



Présentation du projet AgroDynaLand

exemple de couplage de modèle de simulation de cultures
et de dynamique de population à l'échelle d'un paysage
hétérogène et dynamique



Contexte

AnaEE-France, CNRS, INRA

❖ AnaEE-France (Analyses et Expérimentations sur les Ecosystèmes – France).

- Infrastructure nationale de recherche dédiée à l'étude des écosystèmes continentaux et de leur biodiversité.



❖ CNRS.

- SETE : Station d'Ecologie Théorique et Expérimentale de Moulis (09).
- Expertises sur des modèles éco-systémiques et de dispersion à l'échelle d'un paysage hétérogène.



❖ INRA.

- RECORD : Plateforme informatique de modélisation et de simulation des agro-écosystèmes.
- Approche systémique de ces agro-écosystèmes.
- Modèles « mécanistes » souvent développés à partir de couplage dynamiques de modèles.
- Gamme de formalismes de modélisation : Equations aux différences, Equations différentielles, Forrester, décision (opérationnelle, stratégique ...).
- Bibliothèque de modèles disponibles
- Différents outils (VLE, GUI, lien R, Python, Web)



Objectifs

Modélisation dynamique des interactions entre biocénose et cultures.

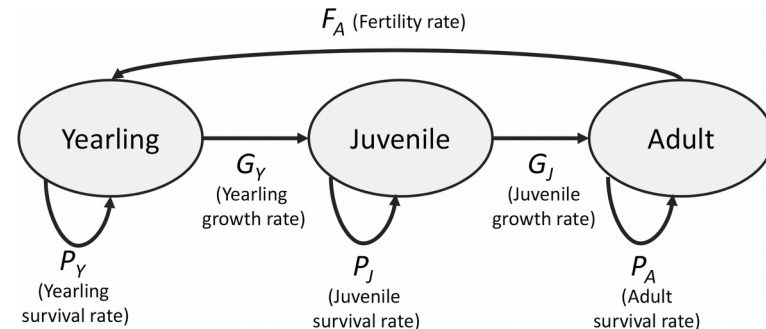
- ❖ Interactions entre une espèce (ex : ravageurs, pollinisateurs) et des cultures (ex : colza, tournesol, soja)
 - Quantifier l'influence directe de la population d'une espèce sur des cultures
ex : abondance → biomasse → rendement
 - Quantifier l'influence du développement de cultures sur la dynamique 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 de dynamique de population

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	

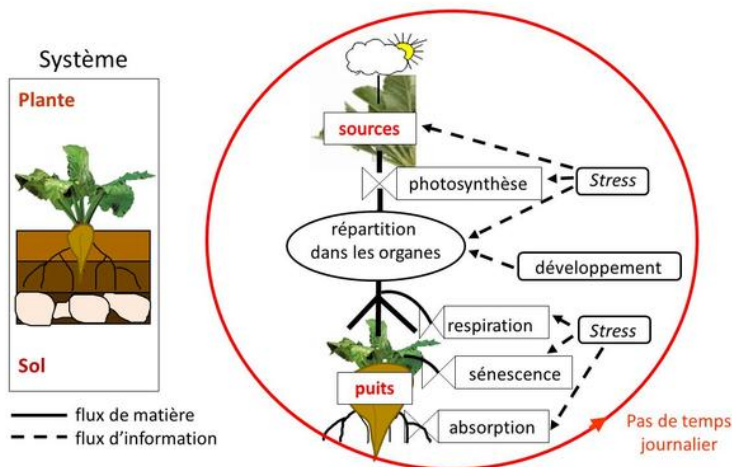
Modèle de simulation de cultures

Mécaniste, déterministe et quantitatif.

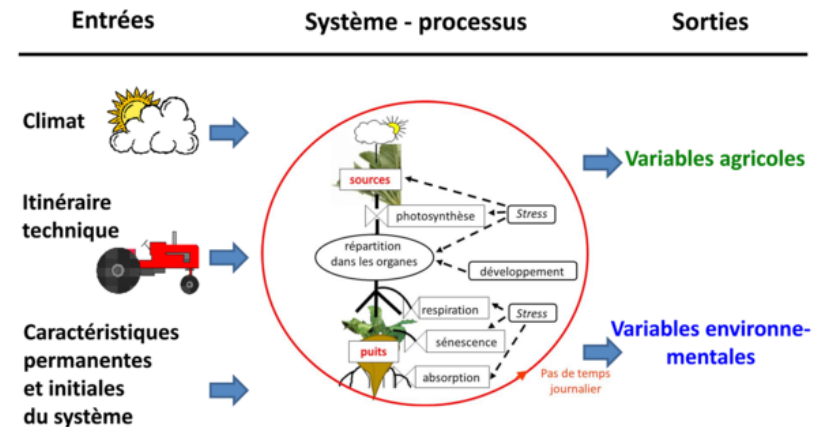
❖ STICS (VLE).

- « 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)



Couplage des modèles

Fonctions de transfert

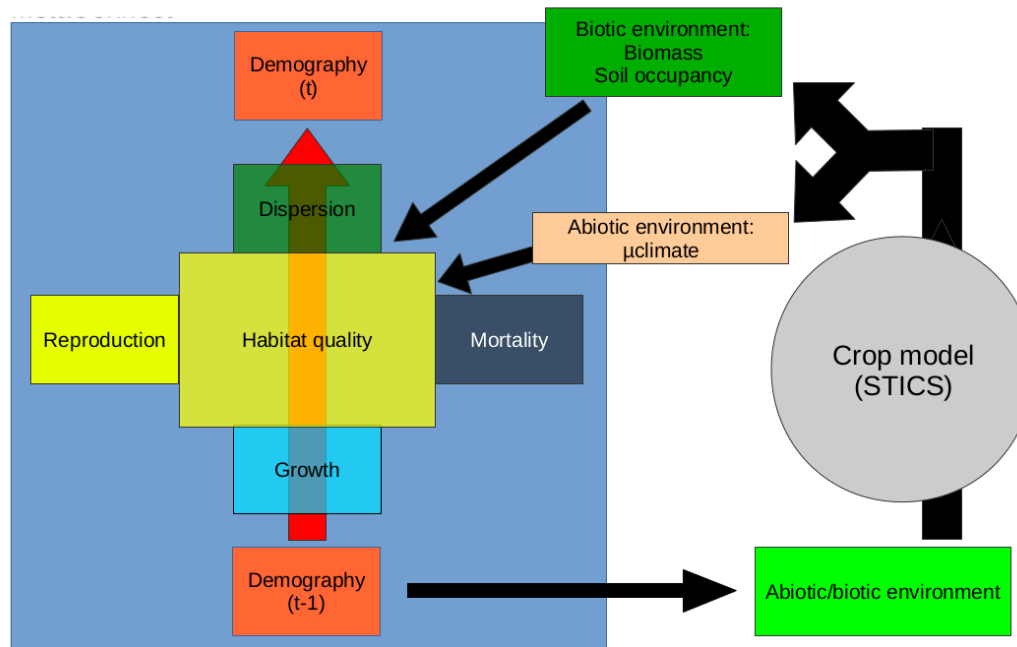


❖ Impacts des individus (abondance) sur les cultures (LAI).

- 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.



Couplage des modèles

Exemple deux parcelles et une espèce

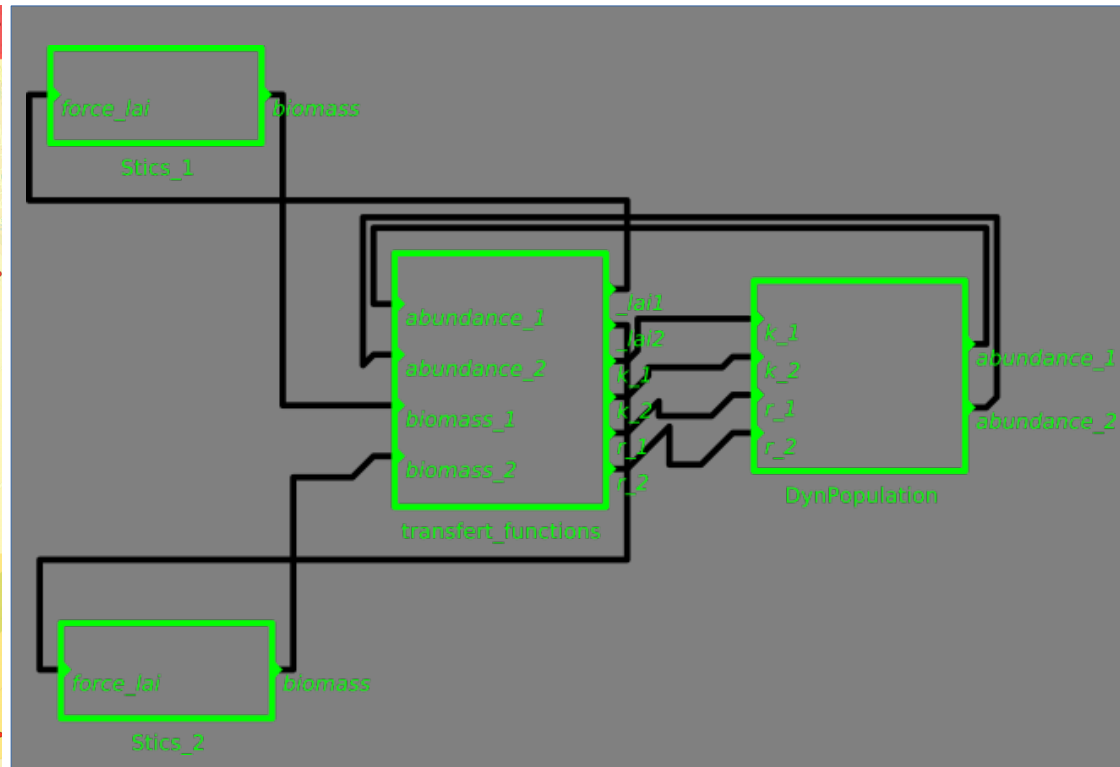
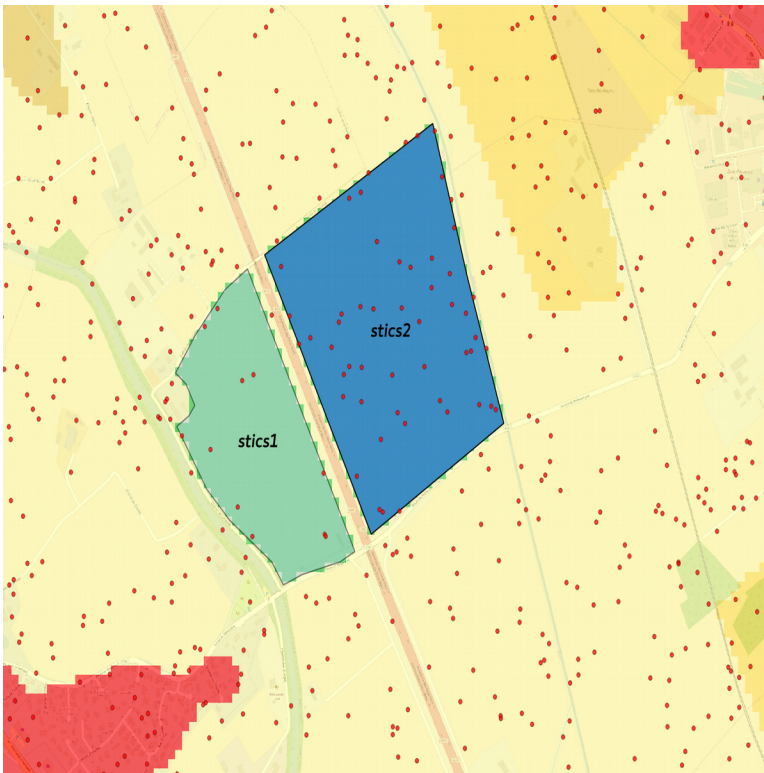


❖ Paysage et espèce virtuels

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

❖ Résultat du couplage dans GVLE

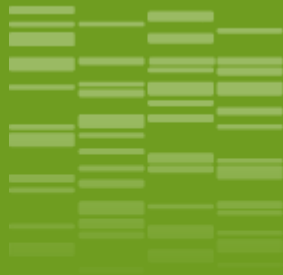
- Abondance 1&2 → Lai 1&2
- Biomass1&2 → K 1&2 et R 1&2



Perspectives

Évolutions et outils

- ❖ **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.
- ❖ **Outils**
 - **Plugin Qgis, ArcGis**
 - PyVLE, appel des modèles VLE avec Python.
 - **Paquet R.**
 - RVLE : appel des modèles VLE avec R.



Merci pour votre attention



Cas d'application

Puceron du prunier et du tournesol

❖ Paysage et climat

- Région de Lusignan (86)
- 10x10km (résolution de 25x25m)
- 1 parcelle de prunier (hôte primaire)
- 55 parcelles de tournesol (STICS)
- Série climatique 2012-16

❖ Espèce

- 9 classes (combinaisons de {œuf, juvénile, adulte}, {sexué, asexué}, {ailé, aptère})
- Population initiale : 250 œufs
- 1 individu simulé = 1000 individus réels

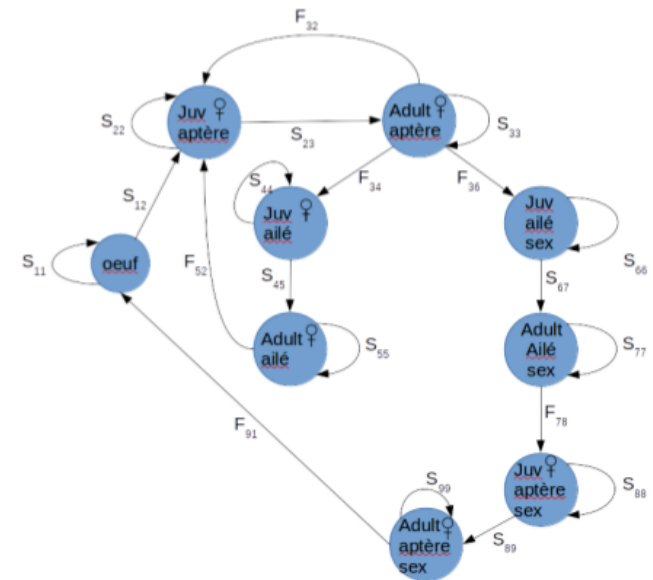
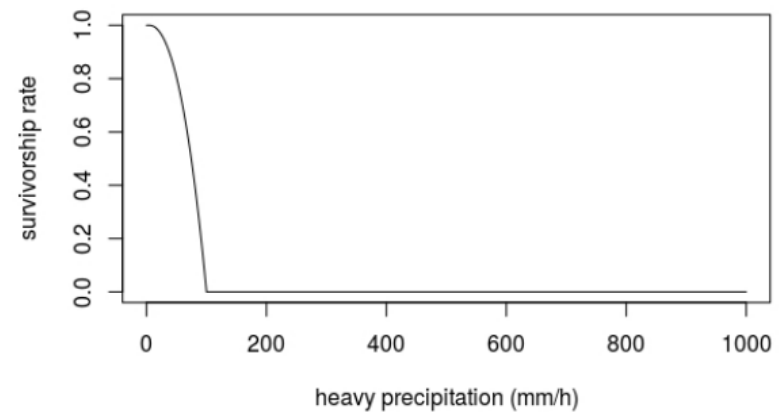
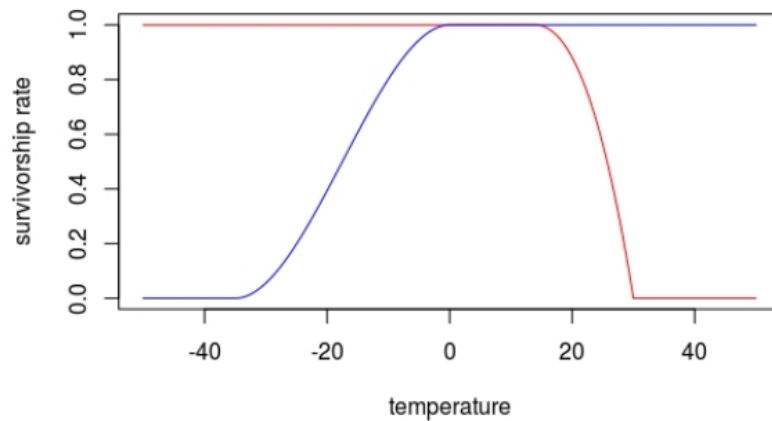


FIGURE 2 – Cycle simplifié. S = fonction de survie ; F = fonction de fécondité.

Cas d'application

Puceron du prunier et du tournesol

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



Cas d'application

Puceron du prunier et du tournesol

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

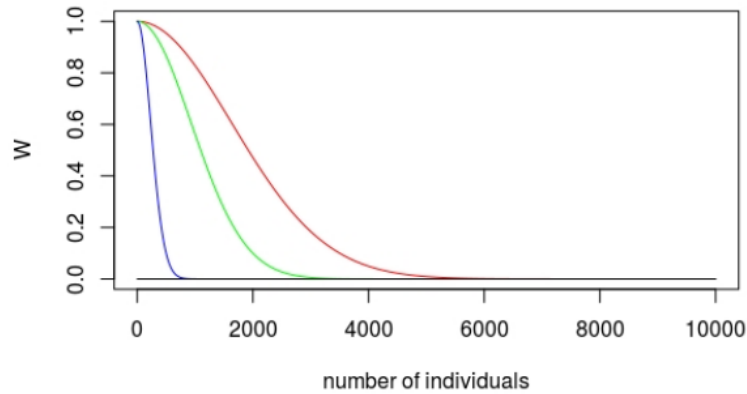


FIGURE 6 – Relations existant entre W_{22} et le nombre n d'individus pour différentes capacité de charge K_{22} . $K_{22} = 1$ individu (coube noire); $K_{22} = 1000$ individus (coube bleue); $K_{22} = 4000$ individus (coube verte); $K_{22} = 7000$ individus (coube rouge). Avec $s_0 = 0.001$.

Cas d'application

Puceron du prunier et du tournesol

- ❖ Exemple des fonctions d'incidence de la densité de puceron sur le LAI des cultures

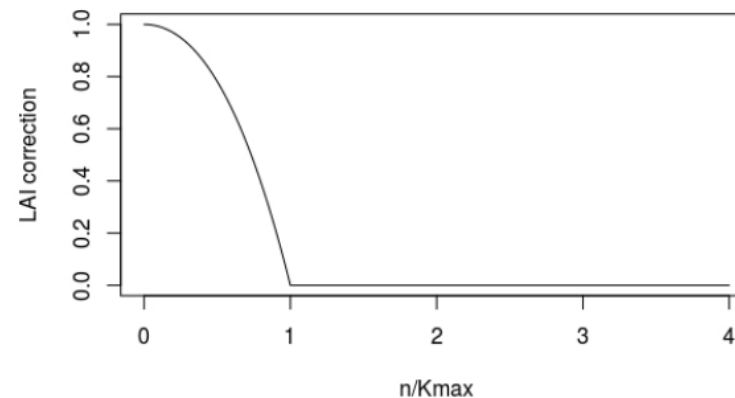
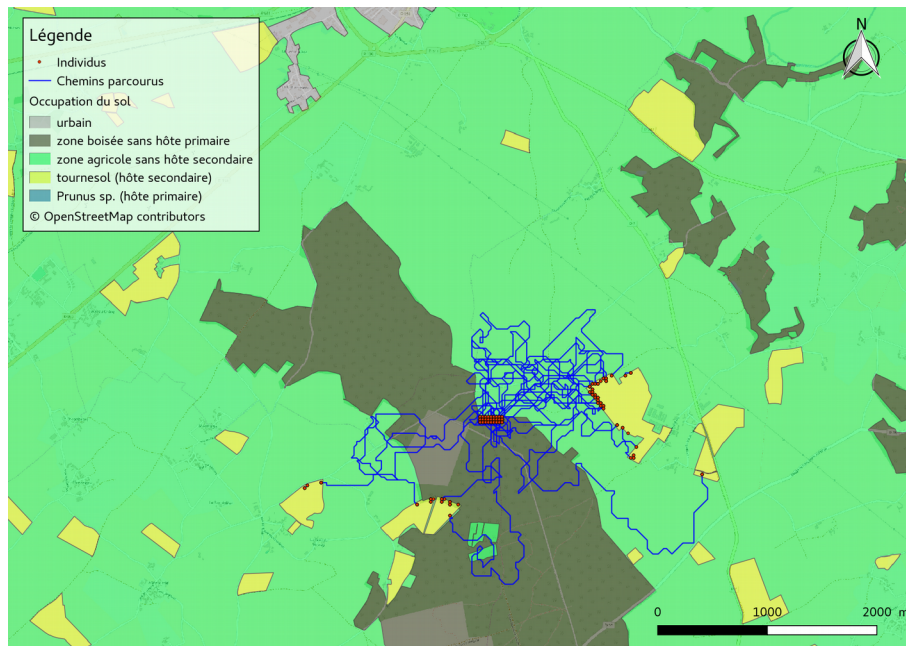


FIGURE 11 – Effet de la densité de puceron sur le facteur de correction du LAI.

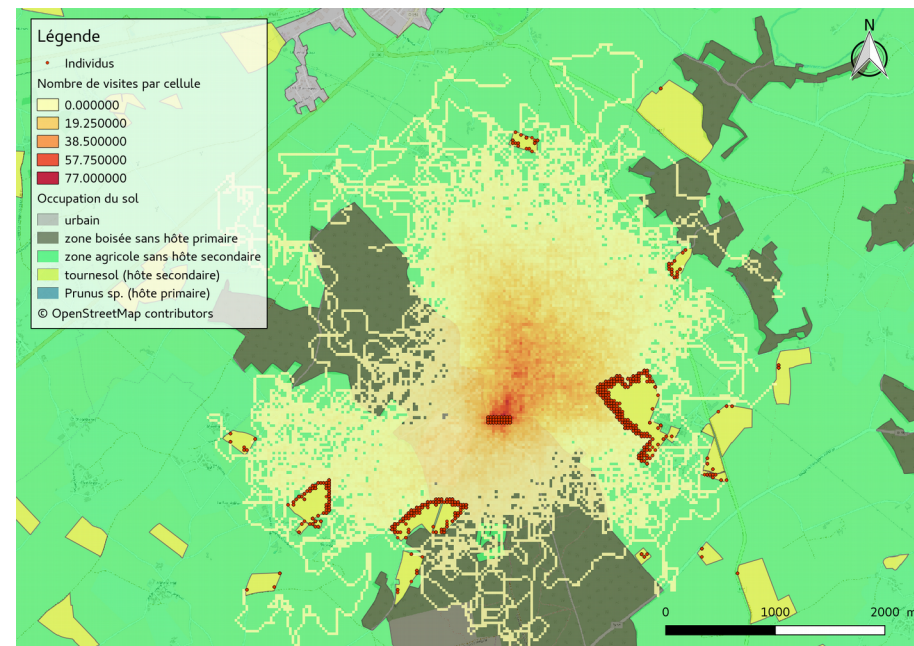
Cas d'application

Puceron du prunier et du tournesol

❖ Exemples de sorties du modèle



chemins parcourus par les pucerons
durant un événement de dispersion



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

Cas d'application

Puceron du prunier et du tournesol



❖ Publication in progress...

Coupling a population dynamic model to the crop model STICS, in order to investigate plant-herbivore interactions under a spatio-temporal context. Case of application: aphids.

Romain Bertrand* 1,2 , Guillaume Robaldo 3 , Hélène Raynal 3 , André Chanzy 4 , Michel Loreau 1,2 , Jean Clobert 1

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