

# Tâche 2 :

## Dynamique des matières organiques dans les sols

**PEPITES**



S. Recous, S. Aslam\*, P. Benoit, P. Garnier, C. Girardin, A. Iqbal\*,  
F. Lafolie, P. Thiébeau, C. Chenu, C. Rumpel, G. Alavoine, O. Delfosse,  
C. Labat, S. Millon, F. Million

et la collaboration de S. de Tourdonnet, E. Scopel, J. Dusserre, K.  
Naudin, E. Blanchart, J. Beaugrand, L. Vieublé, JF Vian, L. Bernard

# Objectifs scientifiques

Donner des bases biophysiques aux « services écologiques » attendus des systèmes de culture en AC, en relation avec les Matières organiques des sols (MOS)

- taux et durée de couverture du sol par les mulchs de résidus
- disponibilité des éléments minéraux
- nature, quantité et distribution de la matière organique stabilisée
- adsorption, dégradation et mobilité des pesticides
- intensité, localisation des activités microbiennes relatives aux M.

► Faire/adapter l'outil mathématique permettant d'étudier par modélisation, l'évolution des mulchs et leurs effets sur C,N, pesticides, activités microbiennes

► Analyser avec cet outil (modèle), des scénarios de qualité de mulch x conditions climatiques pour les fonctions écologiques sélectionnées

LE MULCH (paillis) = objet d'étude

# PARTENAIRES DE TERRAIN

Descriptif des situations agronomiques

et situations expérimentales



Echanges, négociation sur la typologie établie pour les mulches et les choix des situations



Confrontation expériences de terrain & expérimentations virtuelles



Mesures in situ, collectes d'échantillons



Inventaire des cultures, rotations, types de mulch, pesticides

Choix des situations expérimentales retenues

Modélisation: scénarios agronomiques et climatiques

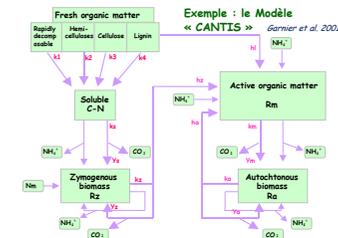
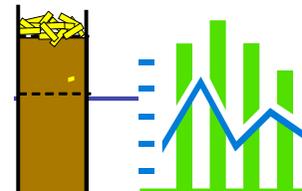


Typologie des mulchs, des types de sol, des molécules pesticides



Caractéristiques physiques et chimiques des résidus et mulchs

Incubations, exp. en conditions simplifiées

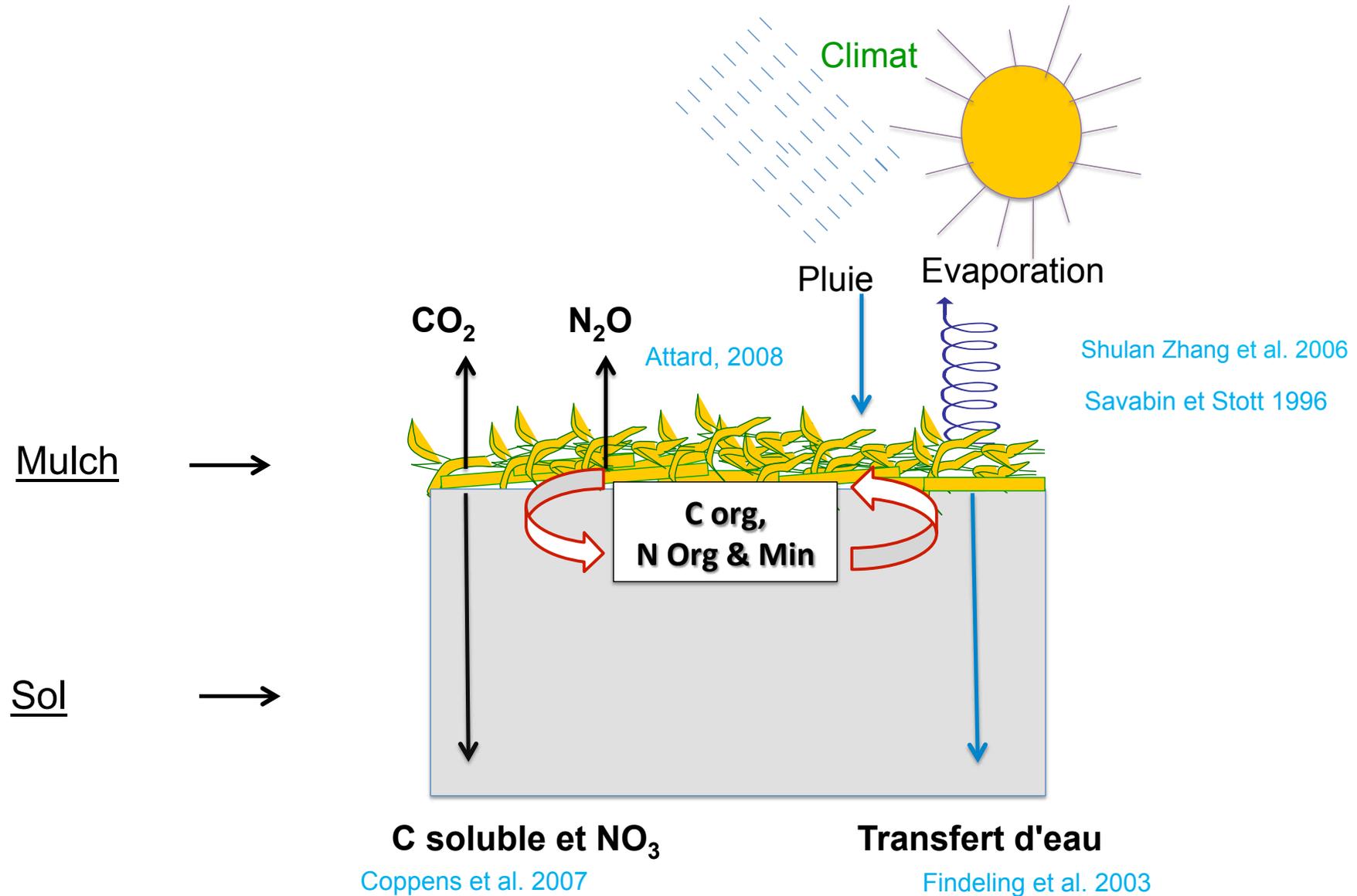


Paramètres et données pour validation

## ACTIVITES TACHE 2

INTERACTIONS TACHE 1

# Impact du Mulch sur les flux d'eau et de C & N

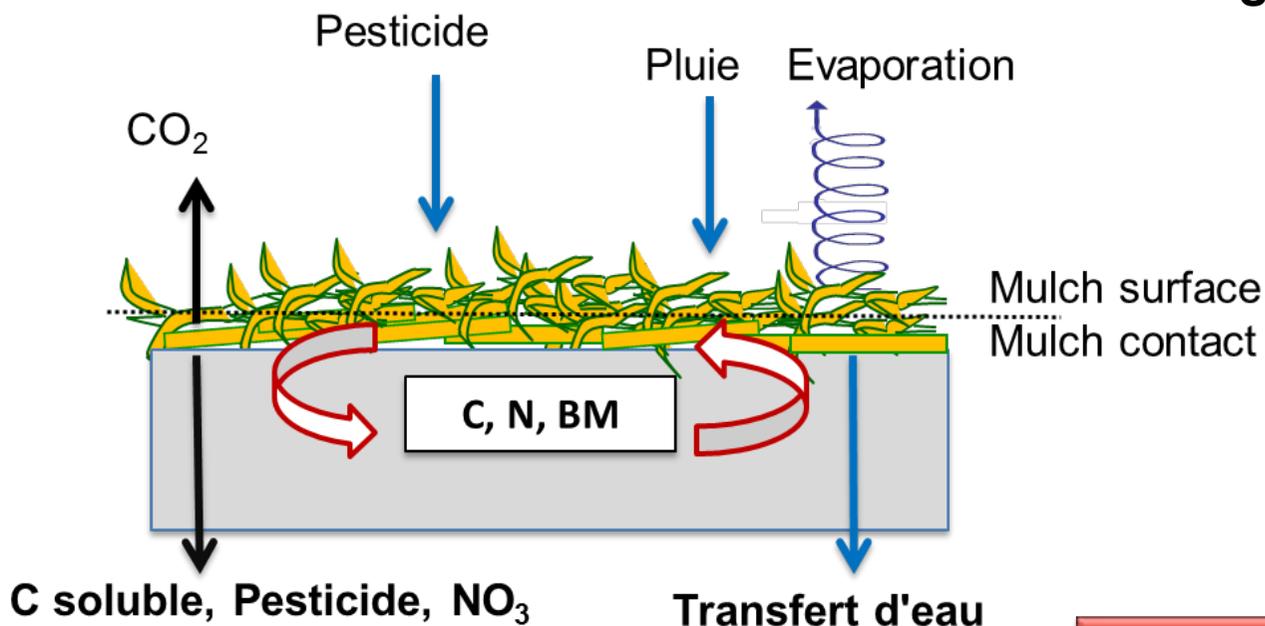




# Modélisation : PASTIS<sub>mulch</sub> : 4 modules

## Module Mulch

Findeling et al. 2007



## Module Pesticide

|  |  |                                    |
|--|--|------------------------------------|
| <b>Pesticide Soluble P<sub>S</sub></b> | <b>Pesticide adsorbé P<sub>A</sub></b> | <b>Pesticide lié P<sub>L</sub></b> |
|--|--|------------------------------------|

Saffih-Hdadi et al. 2003

## Module Transfert

- Eau  $\theta$
- Température T
- Solutés NO<sub>3</sub>, C soluble, Ps

Lafolie et al. 1993

## Module Matière organique

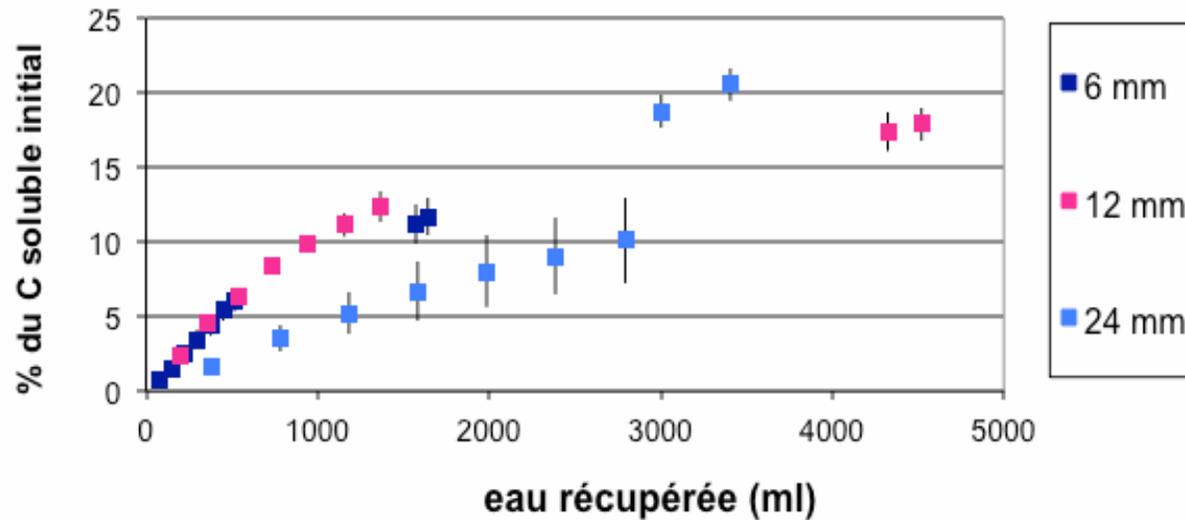
- Carbone C
- Azote N
- Biomasse Microbienne BM

Garnier et al. 2003

# Extraction du C soluble par les pluies : de la mesure à la modélisation



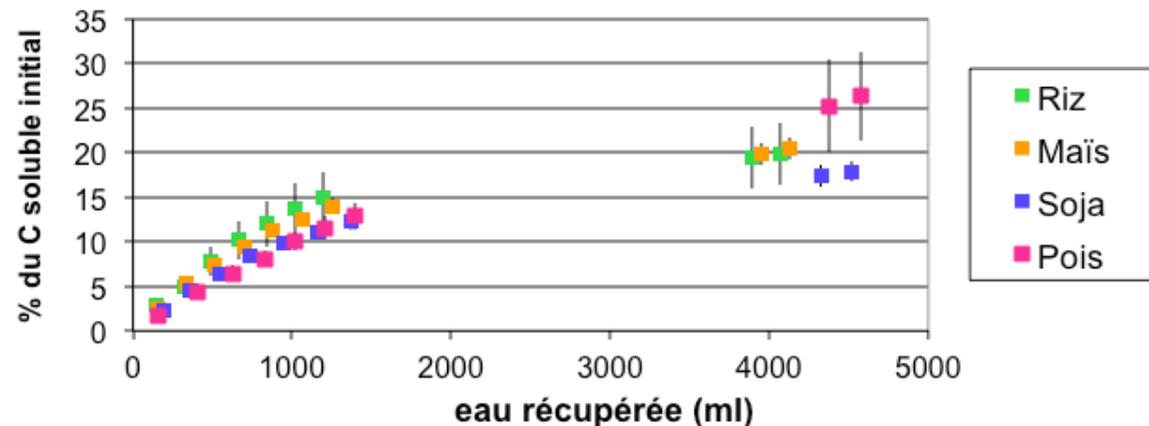
## SOJA



**Différents régimes de pluie  
=  
Différentes cinétiques de sortie du C soluble**

**Des mulchs très différents avec des sorties de C soluble comparables :  
→ La modélisation est possible**

## Pluie de 12 mm pour les 4 mulchs



# Modélisation du lessivage du C soluble du mulch

PEPITES



Le Mulch a deux couches dont une en contact avec le sol.

## Mécanismes simulés

### Bilan d'eau et d'énergie de la couche du mulch

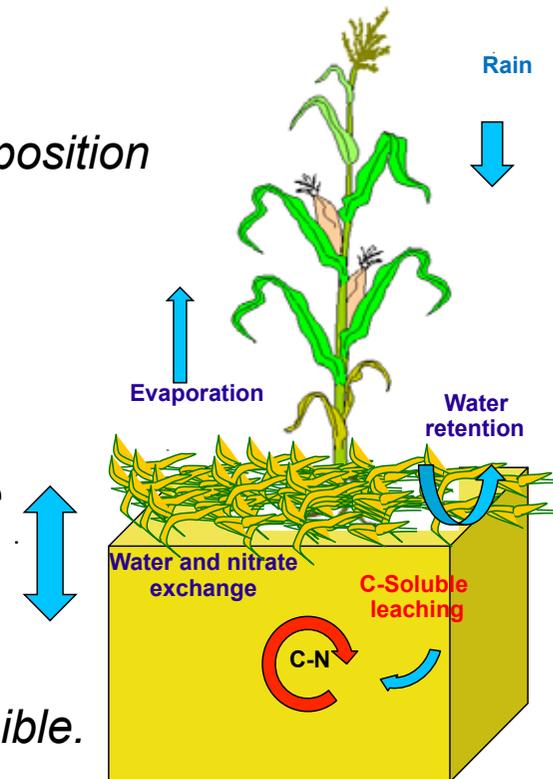
*Fournit le potentiel hydrique et la température pour la décomposition  
Influence l'eau et la température du sol*

### Décomposition du mulch en contact avec le sol

*Dépend de N disponible près de la surface  
Fournit le C-Soluble disponible pour le lessivage  
Détermine le volume de mulch et le taux de couverture utilisé  
par les bilans d'eau et d'énergie*

### Lessivage du C-Soluble du Mulch.

*Dépend de la teneur en eau du mulch et du C soluble disponible.  
Equation du 1<sup>er</sup> ordre  
C lessivé est transporté et participe au cycle CN dans le sol*

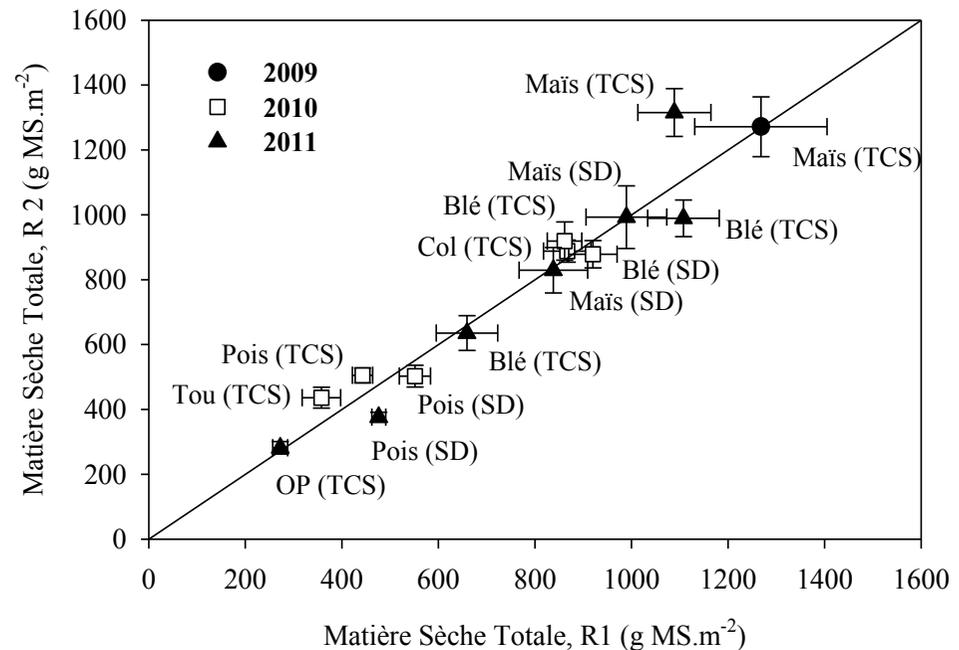


# Estimation des masses de mulch au champ



Prélèvement d'un double transect  $f$  (largeur de récolte)

Méthode répétable,  
quelle que soit la  
technique culturale  
employée



# Sélection des couverts végétaux étudiés

Monoculture

Association

France

Madagascar

Brésil

Maïs + Dolique  
(Madagascar)

|              |                     |   |     |     |
|--------------|---------------------|---|-----|-----|
| Blé          | Maïs + Dolique      | ✓ | ✓   |     |
| Riz          | Maïs + Stylosanthes |   | ✓ ✓ | ✓ ✓ |
| Maïs         | Maïs + Brachiaria   | ✓ | ✓   | ✓   |
| Brachiaria   | Blé + Luzerne       | ✓ |     | ✓   |
| Pois         | Riz + Cajanus       | ✓ |     | ✓   |
| Soja         | Maïs + Soja         | ✓ | ✓   | ✓   |
| Dolique      |                     |   | ✓   |     |
| Stylosanthes |                     |   | ✓   |     |
| Luzerne      |                     | ✓ |     |     |
| Vesce        |                     | ✓ | ✓   |     |
| Féverole     |                     | ✓ |     |     |
| Tournesol    |                     | ✓ |     |     |
| Colza        |                     | ✓ |     |     |



Blé + Luzerne (France)



# Stratégie de recherche

## 1. Paramètres des mulchs : physiques, biochimiques, interactions pesticides



Calibration Module  
Mulch



Calibration Module  
Matière organique



Calibration Module  
Pesticide

**INPUT**

**PASTIS**  
Devenir de la matière organique  
et des pesticides / mulch + sol

## 2. Transfert en colonnes de sol



**Test**

## 3. Analyse de sensibilité et Scénarios

# Dispositif expérimental en colonnes

**Mesure de gaz**



**Tensiomètres**



**Blé+Luzerne**



**Prélèvement de la solution**

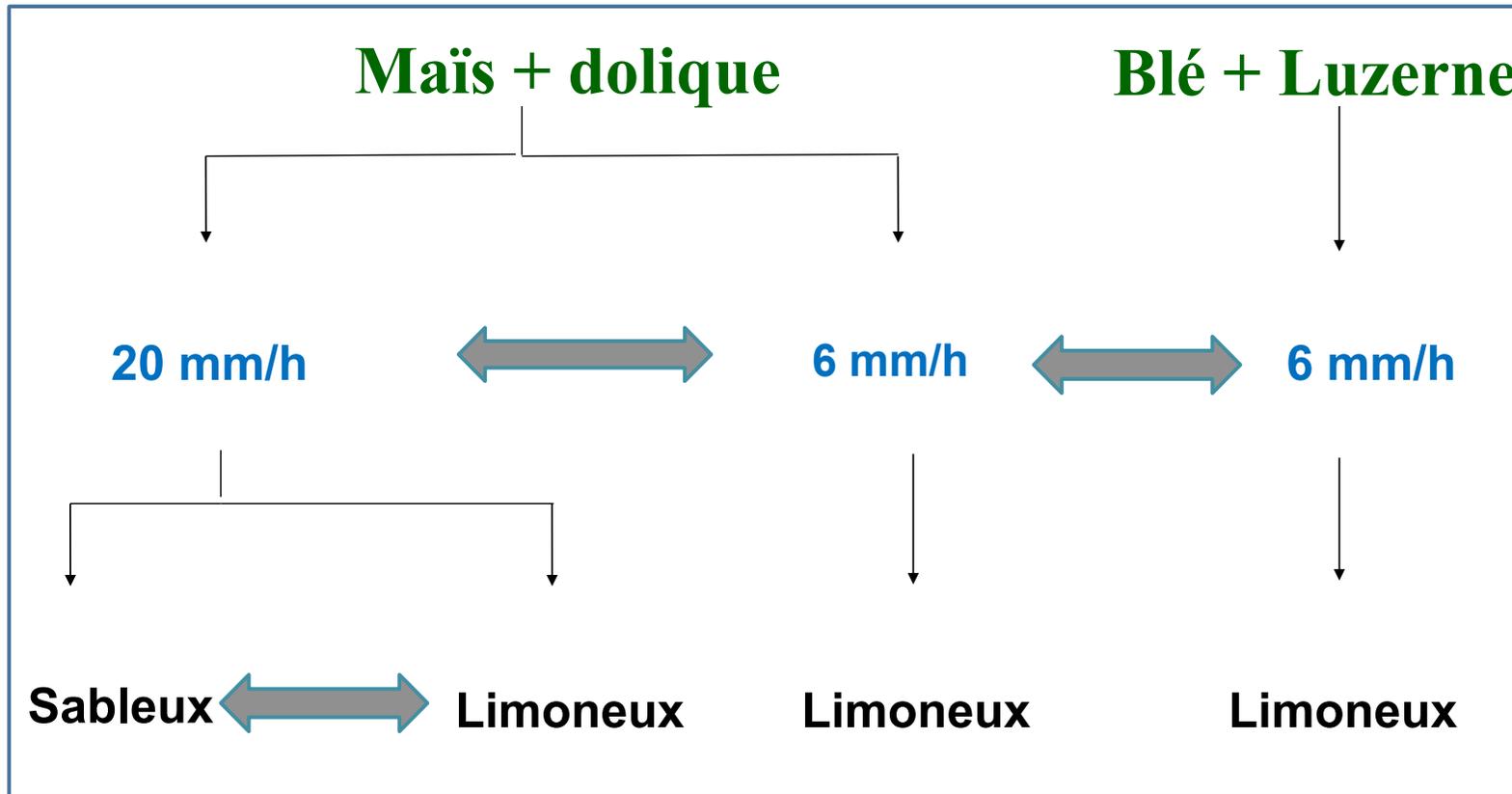


**Simulateur de pluie**



**Maïs+Dolique**

# Traitements expérimentaux



## Comparisons:

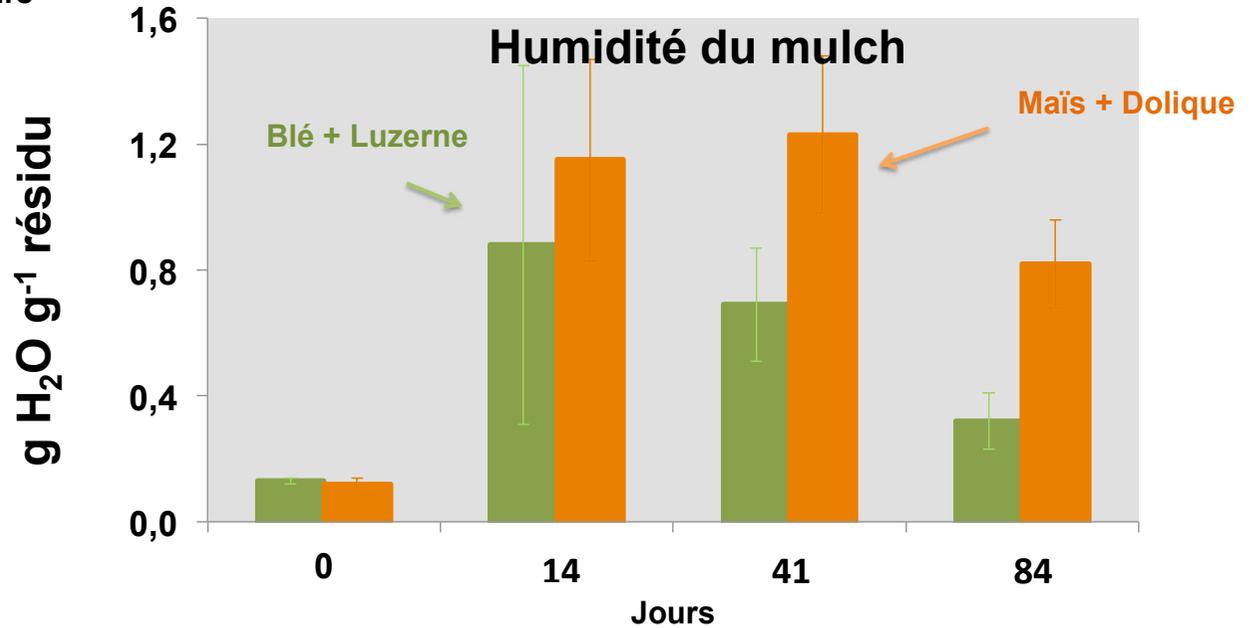
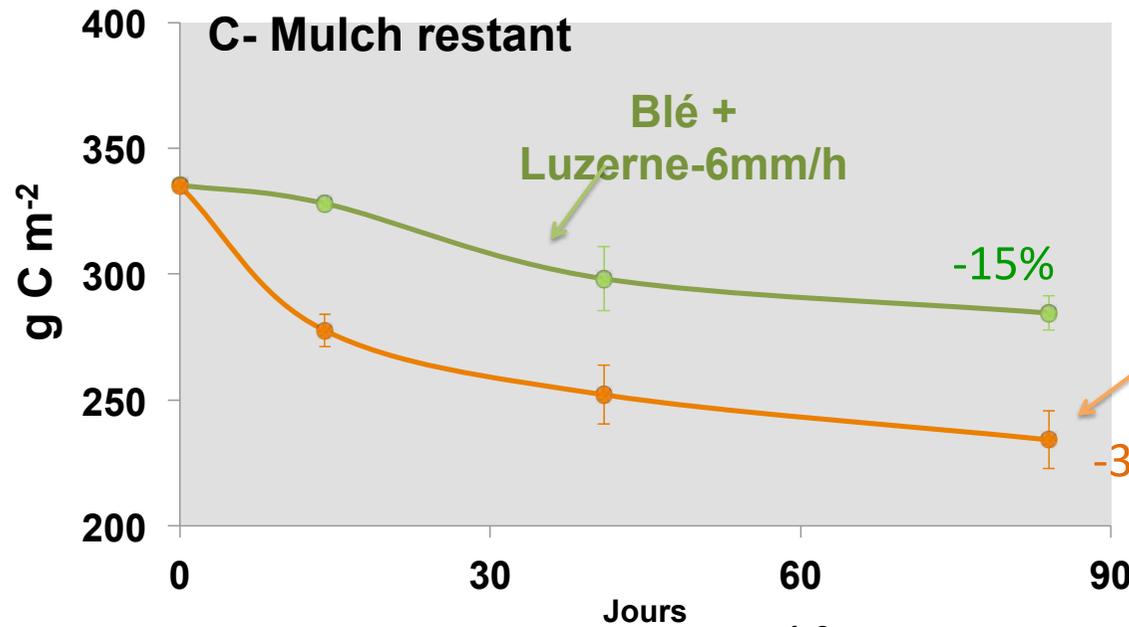
- Effets des caractéristiques d'un mulch
- Effets du régime de pluie
- Effets des caractéristiques d'un sol

## Prélèvements

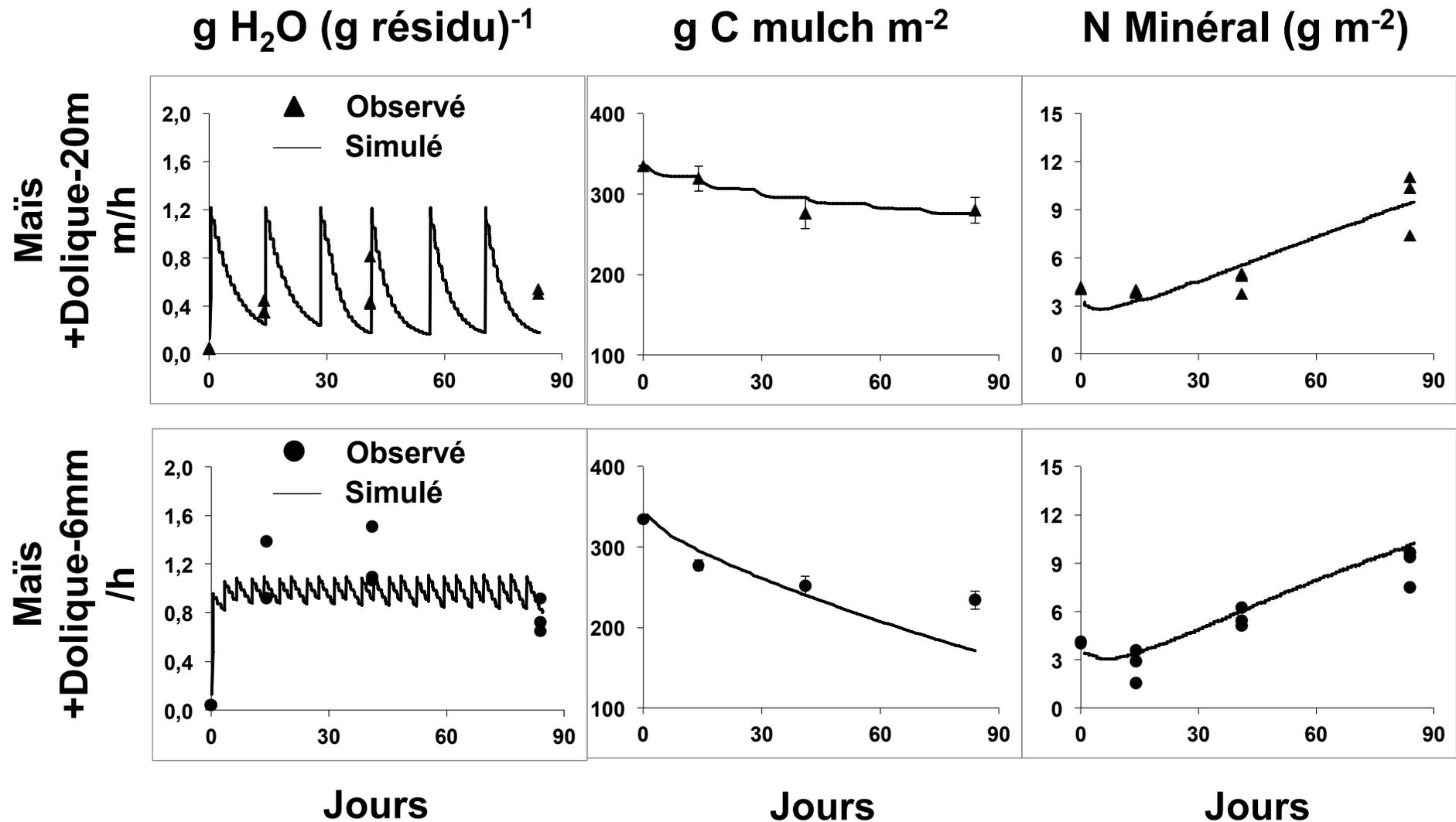
Jour 0, jour 14, jour 42,  
jour 84

# Dynamique de C et humidité des mulchs

Effet mulch



# Test de PASTIS sur les données expérimentales colonnes



- Globalement la performance du modèle PASTIS a été satisfaisante pour la simulation de différents processus

# Sélection des mulchs, sols et climats pour les scénarios de modélisation

## Mulchs



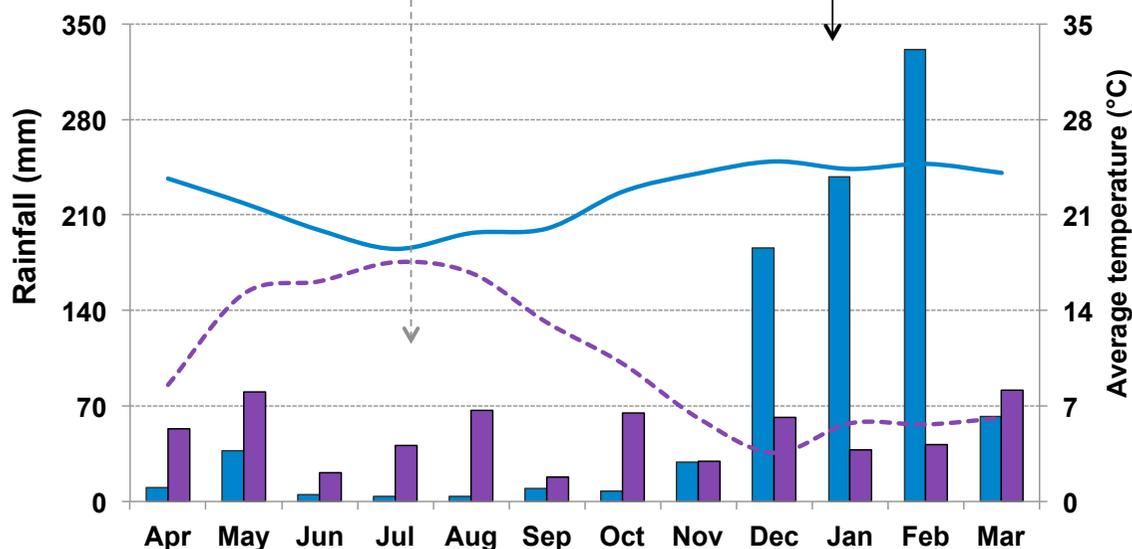
|              |                 |
|--------------|-----------------|
| Blé          | Blé+Luzerne     |
| Riz          | Maïs+Brachiaria |
| Maïs         | Maïs+Dolique    |
| Dolique      | Maïs+Soja       |
| Stylosanthes | Maïs+Cajanus    |



## Climats

**Tempéré** (Sep 2007-Août 2008)

**Tropical** (Avr 2011-Mars 2012)



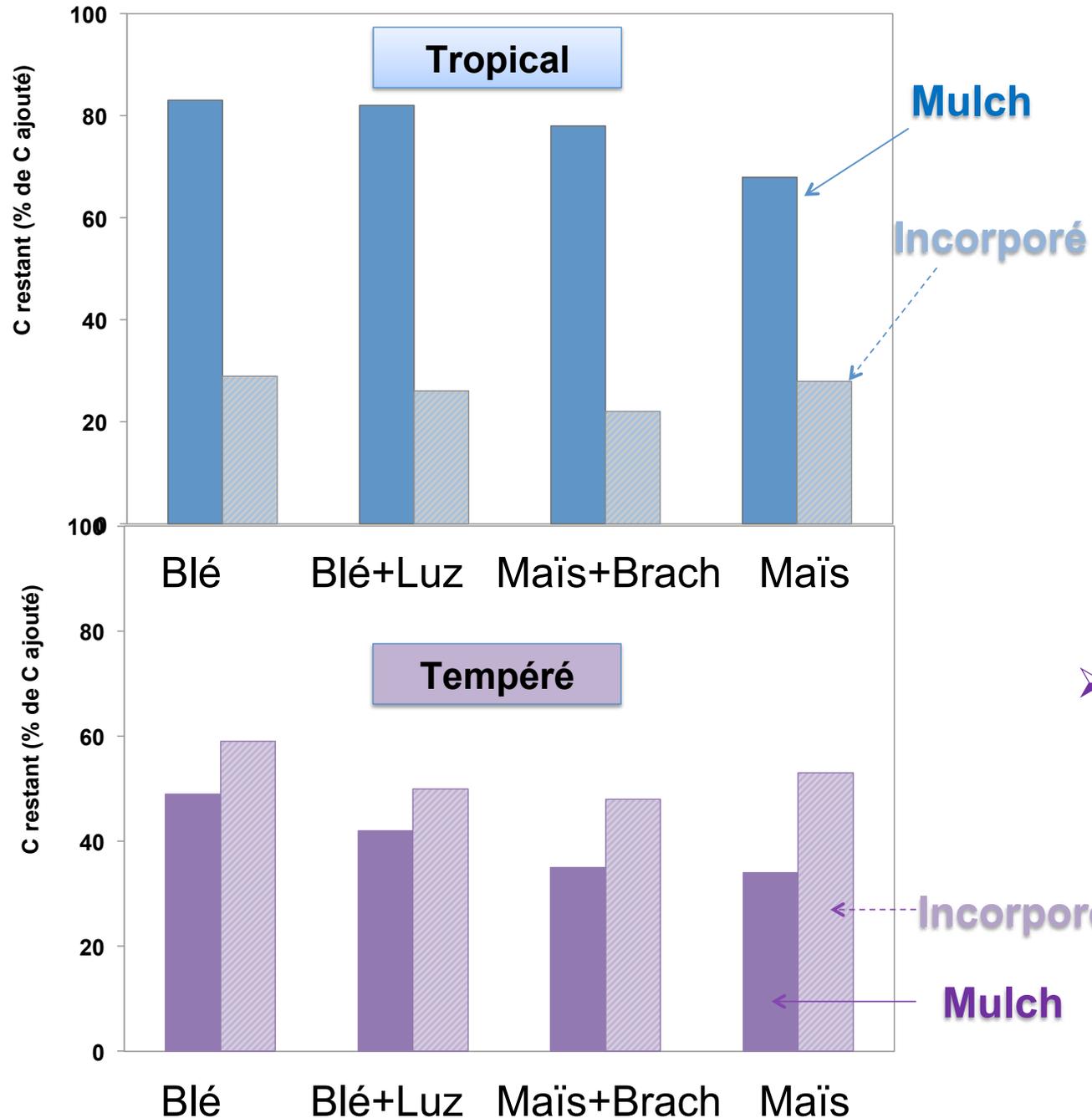
## Sols

- Sol limoneux, France (Tempéré)
- Sol Sableux, Madagascar (Tropical)

## Localisation

- Mulch (surface)
- Incorporé (0-15 cm)

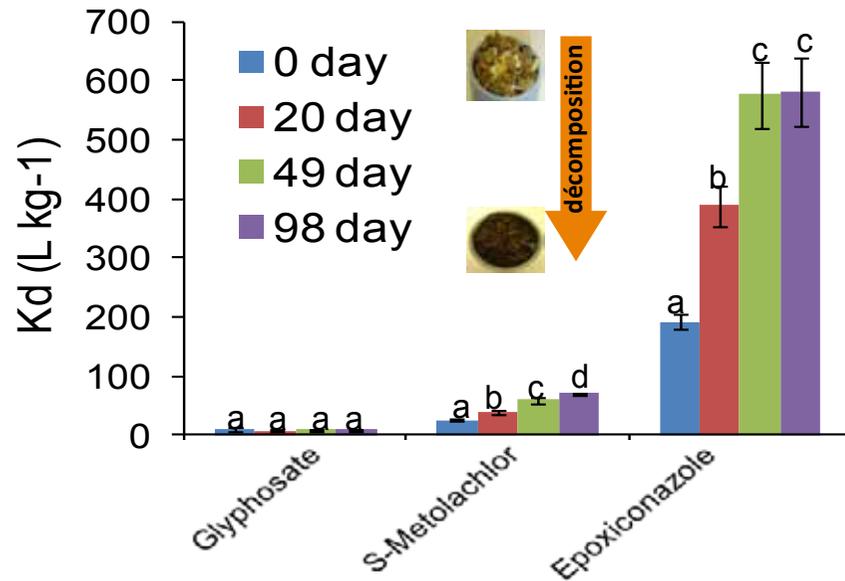
## Dynamique du C (Effet qualité, climat et localisation)



➤ La qualité physique est un facteur important pour la décomposition

➤ La qualité chimique est un facteur important pour la décomposition

# Décomposition des mulchs et propriétés de rétention des pesticides



- Augmentation de la rétention des molécules non ioniques avec la décomposition des résidus de Maïs
- Peu d'effet sur un composé polaire : le glyphosate

*Recherche de corrélation avec les propriétés biochimiques*

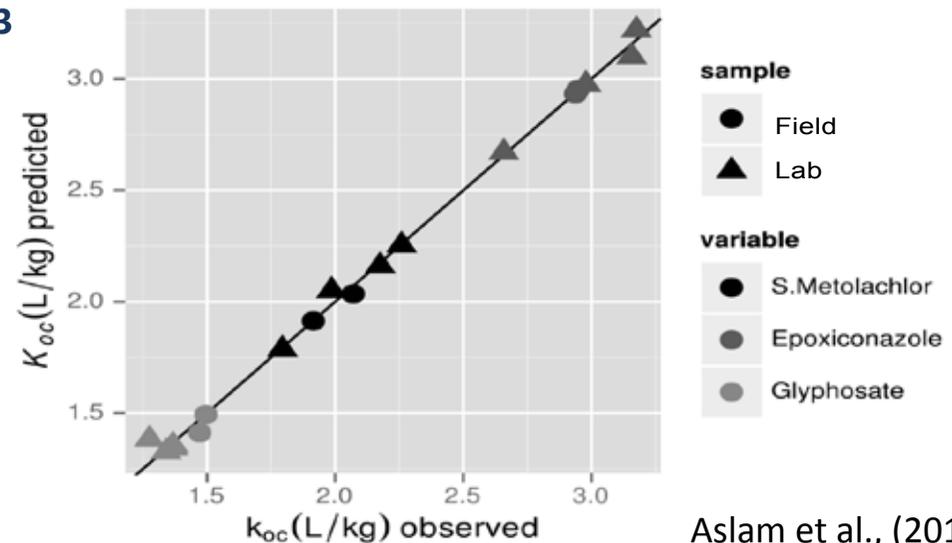
Analyse compositionnelle (CoDa Analysis)

- Obtention d'un modèle prédictif générique pour les 3 molécules

- A partir des caractéristiques Van Soest

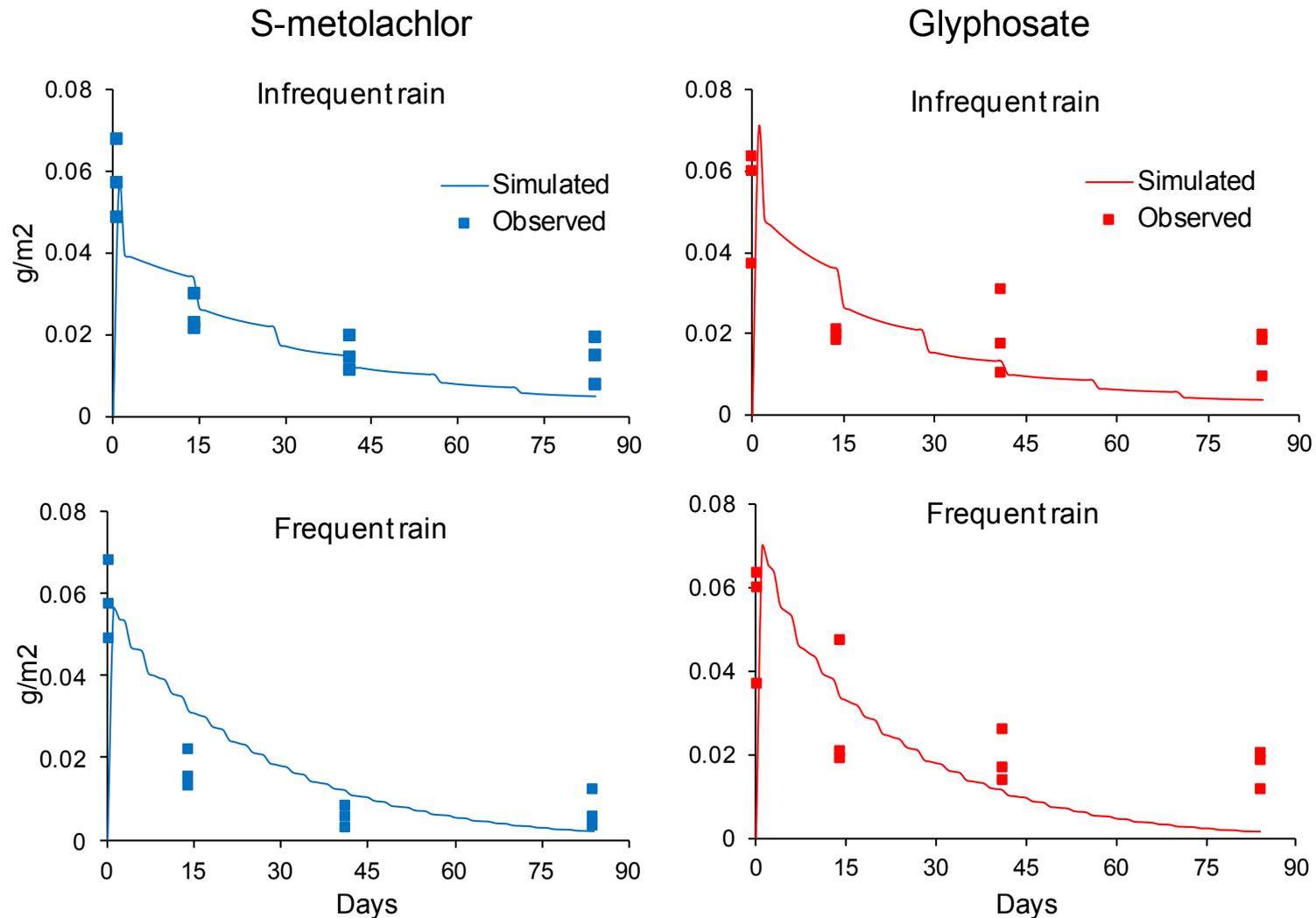
$$K_{oc} = \text{Intercept} + a \cdot [\text{LIC}, \text{NDF} \mid \text{SOL}, \text{HEM}, \text{CEL}] + b \cdot [\text{SOL} \mid \text{HEM}, \text{CEL}] + c \cdot [\text{NDF} \mid \text{LIC}]$$

- ou des données RMN 13 C



Aslam et al., (2013)

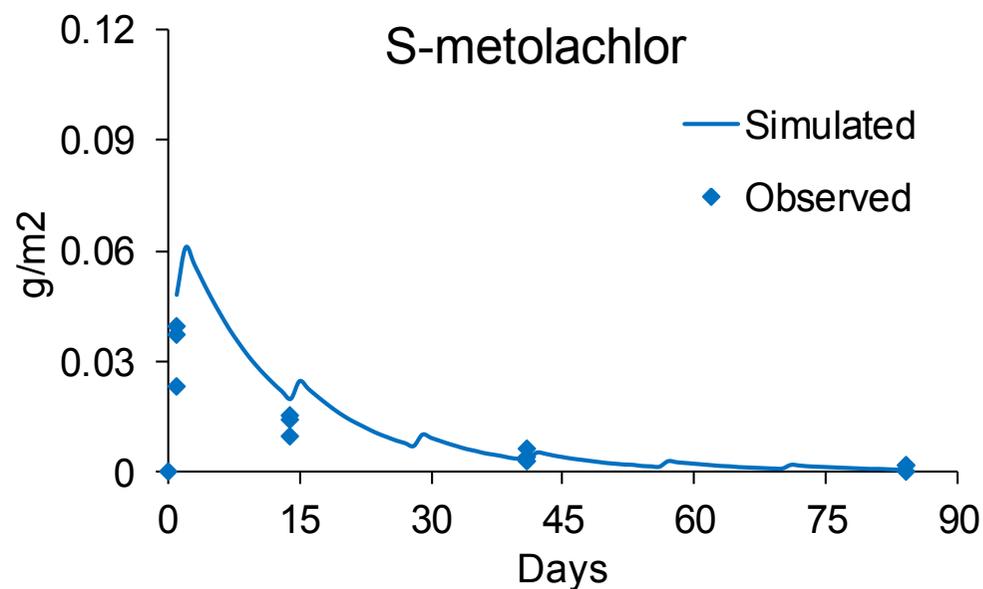
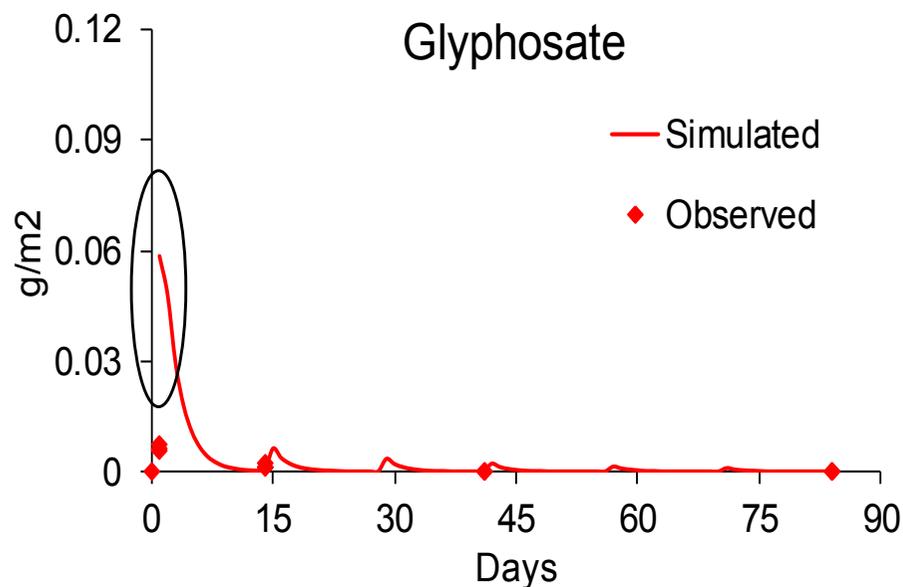
# Quantités de pesticides restants dans le mulch: simulées par PASTIS vs observées dans les colonnes



**Modèle simule correctement les résultats expérimentaux mais sous-estime les quantités restantes des pesticides à la fin de l'expérience**

# Quantités de pesticide dans le sol sous le mulch: simulées vs observées

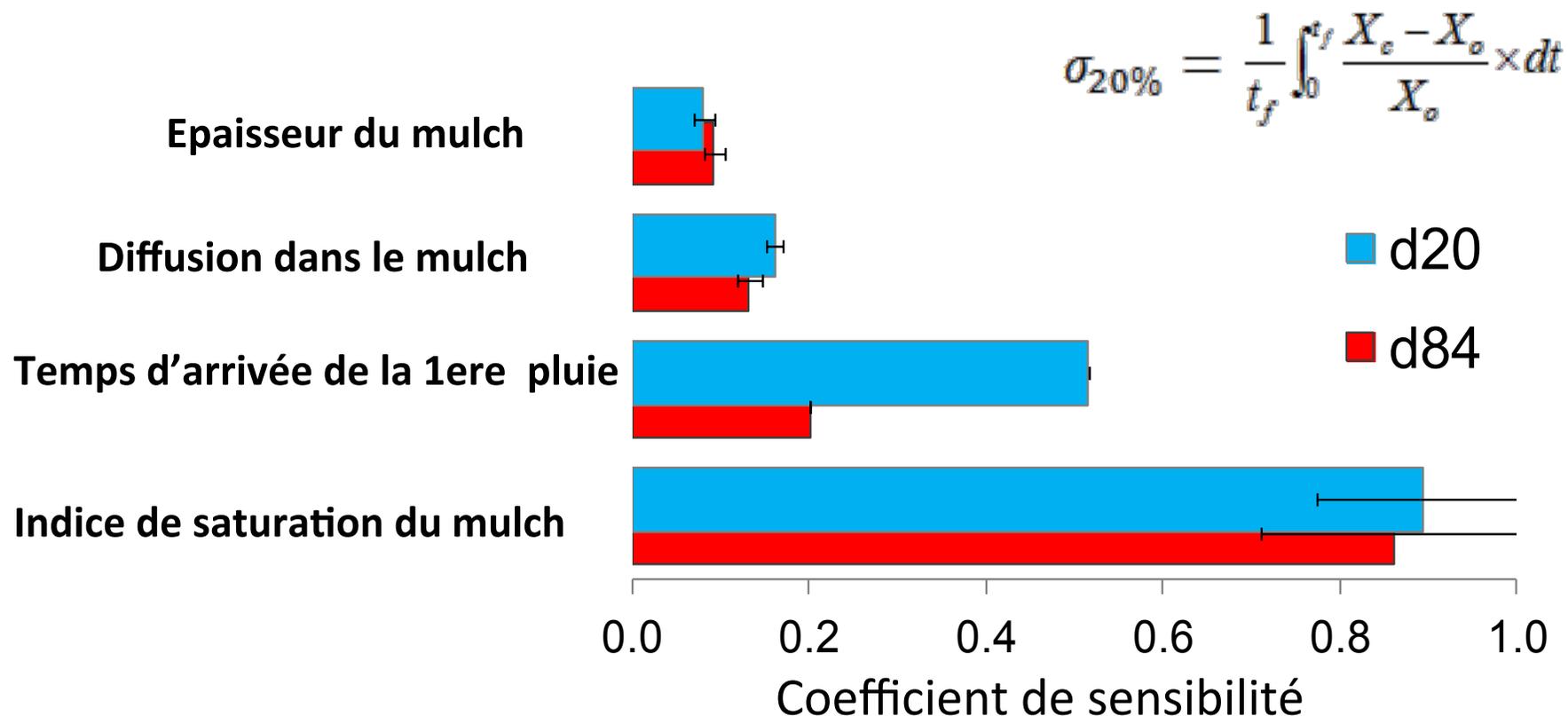
Pluie non fréquente



**Problème de mesures des concentrations de glyphosate**

**Glyphosate dissipé plus rapidement que le S-métolachlore car plus soluble**

# Analyse de sensibilité de PASTIS pour le lessivage des pesticides



Impact des paramètres physiques comme l'indice de saturation du mulch

Impact de la date de la première pluie après l'application des pesticides

# Conclusions



## Ce qui est nouveau !

- ✓ **Un modèle, PASTIS, pour décrire la décomposition des mulchs, le transport du C soluble et le transport de pesticides à travers le mulch**
  - meilleure prise en compte des processus biologiques et de transport
  
- ✓ **La décomposition des mulchs, le lessivage du C soluble, des pesticides sont sensible aux régimes de pluie (intensité et fréquence)**
  - Plus (+) de transfert de pesticides sous le mulch en cas de pluies plus intenses et plus espacées dans le temps
  - Mais humidité des mulchs et décomposition plus importante quand les pluies sont plus fréquentes et moins intenses
  
- ✓ **Les propriétés physiques des résidus (morphologie, densité, rétention en eau) sont importantes, au côté des propriétés chimiques**
  - hiérarchie des facteurs diffère en fonction du climat et de la localisation

# Conclusions

## Ce qui s'est construit en partenariat !

- ✓ La démarche de « screening » des situations agronomiques, types de mulchs de résidus, sols, molécules pesticides, et gamme de variation
  - recherche d'une bonne représentativité des résultats, quitte à s'éloigner de la logique purement « scientifique » (ex: maïs+dolique sur sol de La Cage ☹ ?)
- ✓ La construction de scénarios agronomiques (choix des objets, climat, modalités) et des variables explorées, à partir d'un dialogue avec les terrains
- ✓ Un couplage des problématiques C&N et pesticides, à travers des manipes communes et un modèle commun !

## Quelle place de la modélisation pour la construction des connaissances et des processus innovants ??

- ✓ Revenons .... au 1er séminaire de PEPITES, Paris 2009, pour en discuter ☺

# Conclusion



## Et aussi ....

- 2 thèses soutenues Sohaib (17 mai), Akhtar (7 Juin)
- 2 master 2 , des stages de fin d'étude
- 2 articles publiés
- 2 articles soumis et 7 en préparation,
- une dizaine de présentations dans des colloques
- Une nouvelle version du module MULCH de Pastis, un jeu de paramètres unique pour CANTIS pour la plate-forme SOL VIRTUEL



**Merci de votre attention !!**