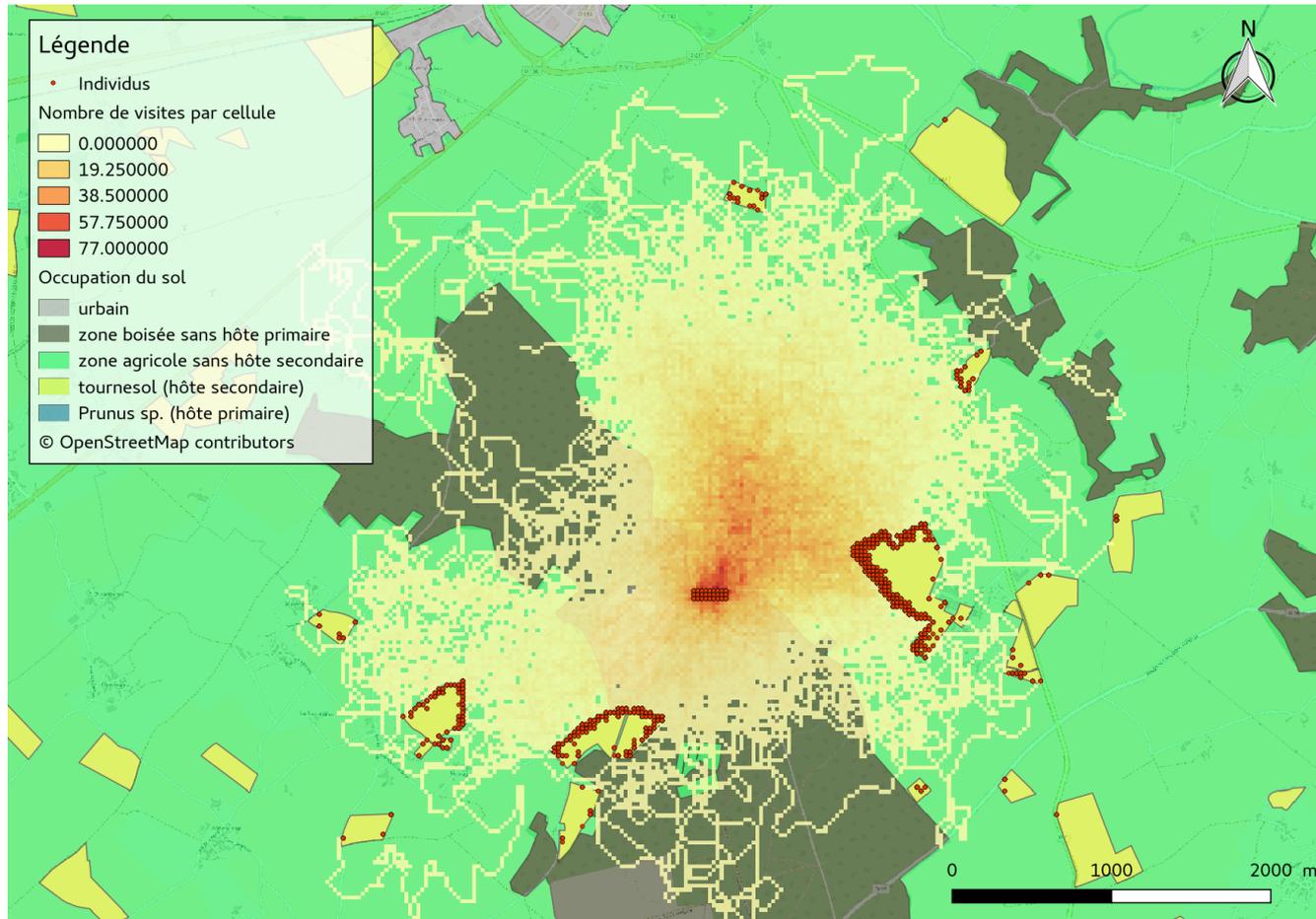


FIGURE 6 - Relations existant entre  $W_{22}$  et le nombre  $n$  d'individus pour différentes capacités de charge  $K_{22}$ .  $K_{22} = 1$  individu (coube noire);  $K_{22} = 1000$  individus (coube bleue);  $K_{22} = 4000$  individus (coube verte);  $K_{22} = 7000$  individus (coube rouge). Avec  $s_0 = 0.001$ .

# Cas d'application

## Puceron du prunier et du tournesol

### ❖ Exemples de sorties du modèle

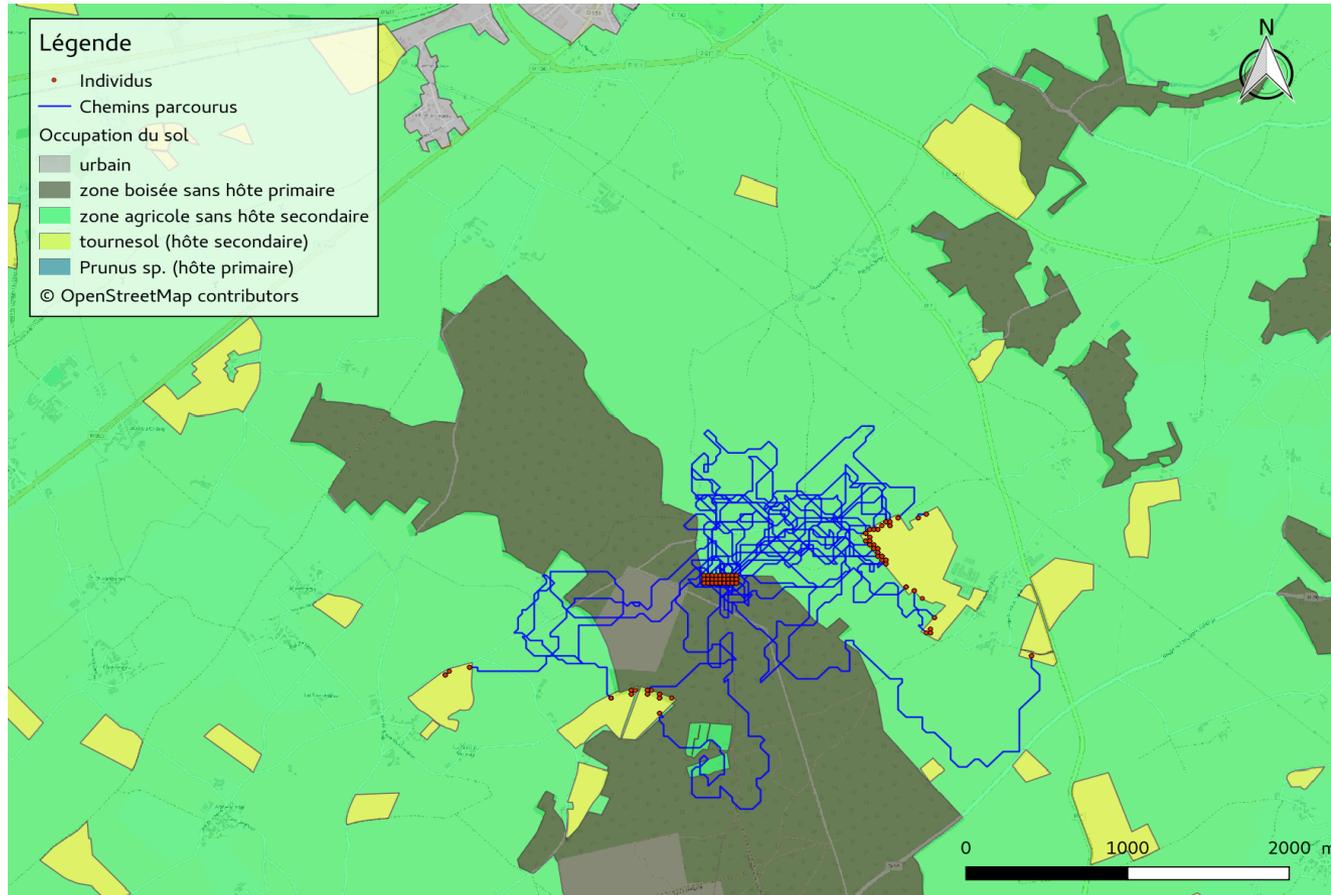


nombre de visites par les pucerons par cellule durant un événement de dispersion

# Cas d'application

## Puceron du prunier et du tournesol

### ❖ Exemples de sorties du modèle



chemins parcourus par les pucerons durant un événement de dispersion



# Conclusions Perspectives

# Conclusions

- ❖ **Modèle conçu sur des données bibliographiques**
  - Peu de données expérimentales actuellement pour une validation complète.
  - Permet d'observer des effets relatifs (organisation du paysage).
  
- ❖ **Intérêt de l'approche générique.**
  - Modèle de dynamique des populations.
  - Modèle de culture.
  - Couplage des modèles.

# Perspectives

## Évolutions et outils

- ❖ ITK, assolement
  
- ❖ Génétique des populations.
  - Traits fonctionnels (ex : dispersion, préférence alimentaire).
  
- ❖ Multi-espèces.
  - Compétition pour la ressource, proies-prédateurs.
  
- ❖ Couplage avec d'autres modèles.
  - Dynamique forestières, dynamique de prairies, modèle climatique, etc.
  
- ❖ Modèle énergétique pour les individus.
  - Coût d'un déplacement, coût de la reproduction, satiété de la ressources.



**Merci pour votre attention**

