



**HAL**  
open science

## Modélisation Intégrée du devenir des Pesticides dans les Paysages agricoles (projet MIPP)

Marc Voltz, Carole Bedos, David Crevoisier, Jean-Christophe Fabre,  
Benjamin Loubet, Manuel Chataignier, P. Bankwal, Enrique Barriuso, Pierre  
Benoit, Yves Brunet, et al.

### ► To cite this version:

Marc Voltz, Carole Bedos, David Crevoisier, Jean-Christophe Fabre, Benjamin Loubet, et al.. Mod-  
élisation Intégrée du devenir des Pesticides dans les Paysages agricoles (projet MIPP). 49e Congrès  
Groupe Français de recherche sur les Pesticides, May 2019, Montpellier, France. hal-02962223

**HAL Id: hal-02962223**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02962223>**

Submitted on 9 Oct 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.

# Modélisation Intégrée du devenir des Pesticides dans les Paysages agricoles (projet MIPP)



Voltz M., Bedos C., Crevoisier D., Fabre J.C., Loubet B. , Chataigner M.,  
Bankwal P., Barriuso E. , Benoit P., Brunet Y., Casellas E., Chabrier P.,  
Chambon C.,, Dagès C., Douzals J.P., Drouet J.L., Lafolie F., Mamy L., Moitrier  
N., Personne E., Pot V., Raynal H., Ruelle B., Samouelian A., Saudreau M.

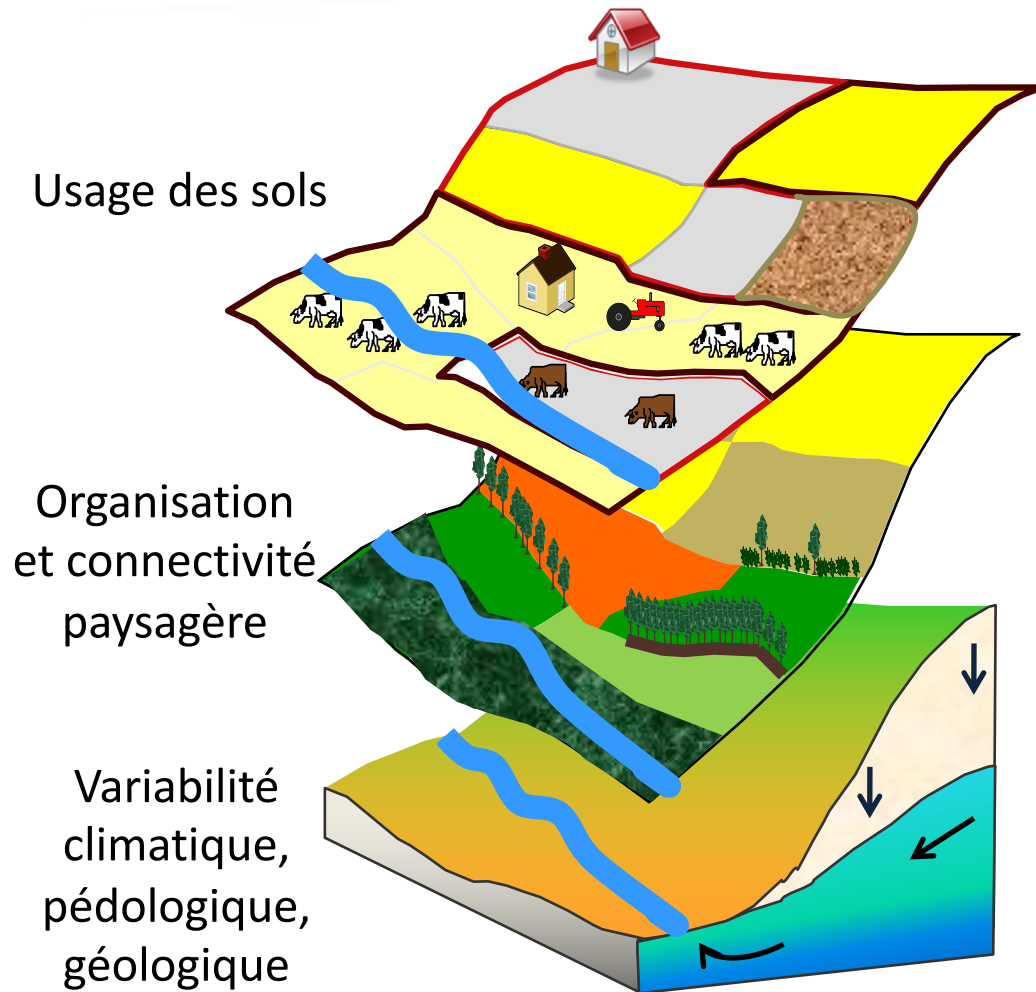


49<sup>ème</sup> Congrès du GFP, Montpellier, 21-24 mai 2019

# CONTEXTE ET OBJECTIFS

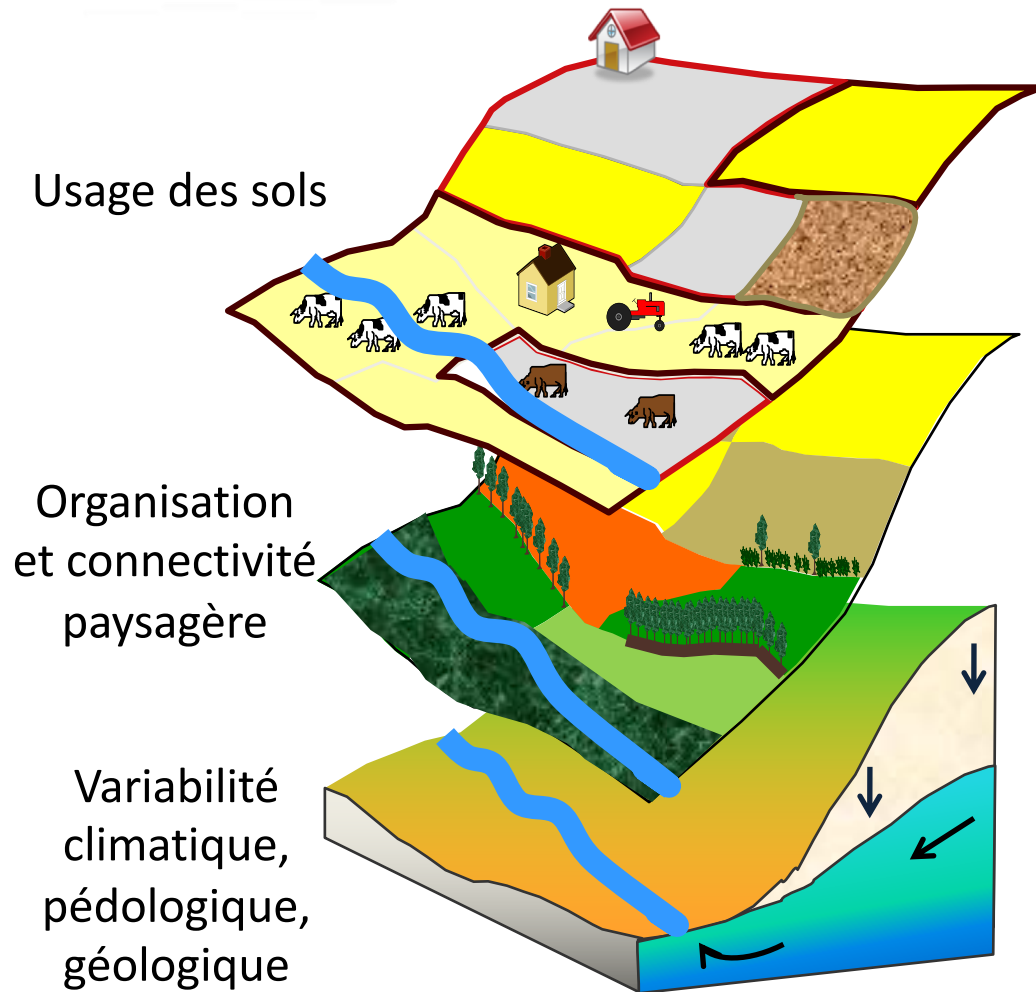
# Intérêt grandissant d'approches paysagères pour l'étude du devenir des PP et l'exposition des organismes

(voir Boivin&Poulsen, 2017; Topping et al, 2015)



- Analyse systémique des voies de transfert au sein et entre les compartiments air, sol et eau
- Evaluation complète des sources d'exposition des organismes biologiques
- Possibilité d'étudier des stratégies de réduction d'usage et d'impact à l'échelle territoriale combinant une diversité de leviers:
  - agronomiques
  - technologiques
  - paysagers

# mais les approches paysagères sont difficiles



- Observations et expérimentations peu aisées
- Modélisation du devenir des PP est complexe et la plupart des modèles abordent seulement certains processus ou compartiments
  - Modèles locaux (e.g. PEARL, MACRO...)
  - Modèles hydrologiques (e.g. SWAT)
  - Modèles couplés SIG (e.g. GeoPEARL)
  - Modèles Multimedia (e.g. Great-ER)

# Objectifs du projet collaboratif MIPP

- Développer un modèle intégré du devenir des pesticides à l'échelle paysagère (MIPP) qui
  - ✓ prédit les concentrations en pesticides dans l'air, le sol et l'eau,
  - ✓ est spatialement explicite avec une résolution parcellaire,
  - ✓ représente les impacts des systèmes de culture et des propriétés paysagères sur le devenir des pesticides (*ex. labour, mulch,...*),
  - ✓ représente l'effet des zones tampons (*ZTA, bandes enherbées, fossés végétalisés, haies...*),
  - ✓ Simule des cycles pluri-annuels pour pouvoir tester de nouvelles stratégies de gestion agricoles paysagères durables.
- ✓ Partir de modélisation « éprouvées »

# Contributeurs à MIPP

## Laboratoires participants

- INRA
  - UMR ECOSYS – Grignon
  - UMR EMMAH – Avignon
  - UMR ISPA – Bordeaux
  - UMR LISAH – Montpellier
  - UR MIA – Toulouse
  - UMR PIAF – Clermont-Ferrand
- IRSTEA
  - UMR ITAP - Montpellier

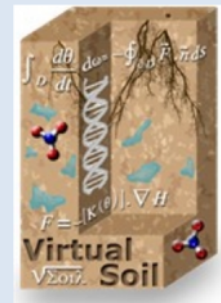
## Plateformes de simulation



Fonctionnement  
des paysages



Systemes de  
culture



Processus sol-plante

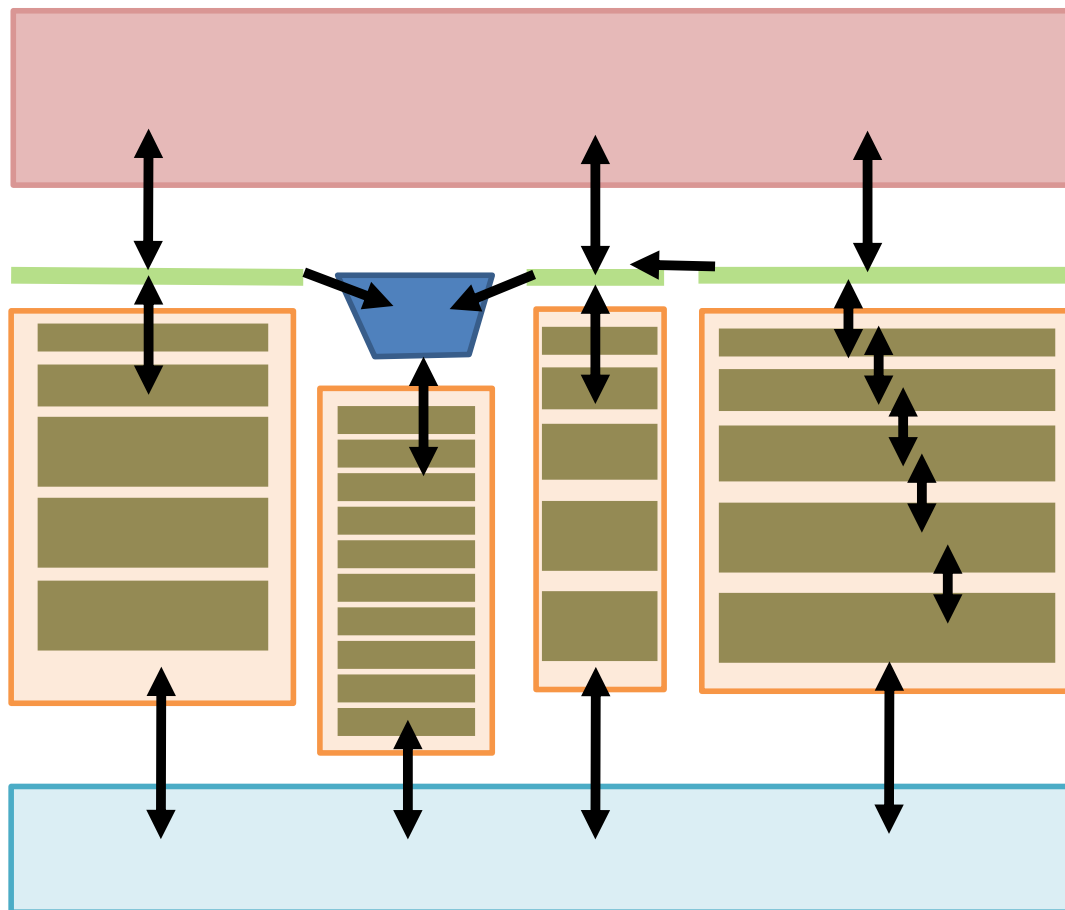
## Soutien financier

Département INRA Environnement et Agronomie

# PRINCIPES DE MODÉLISATION DE MIPP



# MIPP distingue plusieurs classes d'unités spatiales depuis la basse atmosphère jusqu'aux aquifères



**AU** : unités atmosphériques  
(polygone 2D)

**SU** : unités de surface (polygone 2D)

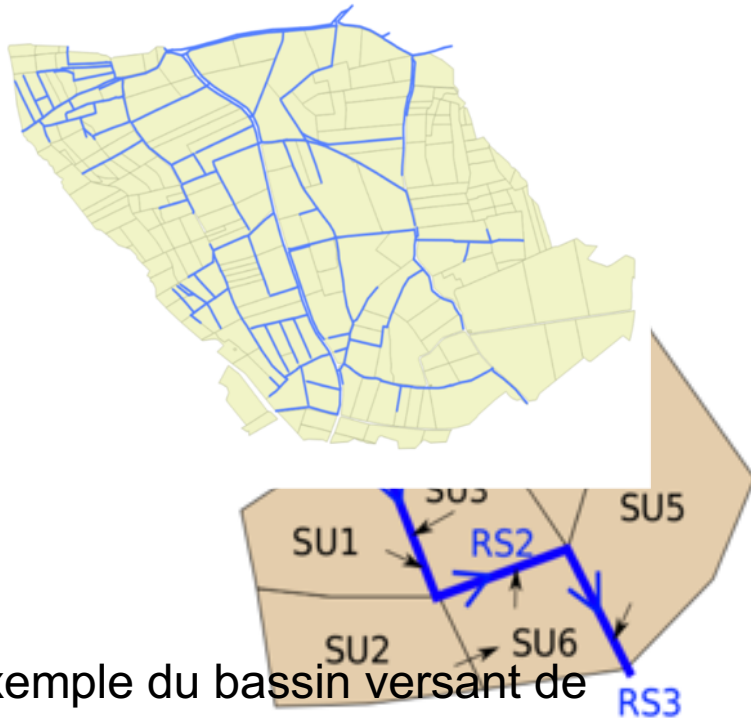
**RS** : segments de réseau hydro  
(ligne 1D)

**SBU** : unités de subsurface (3D)

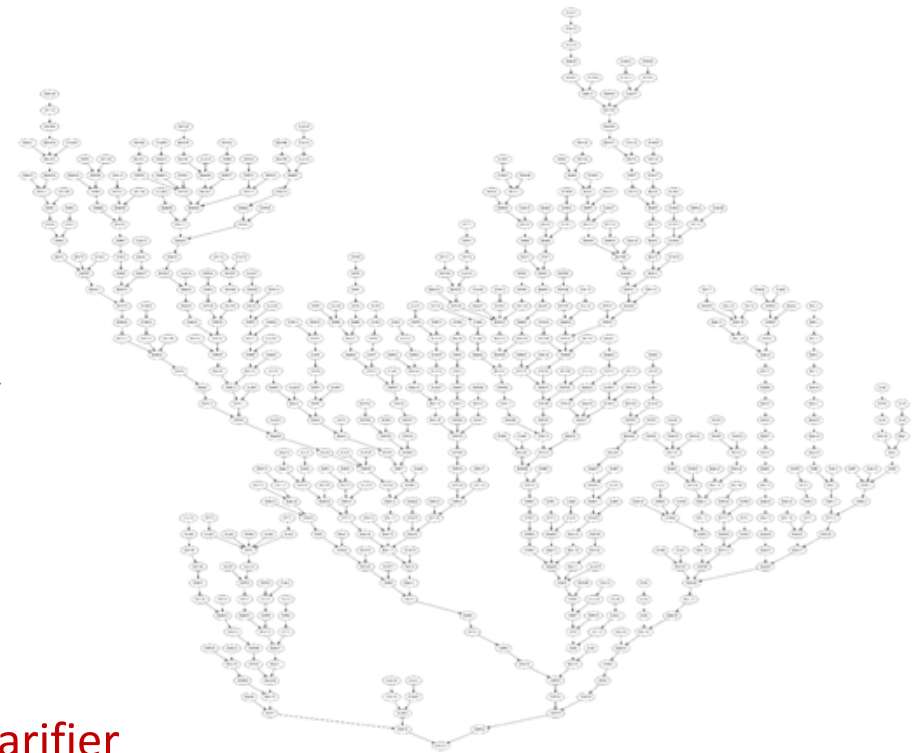
**SL** : couches de sol (1D+1D)

**GU** : unités souterraines (2D)

# ...et représente les connexions spatiales entre unités par un graphe



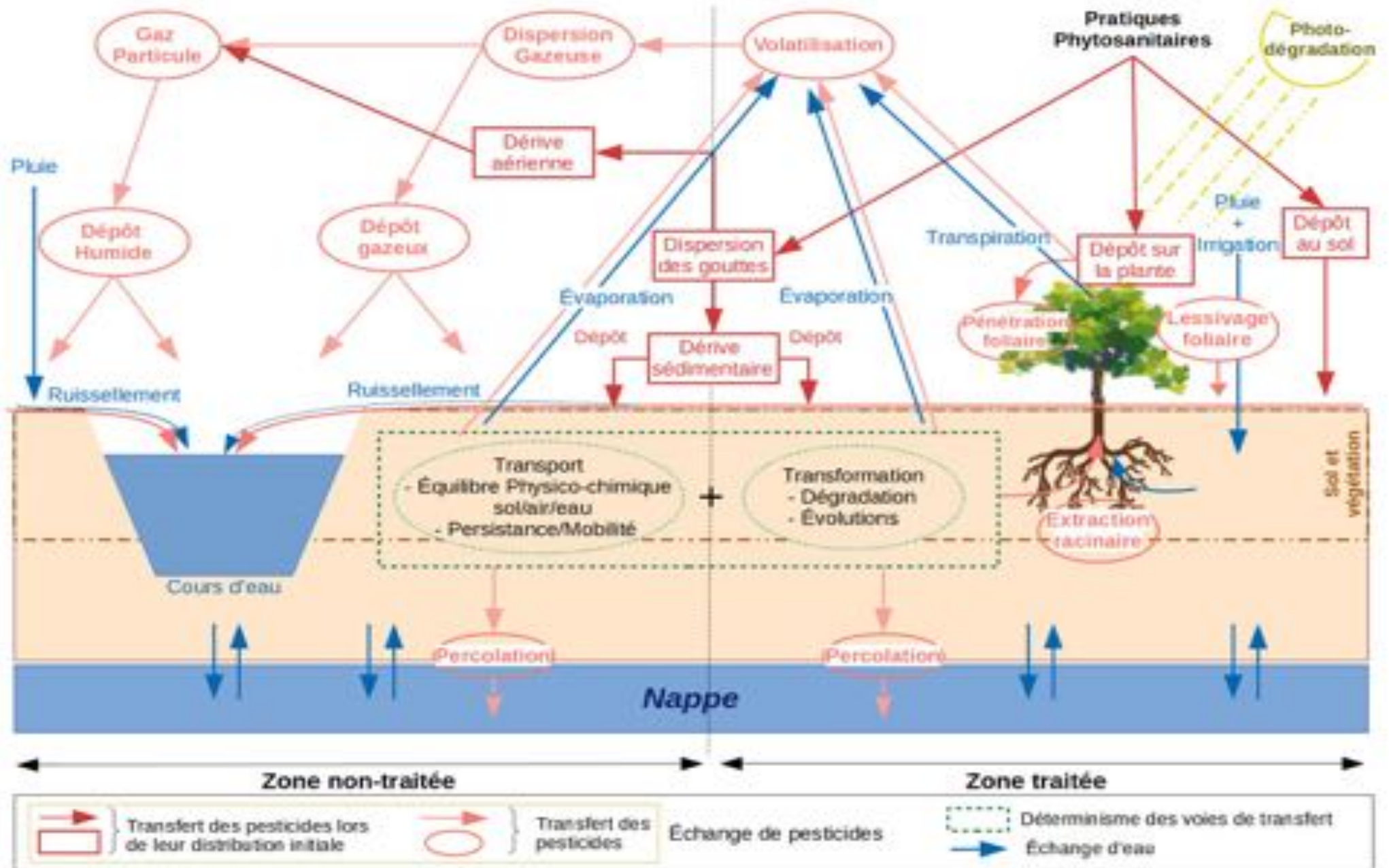
- Exemple du bassin versant de Roujan ~ 1 km<sup>2</sup>
- Unités spatiales
  - 237 unités de surface et de subsurface (SU and SBU)
  - 372 segments de rivière (RS)
  - 25 unités aquifères (GU)



Pb de SBU à clarifier

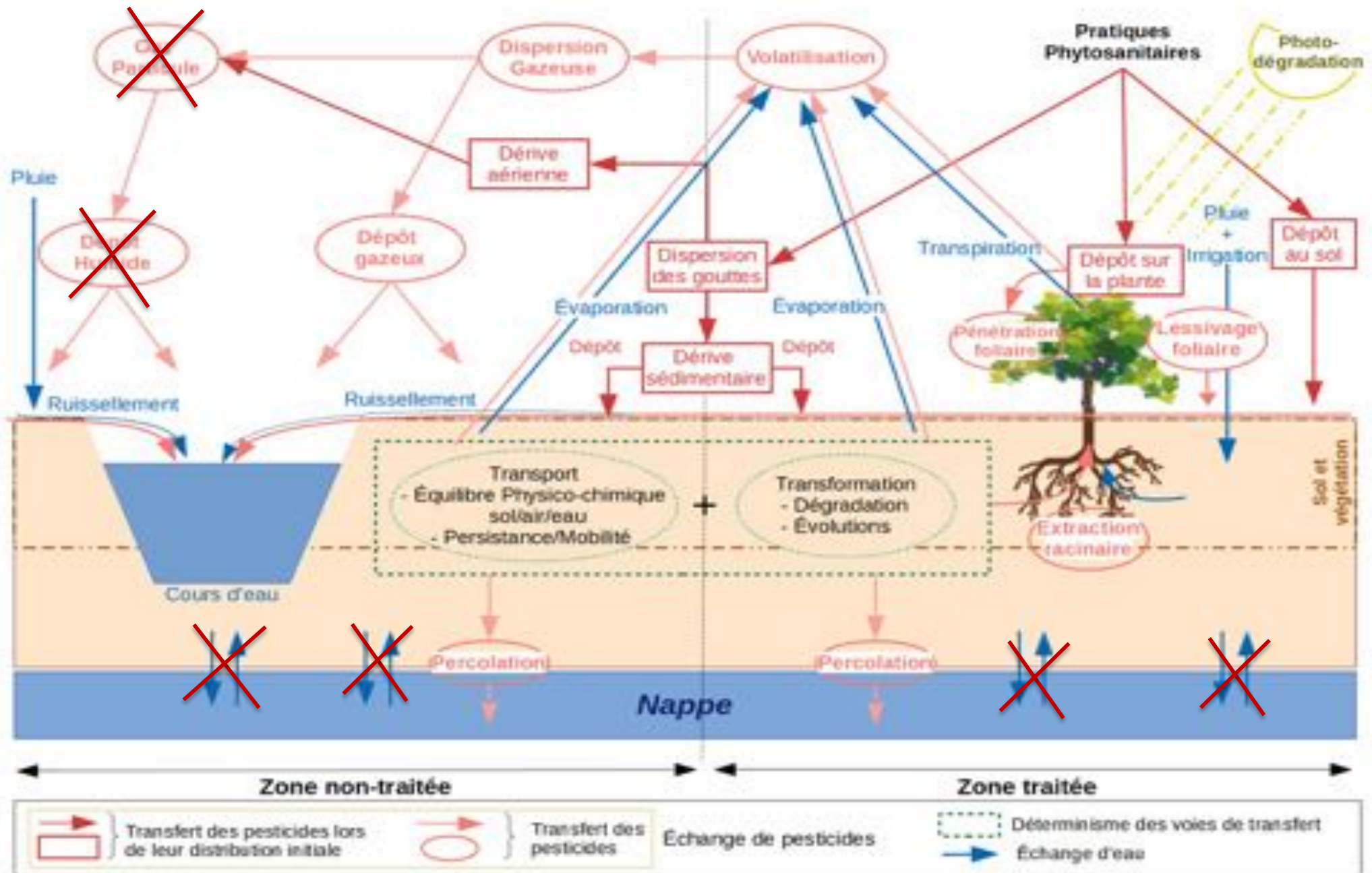
(cf MHYDAS, Moussa et al., 2003; Lagacherie et al., 2010)

# Processus principaux considérés par MIPP



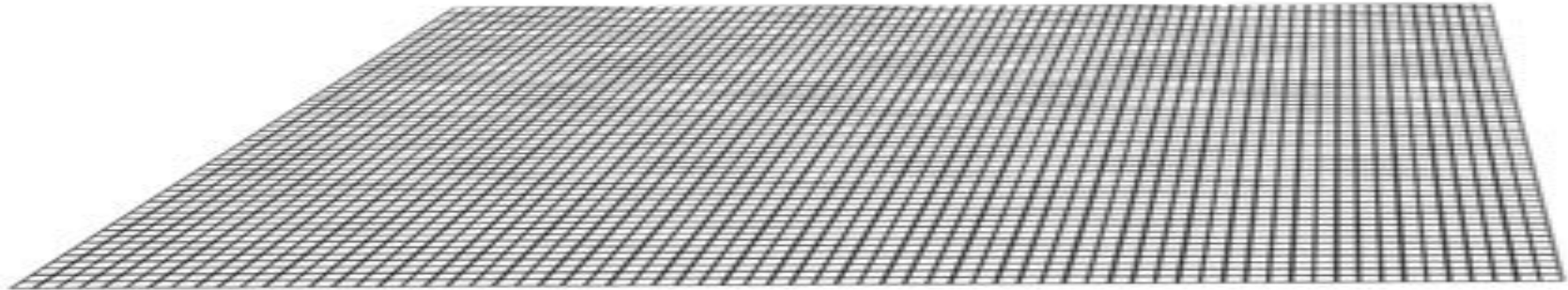
# ETAT D'AVANCEMENT DE MIPP

# Processus principaux considérés par MIPP



# Couplage spatial entre unités atmosphériques et unités de surface

Unités atmos en maille régulières (concentrations de l'air et variables climatiques)



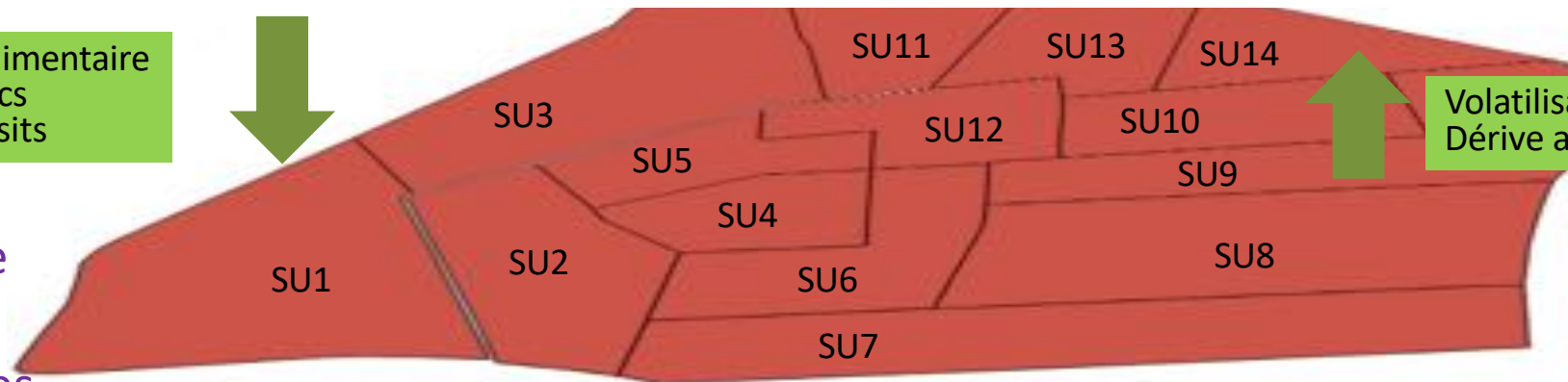
Dépôt sédimentaire  
Dépôts secs  
Wet deposits



Volatilisation  
Dérive aérienne



Unités de surface  
polygonales  
selon les  
objets



# Schéma de modélisation actuel montrant l'intégration des modèles initiaux et des plateformes support

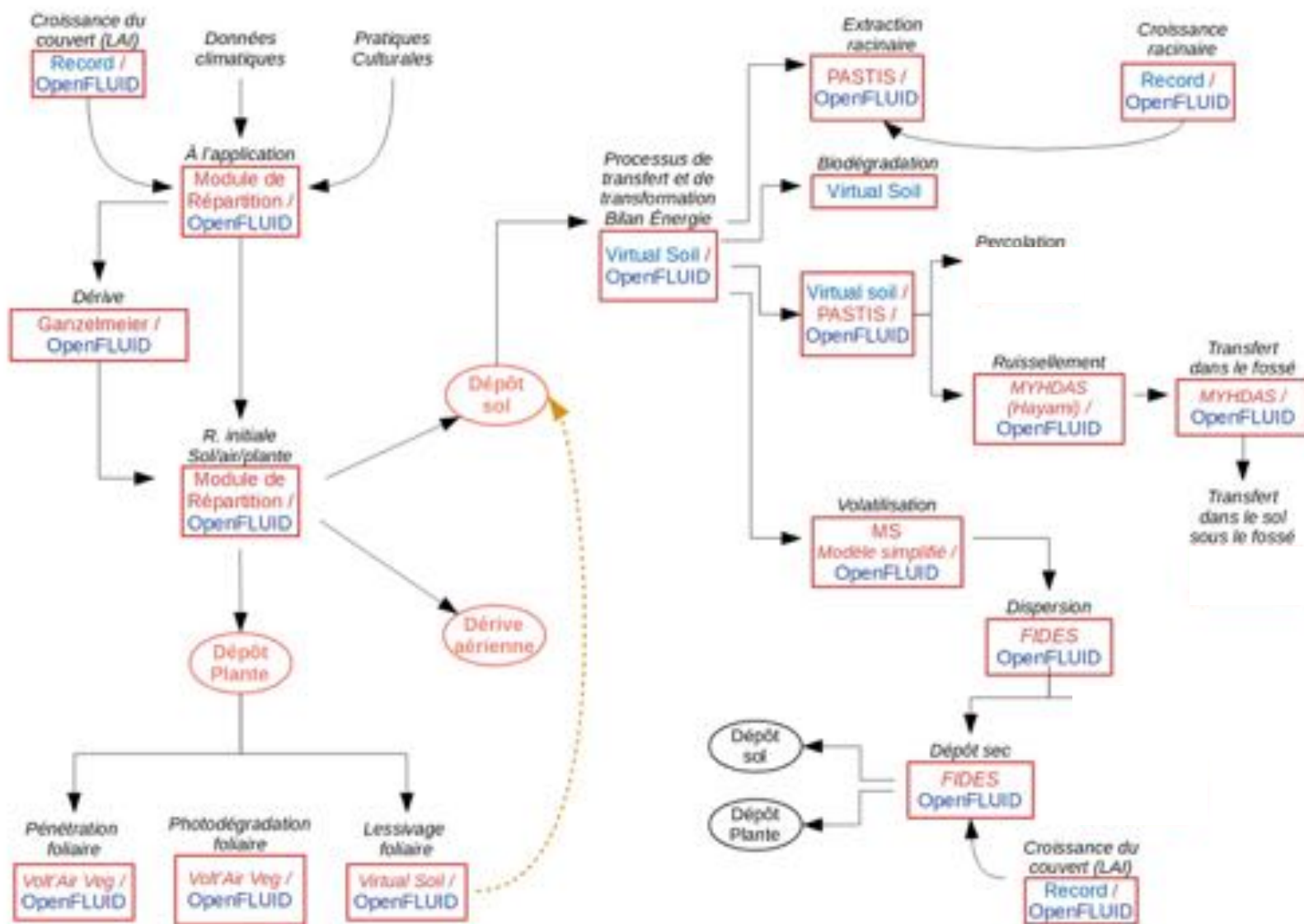
Les plateformes

OpenFLUID

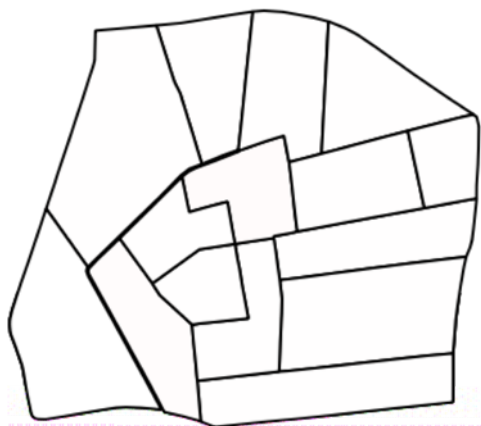
RECORD

Virtual Soil

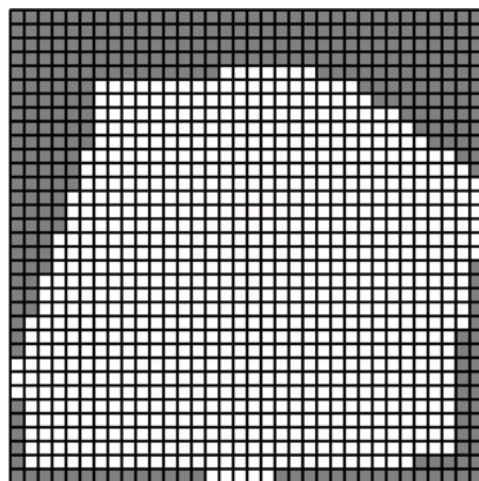
- Les modèles intégrés
- Ganzelmeier
  - FIDES
  - MHYDAS
  - PASTIS
  - Volt'Air



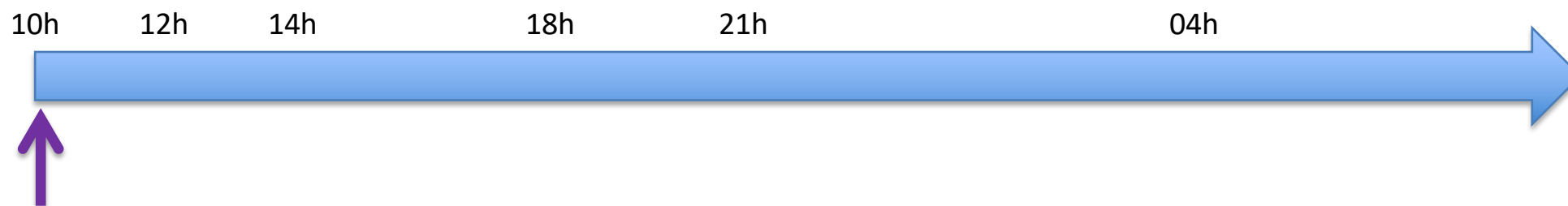
parcelles



grille atmosphérique



## Exemple de simulation test sur 24h



- durée : 1 jour
- sous bassin de Roujan
- 15 parcelles
- grille atmosphérique : 10m

- DT50 = 10 j, Koc = 0,5 kg/L
- Ks = 15 mm.h-1
- vitesse du vent entre 0 et 3 m.s-1

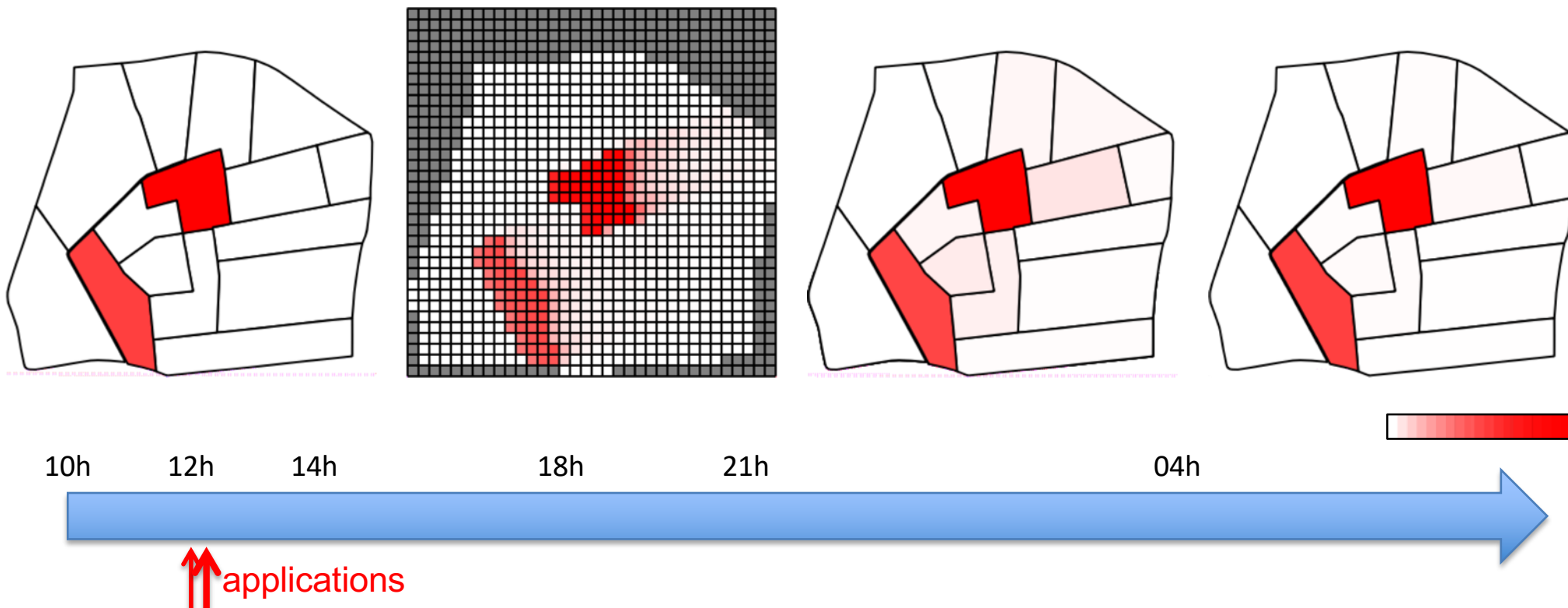


applications

dérive sédimentaire

dépôt sol

dépôt plante



- 2 applications (1 et 2 kg.ha<sup>-1</sup>)
- répartition sol-plante-air
- dérive Ganzelmeier

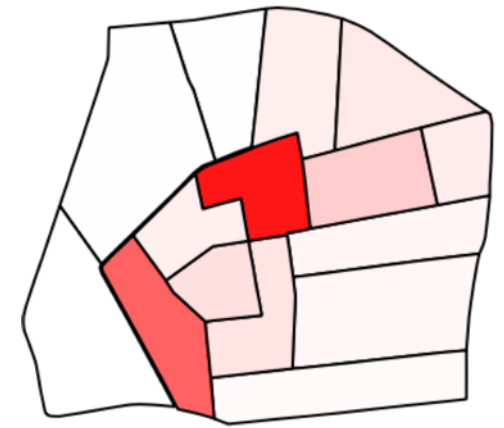
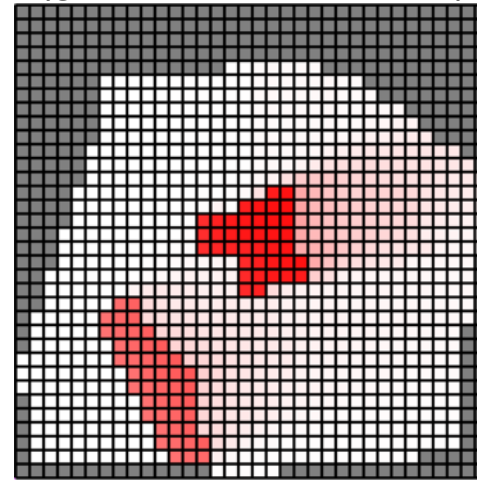
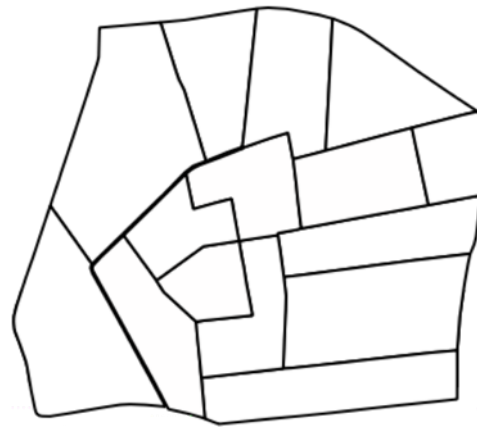
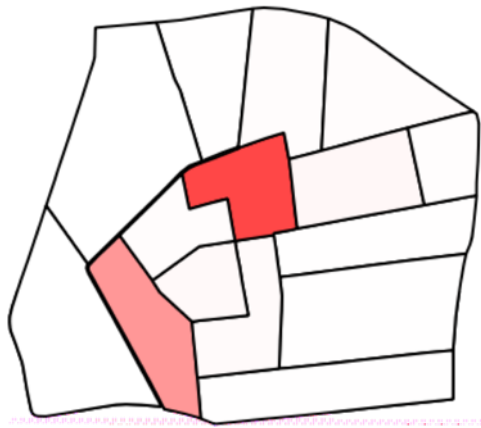
## Application et dépôt

pesticide en surface

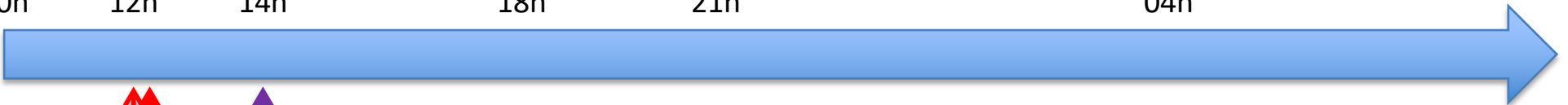
percolation à 30 cm

concentration air  
(grille atmosphérique)

concentration air  
(moyenne / parcelle)



10h 12h 14h 18h 21h 04h



- situation 2h après l'application
  - en surface
  - en profondeur
  - dans l'atmosphère

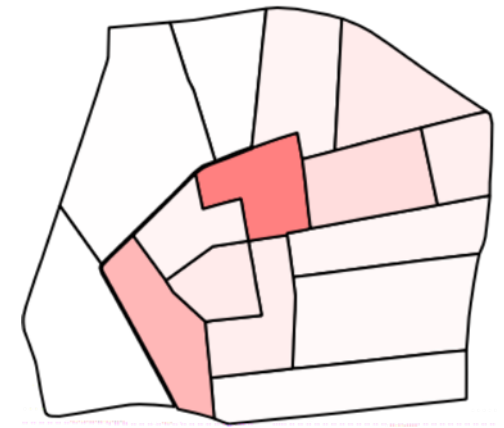
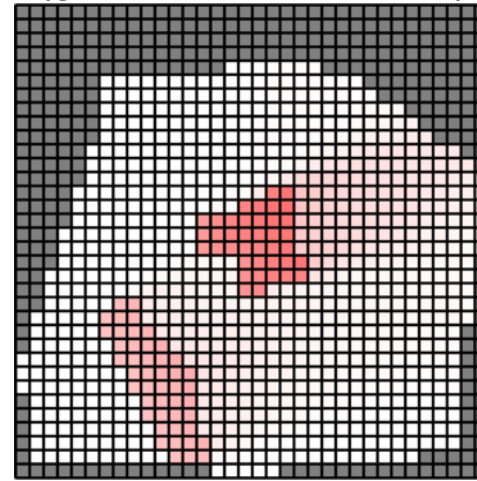
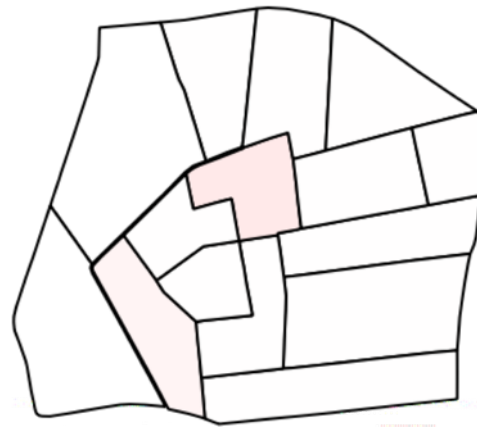
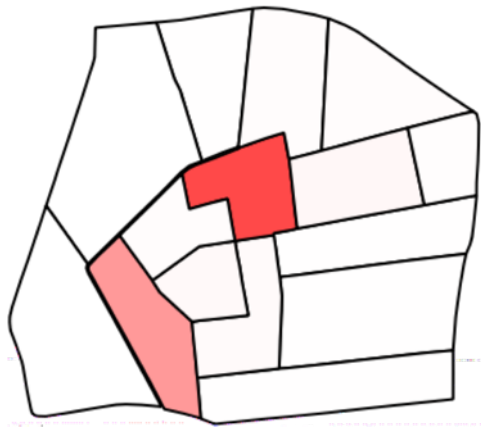
**2h après  
application**

pesticide en surface

percolation à 30 cm

concentration air  
(grille atmosphérique)

concentration air  
(moyenne / parcelle)



10h

12h

14h

18h

21h

04h



- situation 4h après l'application
  - en surface
  - en profondeur
  - dans l'atmosphère

• ...

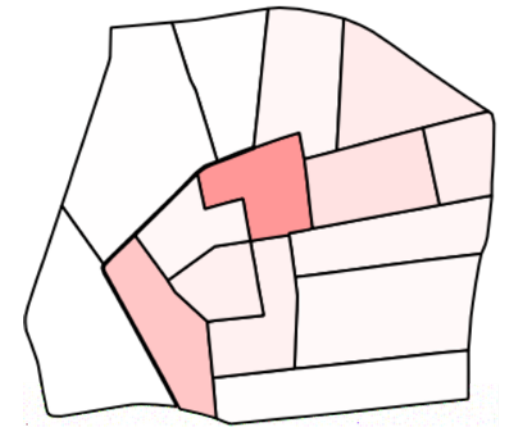
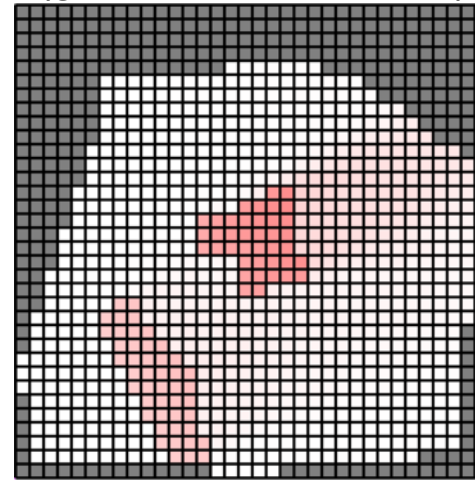
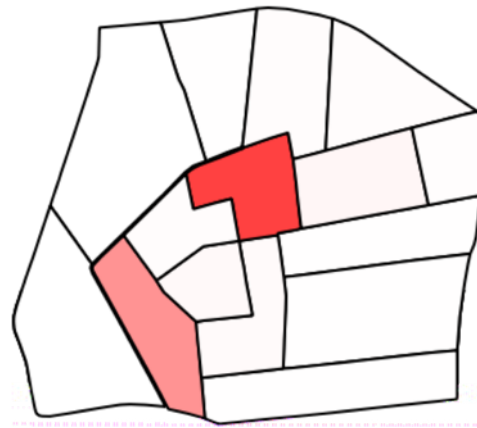
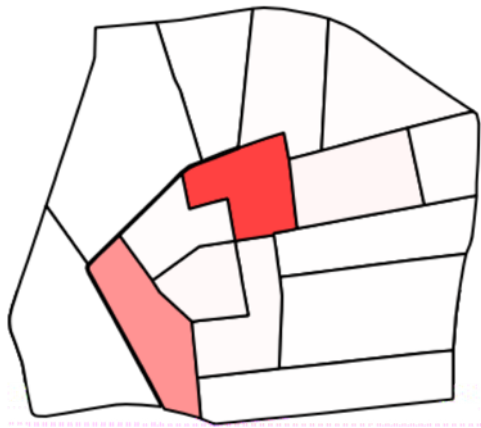
**4h après  
application**

pesticide en surface

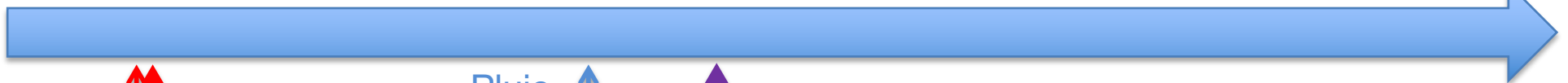
percolation à 30 cm

concentration air  
(grille atmosphérique)

concentration air  
(moyenne / parcelle)



10h 12h 14h 18h 21h 04h



Pluie  
5mm/h



- situation 2h après la pluie
  - en surface
  - en profondeur
  - dans l'atmosphère
- précipitation de 5mm/h à 19h

• ...

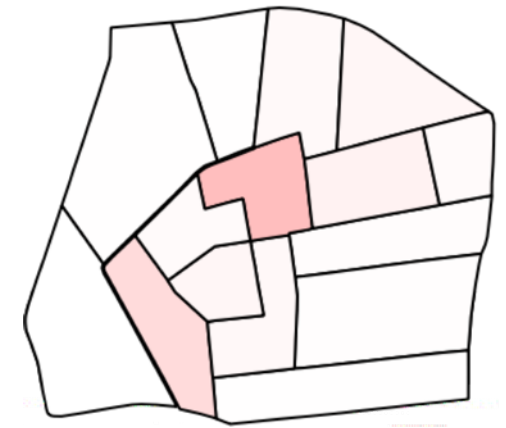
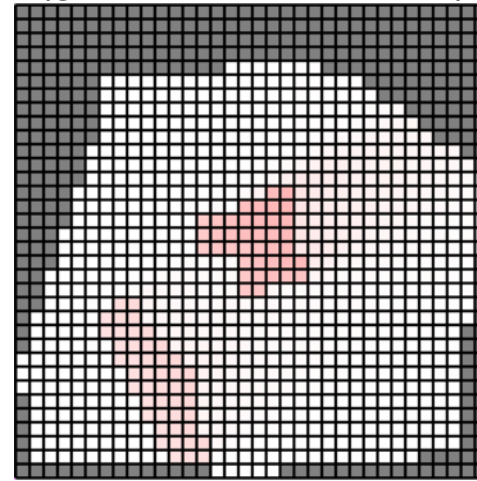
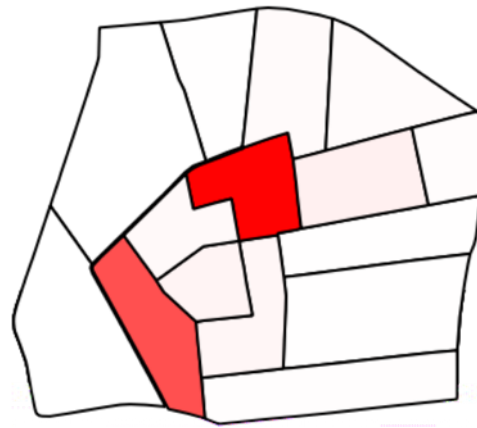
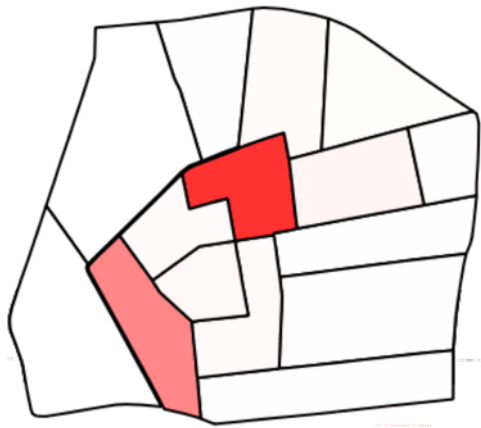
**2h après pluie**  
**7h après application**

pesticide en surface

percolation à 30 cm

concentration air  
(grille atmosphérique)

concentration air  
(moyenne / parcelle)



10h

12h

14h

18h

21h

04h



- situation 9h après la pluie
  - en surface
  - en profondeur
  - dans l'atmosphère

• ...

**9h après pluie**  
**14 h après application**

# TYPES D'APPLICATIONS ENVISAGÉES

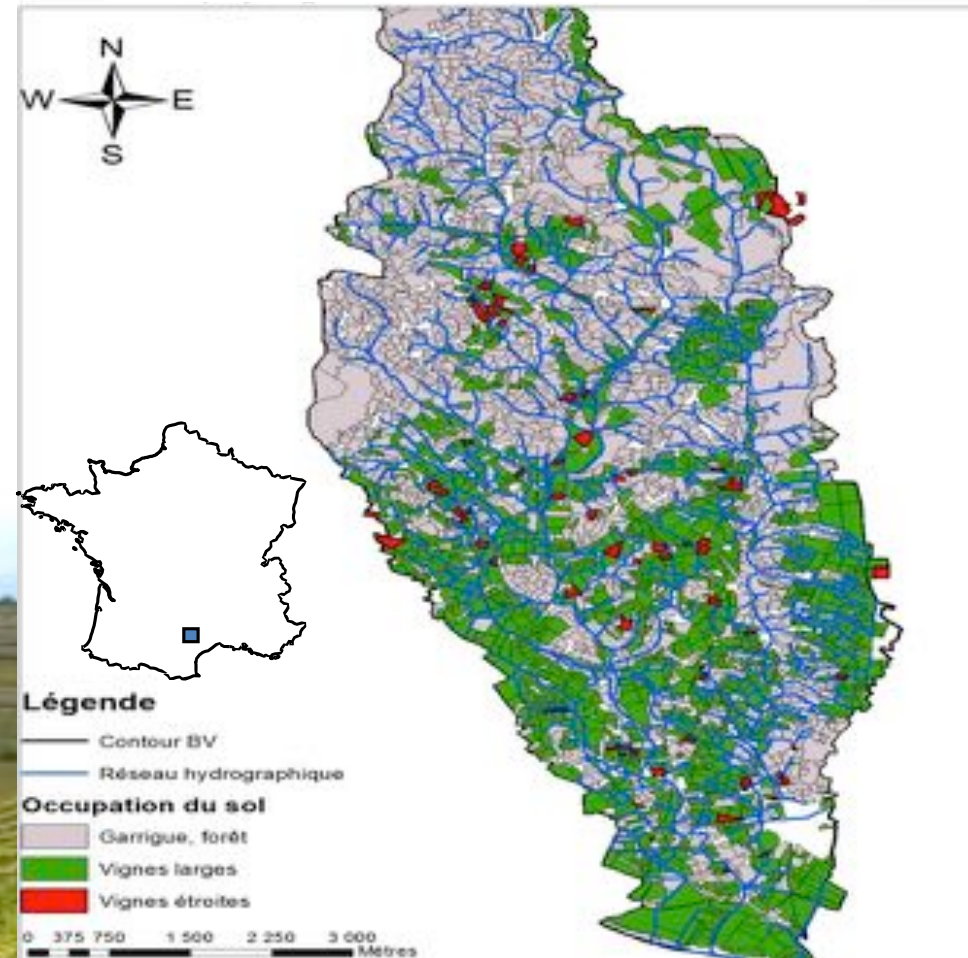
# (1) Evaluation de stratégies de desherbage à l'échelle du bassin versant en vignoble Méditerranéen

(projet SP3A GESSOL- Andrieux et al., 2014; Biarnès et al., 2017)

Bassin de 45 km<sup>2</sup> dans l'Hérault avec 150 viticulteurs and un captage en eau potable inscrit dans la liste des captages Grenelle à risque de pollution par les herbicides utilisés en vigne



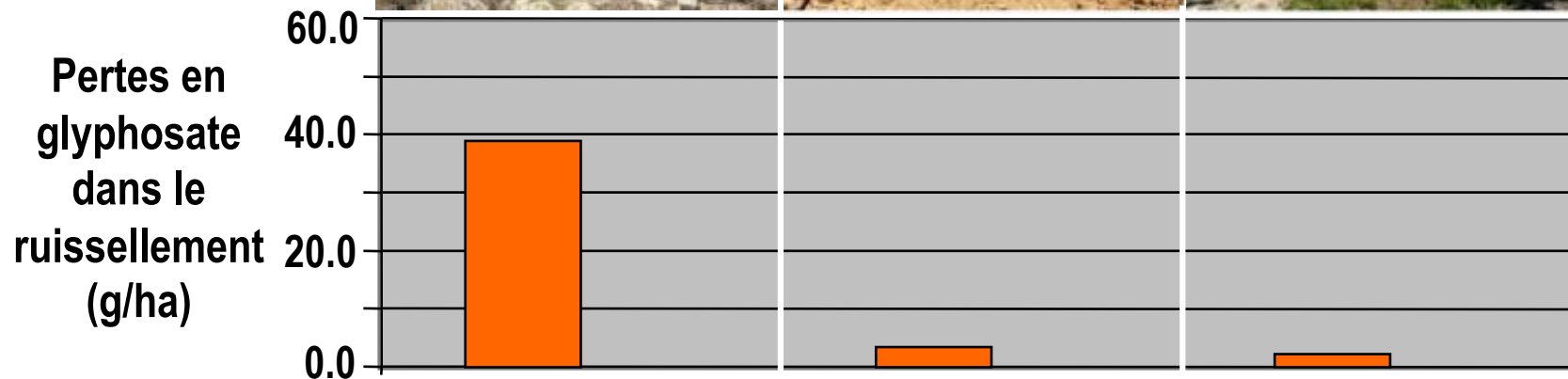
Besoin d'identification de nouvelles stratégies de désherbage moins polluantes



# (1) Evaluation de stratégies de désherbage en vignoble Méditerranéen (projet SP3A GESSOL- Andrieux et al., 2014; Biarnès et al., 2017)

## Pratiques observées

Rang	Désherbage chimique		
Inter-rang	Désherbage chimique	labour	enherbement



Pratique optimale difficile à généraliser car

- coût croissant
- travail croissant
- risque de pertes de récolte
- pb de trafficabilité



# (1) Evaluation de stratégies de désherbage en vignoble Méditerranéen

(projet SP3A GESSOL- Andrieux et al., 2014; Biarnès et al., 2017)

Une option est de diversifier et d'adapter les modes de désherbage selon

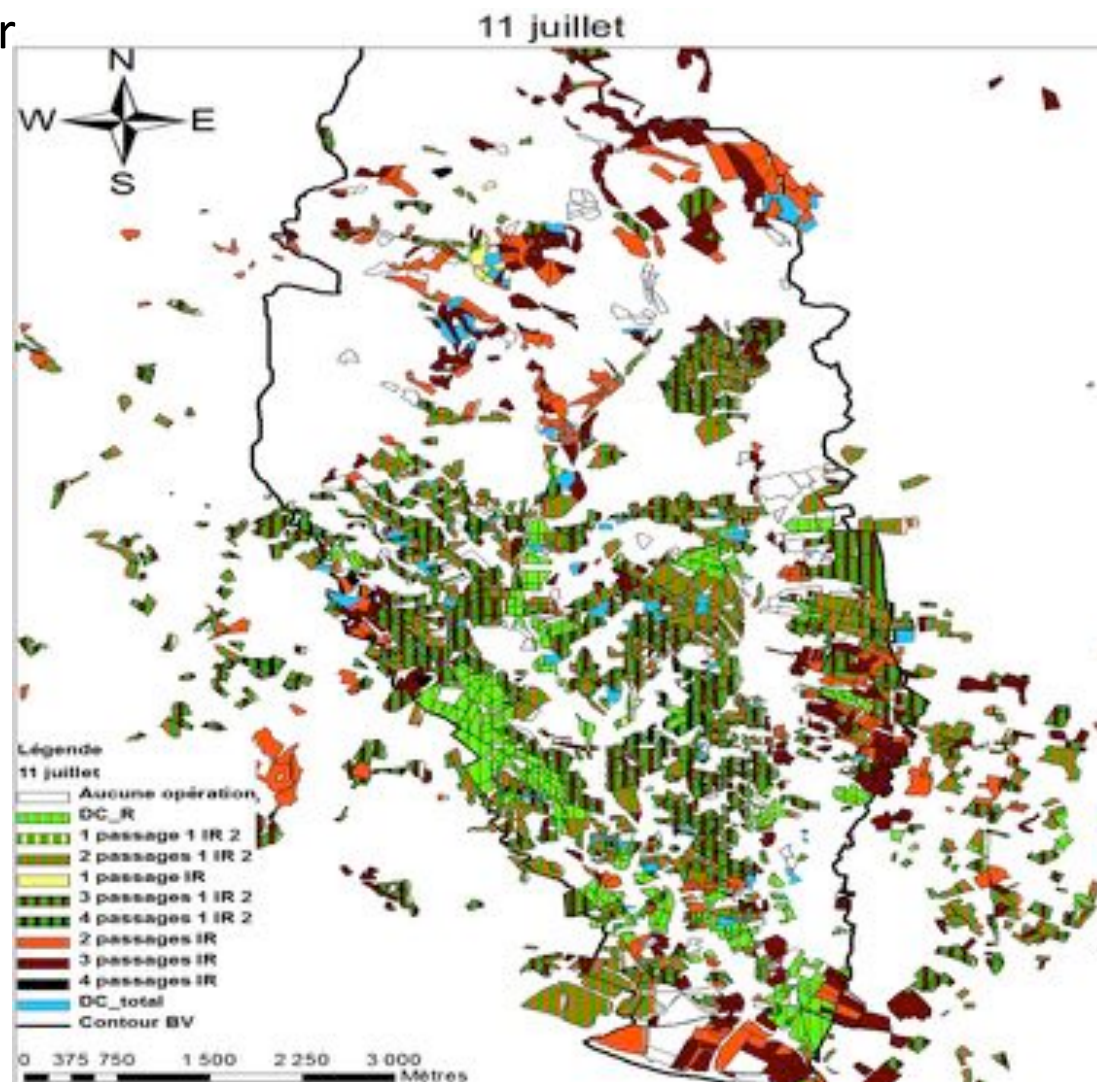
- Les sols (pente, réserve en eau..), available water capacity)
- La géométrie de plantation
- L'équipement du viticulteur
- .....



Quel est le coût? Quel est la réduction espérée des contaminations à l'échelle territoriale?



La modélisation intégrée paysagère peut aider à répondre à ces questions



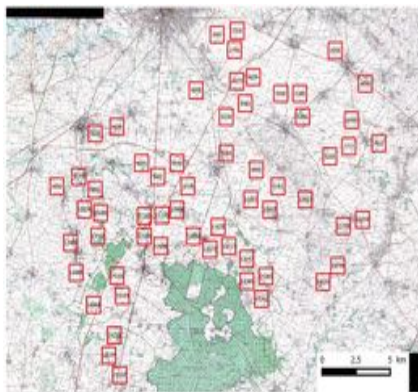
## (2) Evaluer le lien entre l'exposition aux pesticide et la biodiversité à l'échelle paysagère

**Le projet Rescape** (APR ECOPHYTO « Pesticides » 2014, coord C. Pélosi et C. Fritsch)

*Echantillon de 60 fenêtres de 1 km<sup>2</sup> avec différents usages de pesticides et différentes fragmentations paysagères*

*Dans chaque fenêtre, mesures :*

- de la biodiversité (vers de terre, coléoptères, petits mammifères)
- des teneurs en pesticides (31 composés sélectionnés) des sols, vers de terre, coléoptères, petits mammifères



**Application d'une modélisation intégrée paysagère vise à:**

- Estimer la variabilité intra-fenêtre de contamination et de l'exposition aux pesticides
- Tester des hypothèses concernant les facteurs principaux d'exposition des organismes non cibles

# Conclusions et perspectives

- La première version de MIPP est à présent opérationnelle
- L'évaluation de MIPP dans sa globalité est à entreprendre :
  - Analyse de cohérence : informatique, bilans
  - Comparaison à des données observées de contaminations atmosphériques
- Première application projetée : MIPP va être testé sur le cas viticole pour la simulation de stratégies de protection phytosanitaires et de gestions paysagères visant à réduire les usages, l'exposition des riverains et la contamination des sols

# Merci de votre attention

Remerciements  
Département Environnement et Agronomie INRA  
Montpellier Université d'Excellence MUSE

