



**Modélisation Intégrée du devenir
des Pesticides dans les
Paysages agricoles
(projet inter-unités EA : **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.

Contexte : besoins de modélisation plus systémiques du devenir des pesticides dans les différents compartiments d'un paysage

- Pour évaluer les impacts escomptés de mosaïques de systèmes de culture limitant l'utilisation des produits phytosanitaires ou leur dispersion;
- Pour étudier l'intérêt des infrastructures écologiques (réseaux de fossés ou de haies, zones humides, zones de non traitement, bandes enherbées) pour atténuer la dispersion des produits phytosanitaires;
- Pour estimer les impacts écotoxicologiques et toxicologiques à l'échelle des paysages.

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*

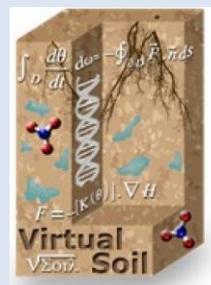
Plateformes de simulation



Fonctionnement
des paysages



Systèmes de
culture

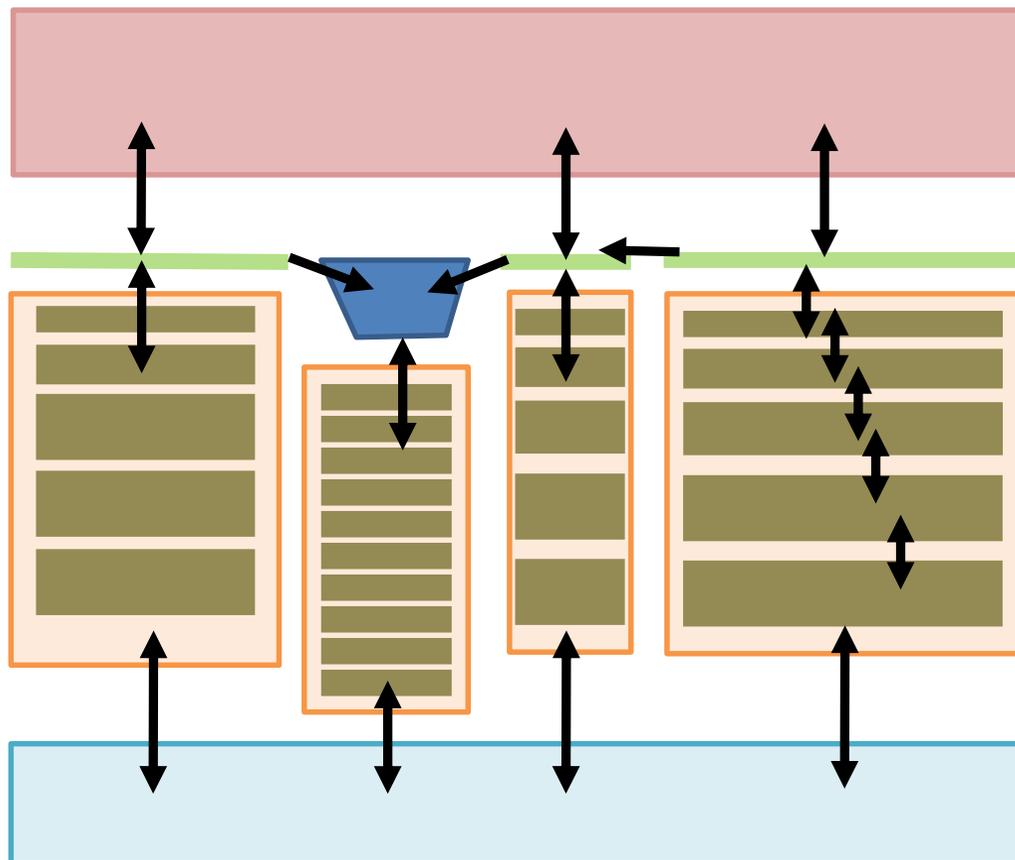


Processus sol-plante

Projet inter-unité du département INRA Environnement et Agronomie (2016-2019)

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)

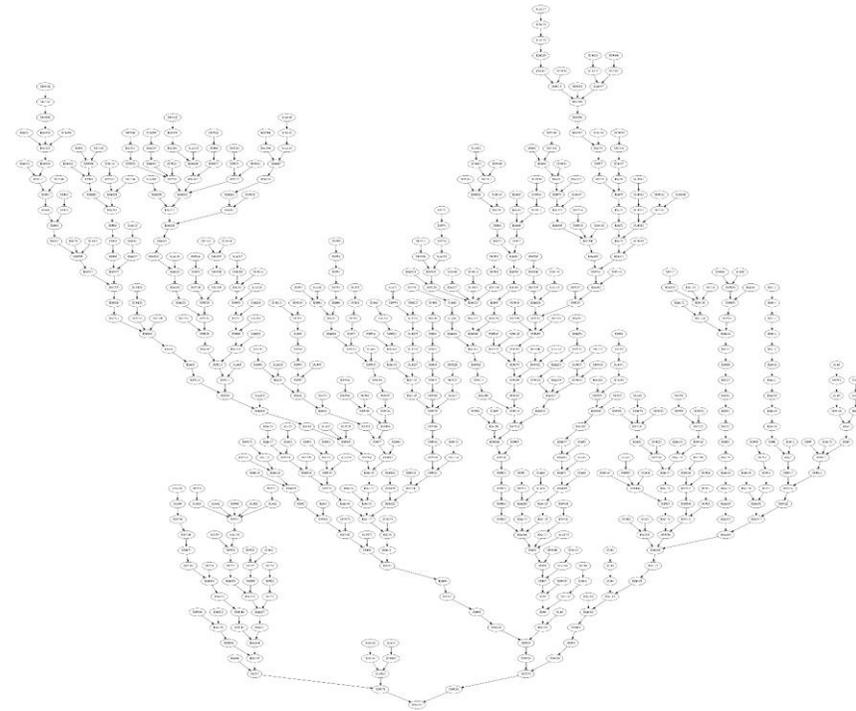
RS : segments de réseau hydro
(ligne 1D)

SBU : unités de subsurface (3D)

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

GU : unités souterraines (2D)

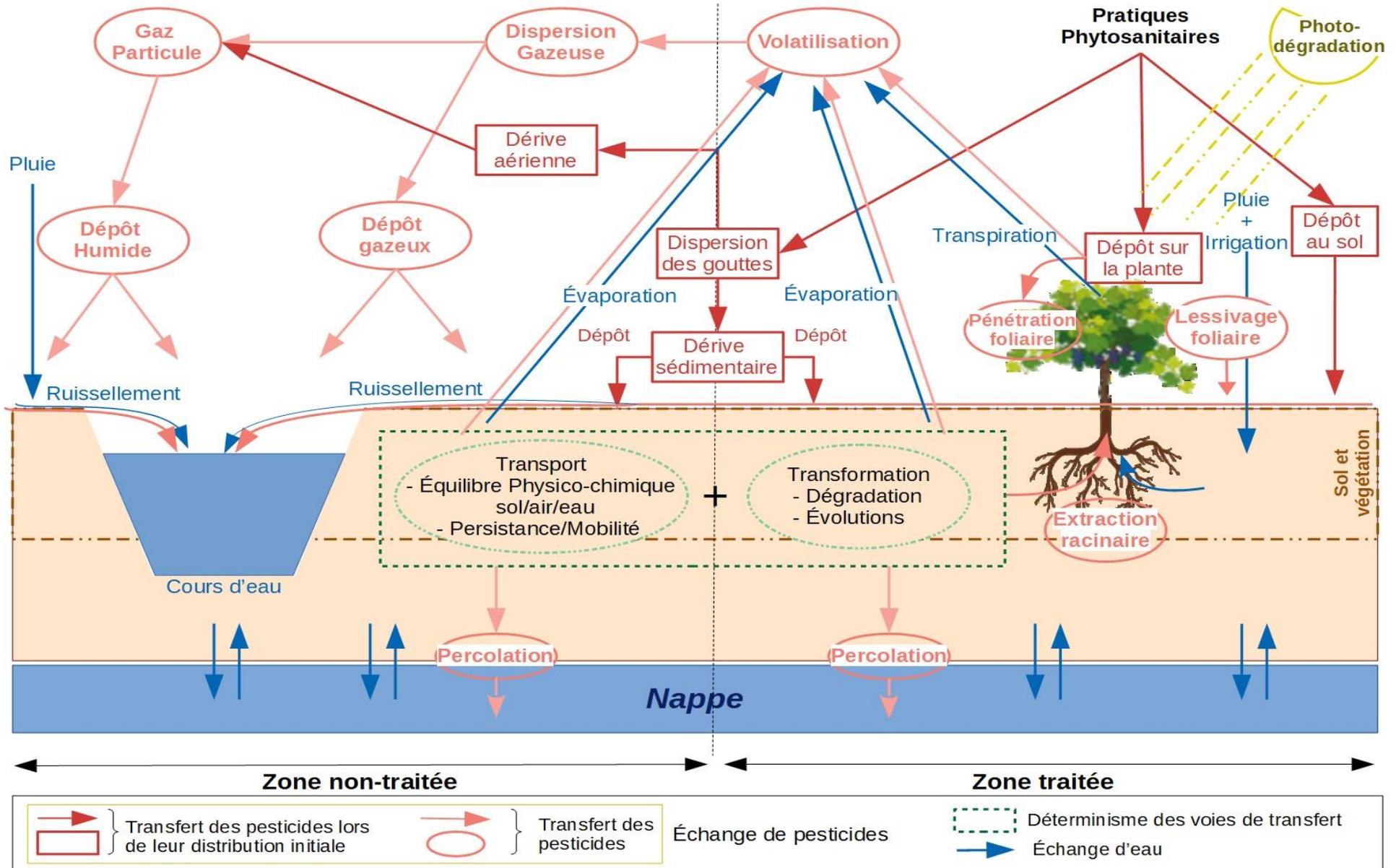
...et représente les connexions spatiales entre unités par un graphe



- Exemple du bassin versant de Roujan ~ 1 km²
- Unités spatiales
 - 237 unités de surface et de subsurface (SU and SBU)
 - 372 segments de rivière (RS)
 - 25 unités aquifères (GU)

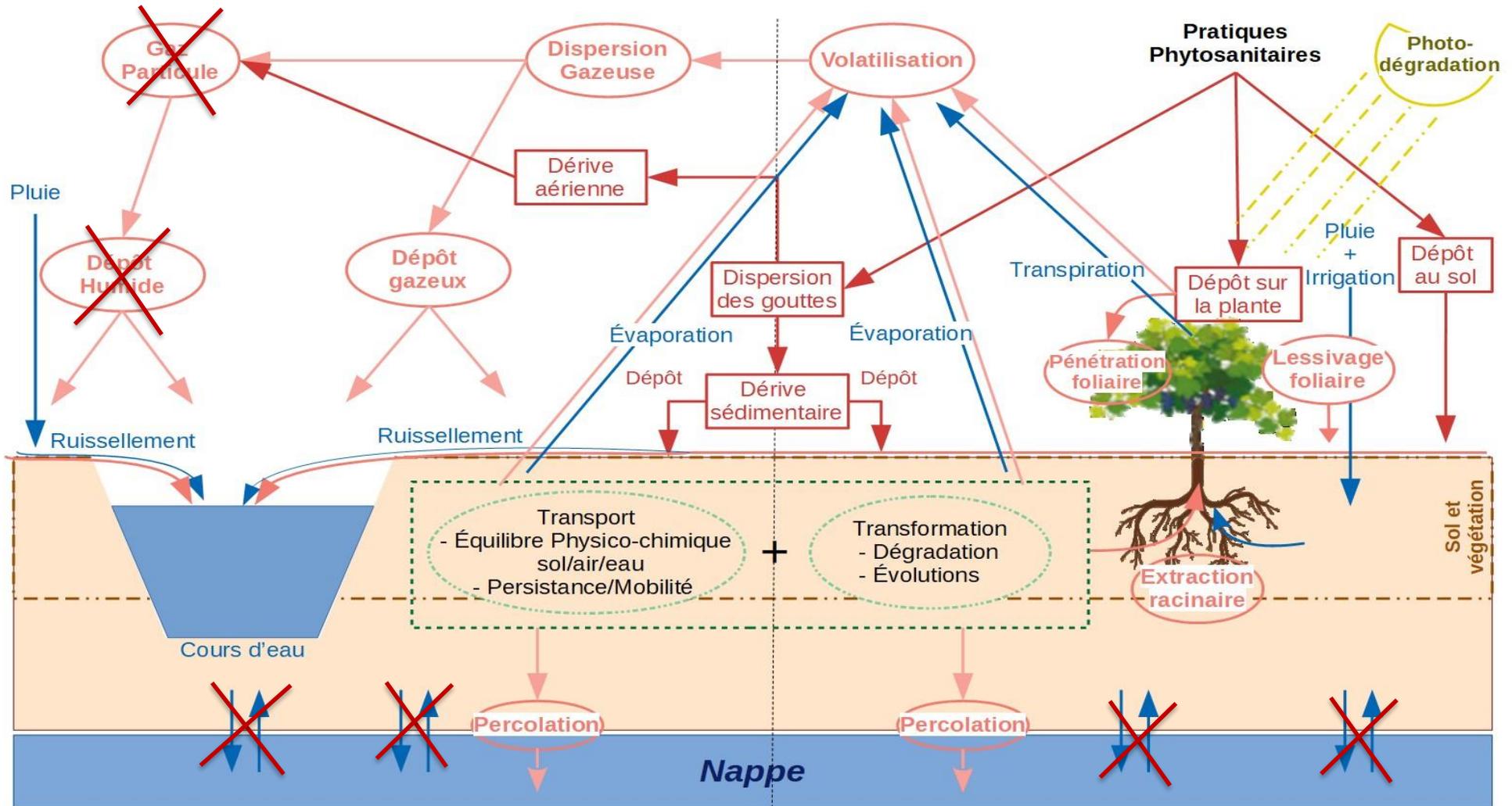
(cf MHYDAS, Moussa et al., 2003; Lagacherie et al., 2010)

Processus principaux considérés par MIPP



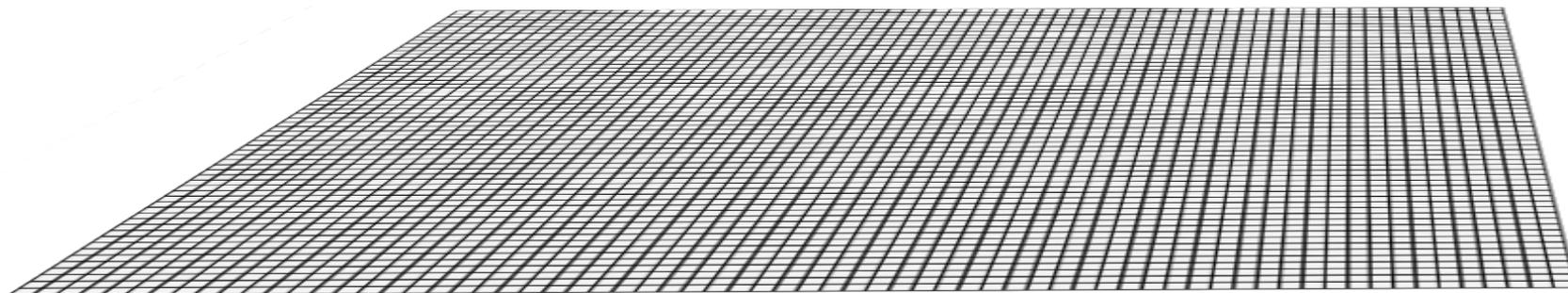
ETAT D'AVANCEMENT DE MIPP

Processus principaux considérés par MIPP V0

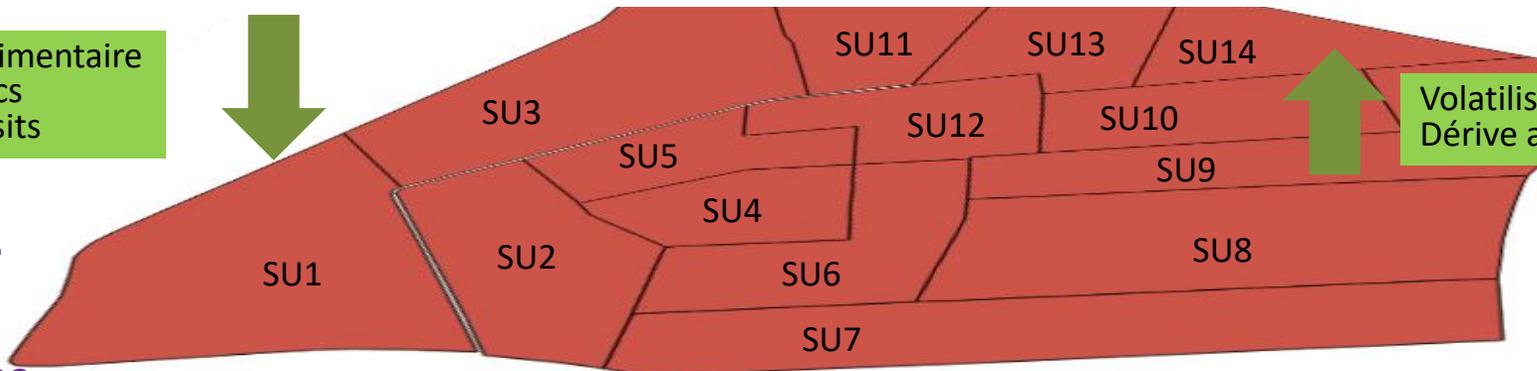


Couplage spatial entre unités atmosphériques et unités de surface

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



Dépôt sédimentaire
Dépôts secs
Wet deposits



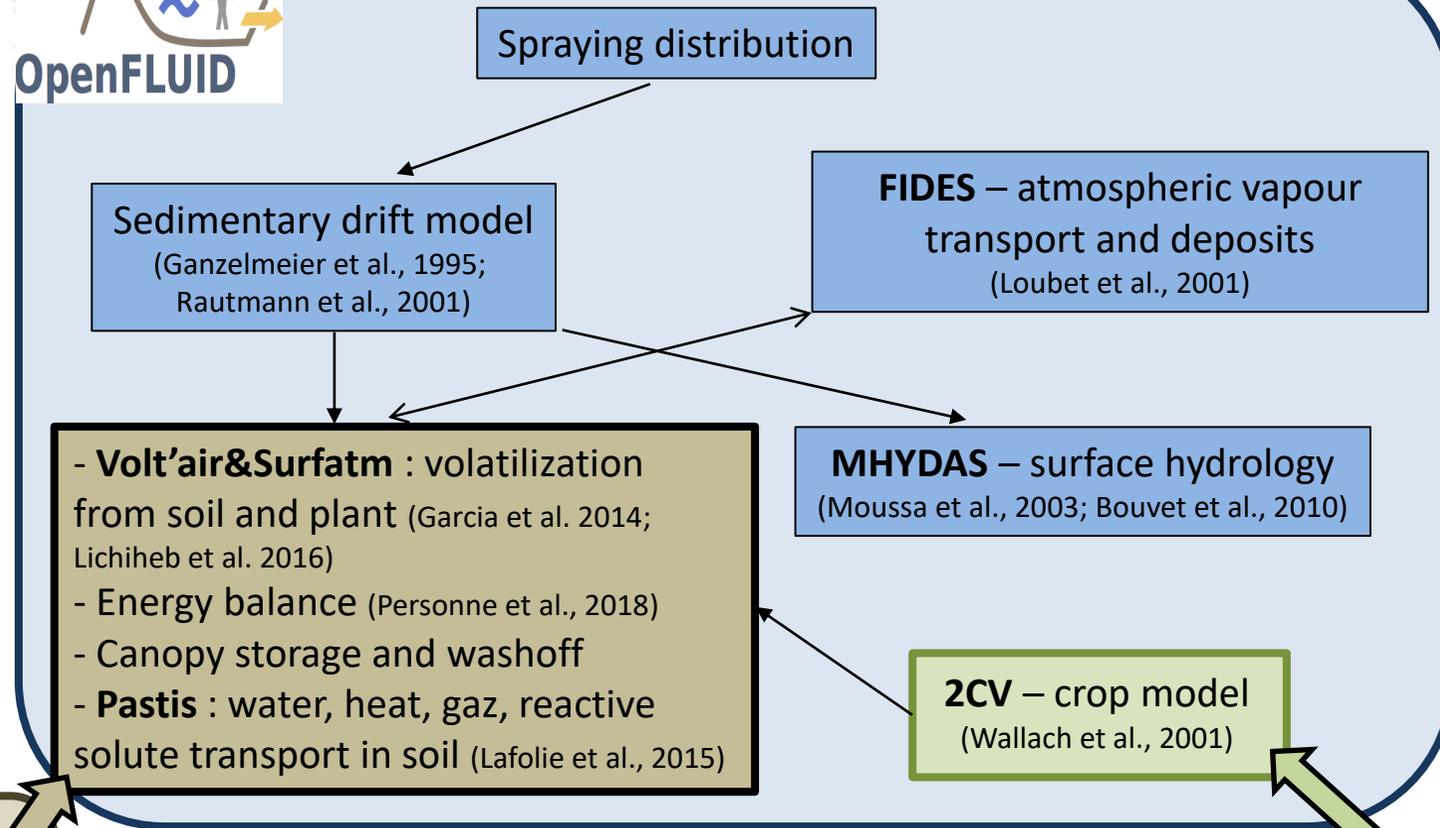
Volatilisation
Dérive aérienne



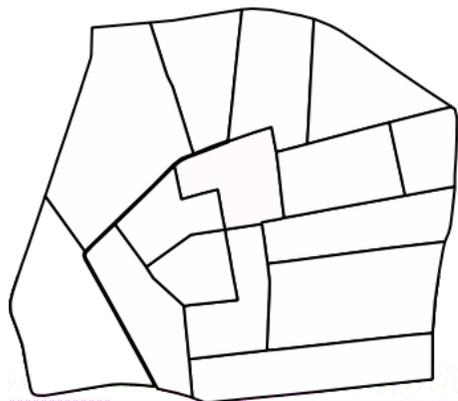
Unités de surface polygonales selon les objets



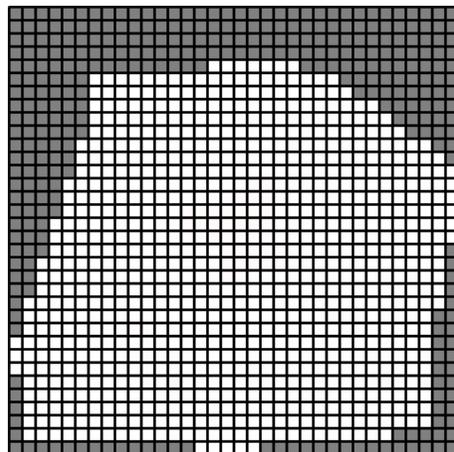
Present state of development of MIPP



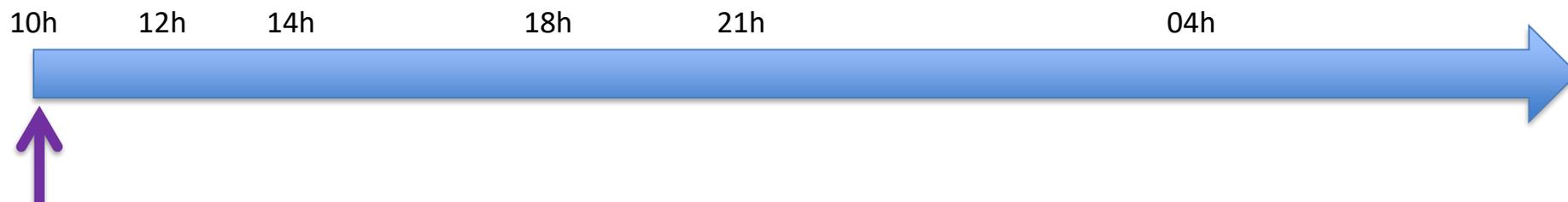
parcelles



grille atmosphérique



Exemple de simulation test sur 24h



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

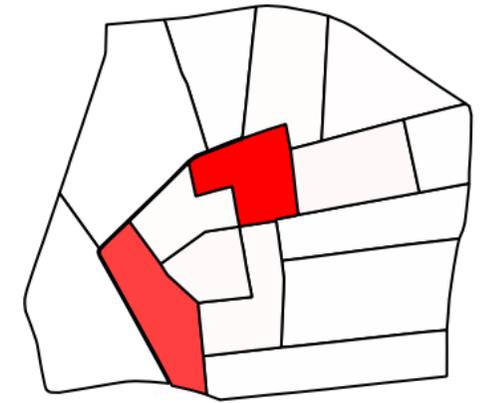
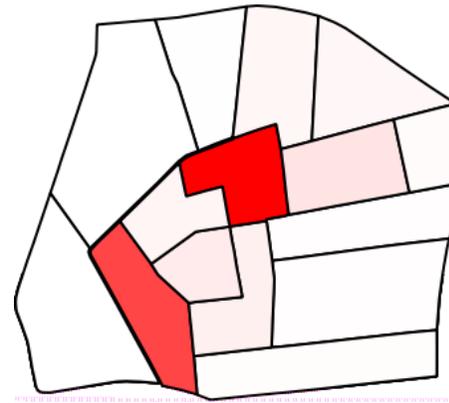
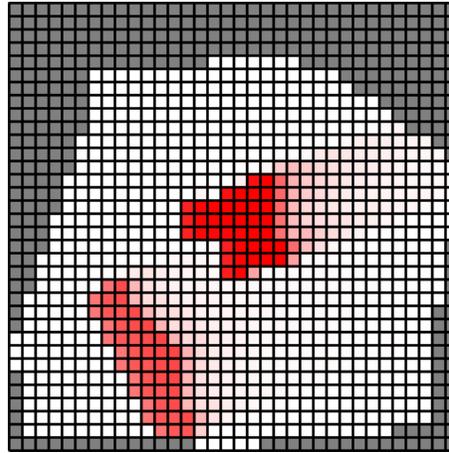
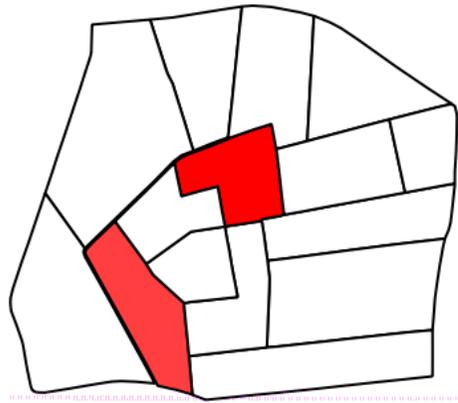
- $DT50 = 10$ j, $Koc = 0,5$ kg/L
- $Ks = 15$ mm.h⁻¹
- vitesse du vent entre 0 et 3 m.s⁻¹

applications

dérive sédimentaire

dépôt sol

dépôt plante



10h 12h 14h

18h 21h

04h



↑↑ applications

- 2 applications (1 et 2 kg.ha-1)
- répartition sol-plante-air
- dérivation Ganzelmeier

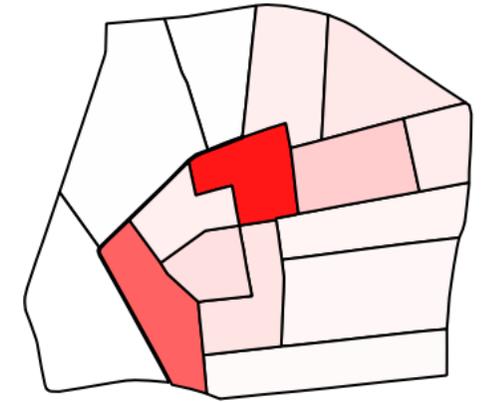
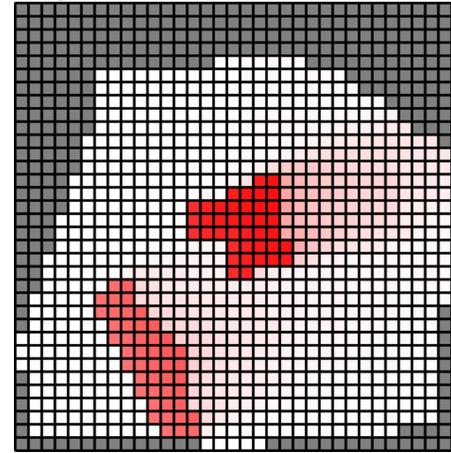
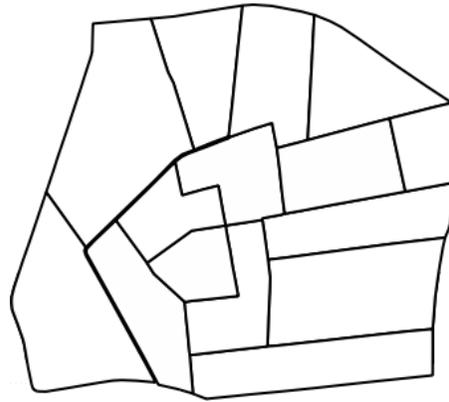
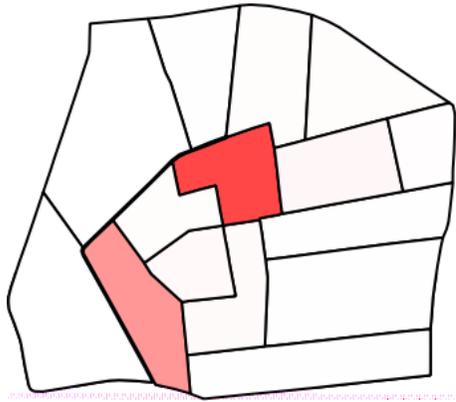
À l'application

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

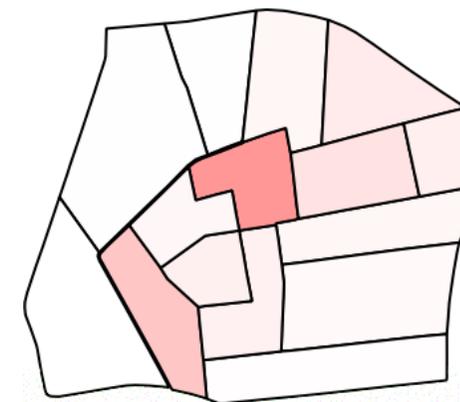
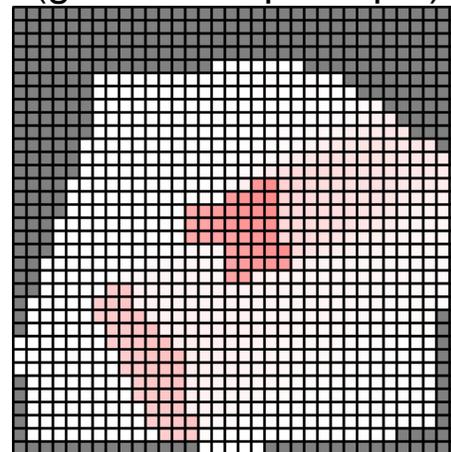
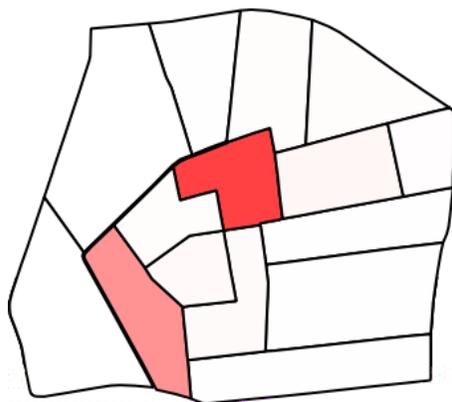
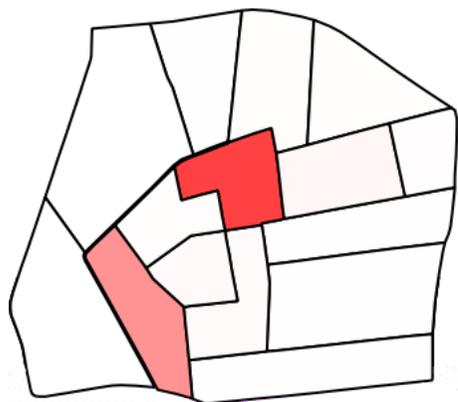
**2h après
application**

pesticide en surface

percolation à 30 cm

concentration air
(grille atmosphérique)

concentration air
(moyenne / parcelle)



10h 12h 14h

18h 21h

04h



Pluie
5mm/h



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

• ...

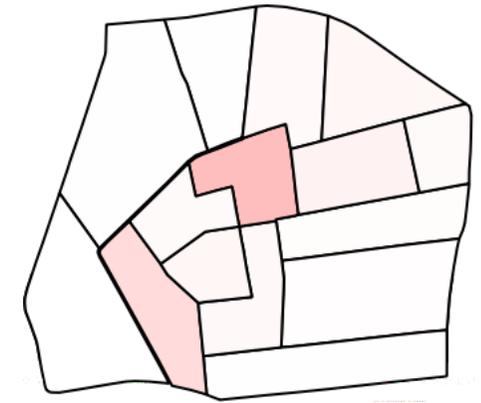
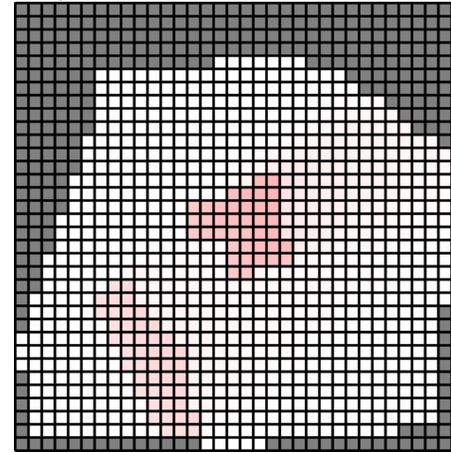
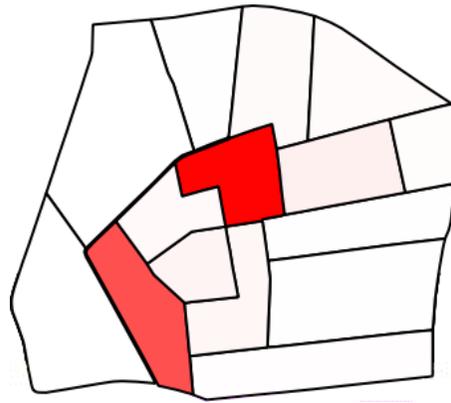
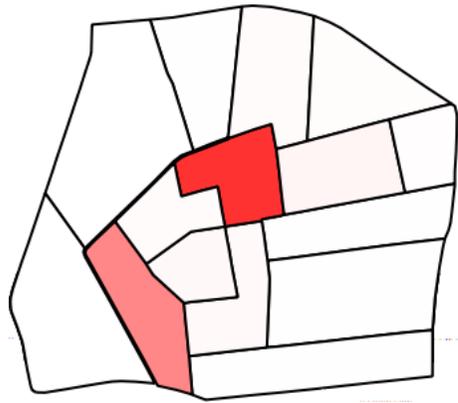
2h après pluie
7h après application

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

EXEMPLES D'APPLICATIONS ENVISAGÉES

1) Evaluation de mosaïques de systèmes de culture

ex: stratégies d'entretien du sol en vignoble Méditerranéen

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

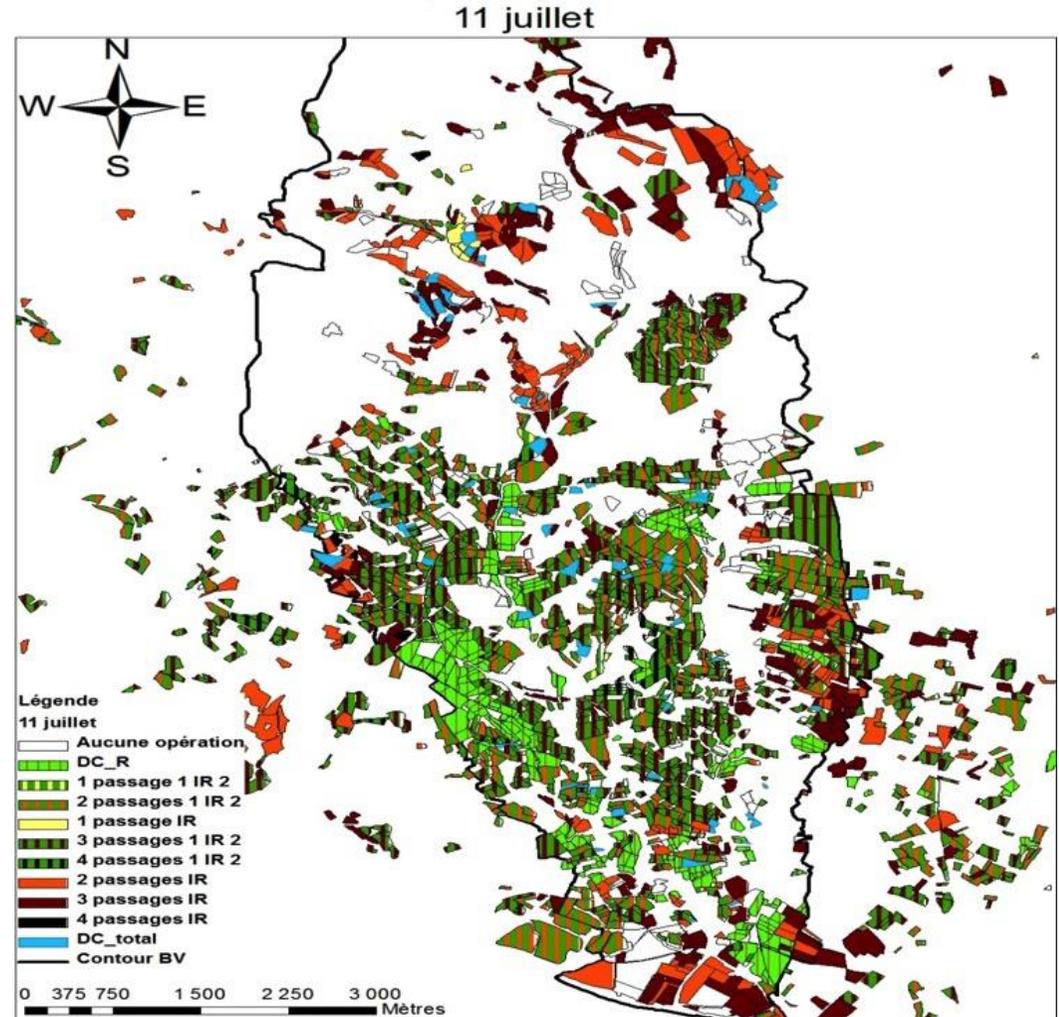
Hyp: réduire pollution par introduction de surfaces enherbées mais en adaptant les modes de désherbage selon

- Les sols (pente, réserve en eau..),
 - La géométrie de plantation
 - L'équipement du viticulteur
- en vue d'améliorer l'acceptabilité des nouvelles pratiques



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

Quelles zones tampons complémentaires seraient utiles?



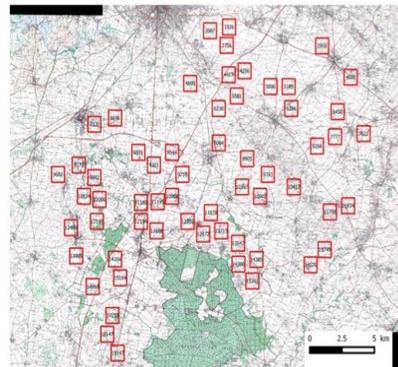
(2) Evaluer lien entre exposition aux pesticides et biodiversité

ex: impact mosaïque paysagère sur organismes non cibles
(projet Rescape sur ZA de Chize 2014, coord C. Pélosi et C. Fritsch)

*Echantillon de 60 fenêtres de 1 km²
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

➤ MIPP V0 fonctionne

- Est stable numériquement
- Donne des résultats cohérents aux plans numérique et physique
- Temps de calcul raisonnables

➤ Prochaines étapes de travail:

- ✓ Évaluation approfondie numérique et expérimentale de MIPP (BD observatoire + nouvelles campagnes de mesure)
- ✓ MIPP V0 vers MIPP V1 en incluant processus nouveaux (dispersion particulaire, échanges atm-réseau hydro) (Thèse Djouhri en cours)
- ✓ Application MIPP au cas d'étude viticole (projets MIPP viti (AO MUSE et RIPP-Viti AO Ecophyto)

➤ Projet d'un réseau scientifique en 2020 pour perpétuer et étendre le consortium au delà des équipes initiales (? AgroEnv + Aqua)