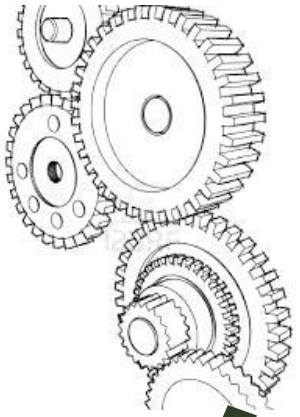
Modélisation de la dynamique temporelle du transport de glyphosate sur un petit bassin versant du Layon

Lefrancq Marie[1], Amiot Audrey[1], Alain Jadas-Hécart[1], Isabelle La jeunesse[1,2], David Landry[1], Sylvain Payraudeau[3]

[1] *LETG-Angers LEESA (UMR CNRS 6554)*
[2] *Citeres, Tours (UMR CNRS 7324)*
[3] *LHyGeS, Strasbourg (UMR CNRS 7517)*

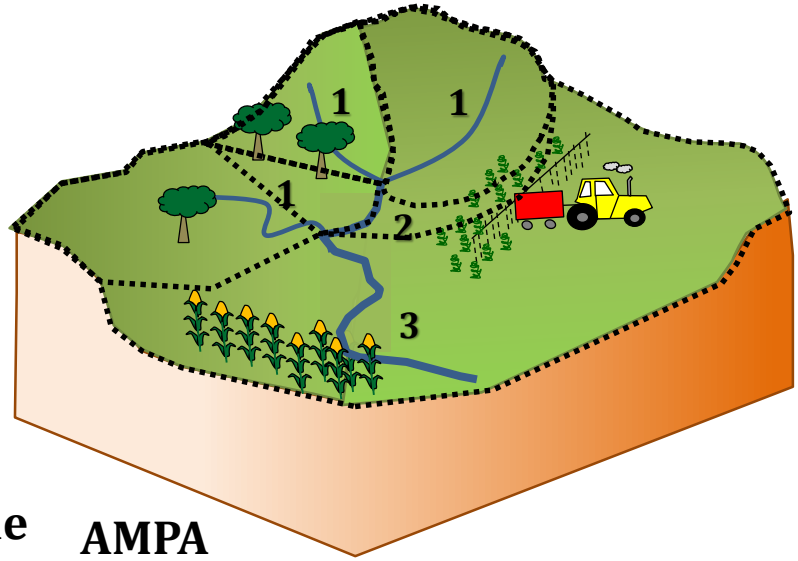


GFP 2016, Bordeaux

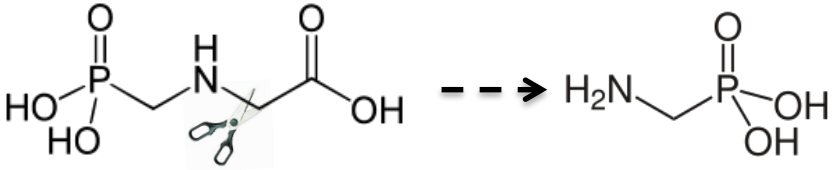
Petits bassins versants & le glyphosate

- **Petits bassins versants (0 – 1 km²)**
- Impact majeur sur la qualité de l'eau aval[1]
- Connections sources – récepteur[2]
- Système très dynamique

- **Impact d'un seul évènement**
- Pics de concentration de pesticides



N-(phosphonomethyl)glycine
'Glyphosate'



AMPA

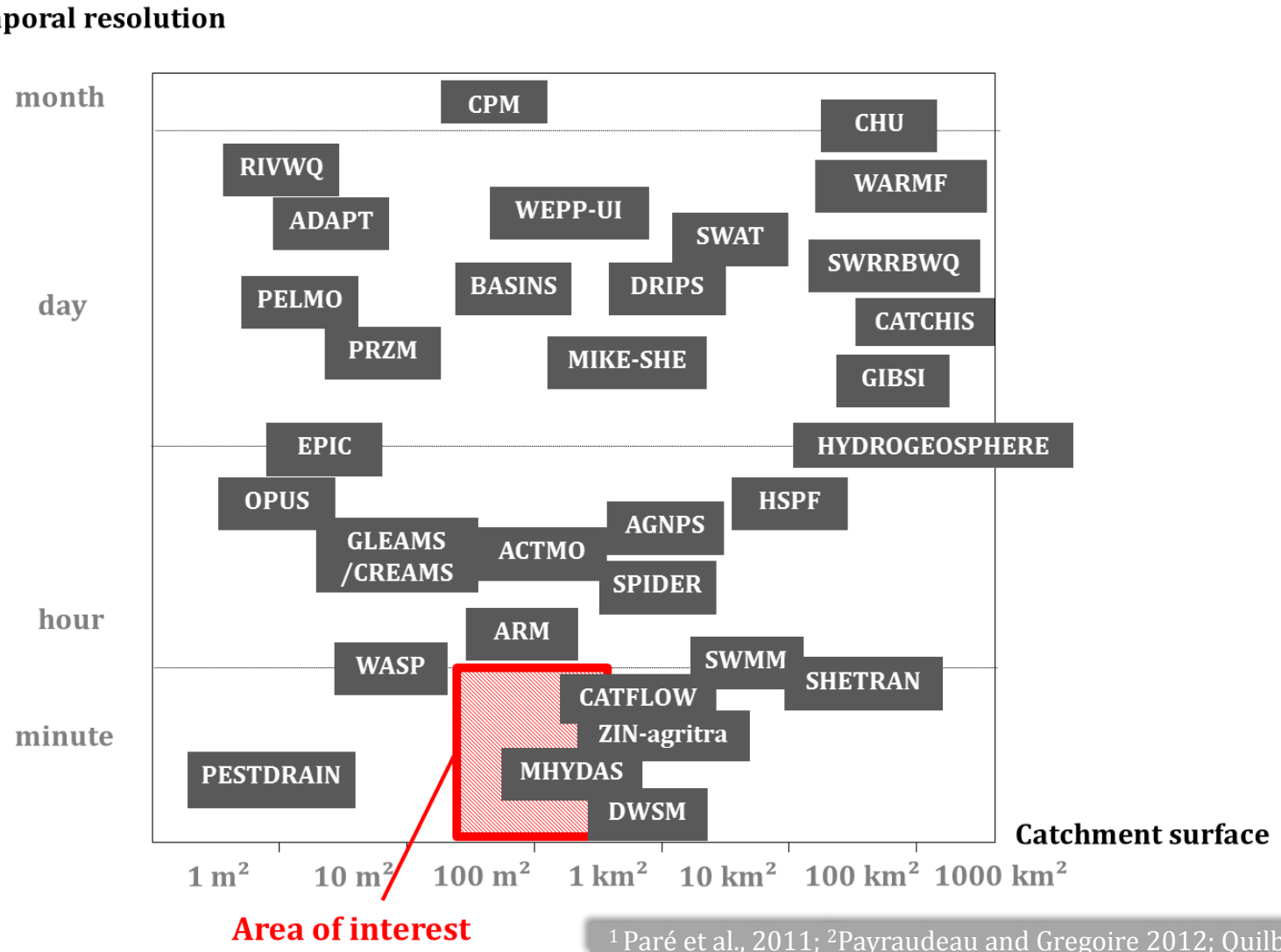
Solubilité dans l'eau (20°C)	10.5 g L^{-1}
K_{oc} [L kg^{-1}]	5.3 – 810 L kg^{-1} [3]
DT_{50} (sol)	12-197 jours[4]
Hydrolysis, photolysis	stable
Constante de la loi d'Henry(20°C)	2.10 10^{-7}

[1]Rasmussen et al., 2013; [2]Vörösmarty et al., 2010; Boorggaard et al, 2008 ;[4] Yang et al 2015.

Modélisation du transport de pesticide

- Zone viticole
- Têtes de bassins versants
- Base évènementielle

- Complètement distribuée
- Processus d'érosion et transport de pesticides sur phase particulaire[2]



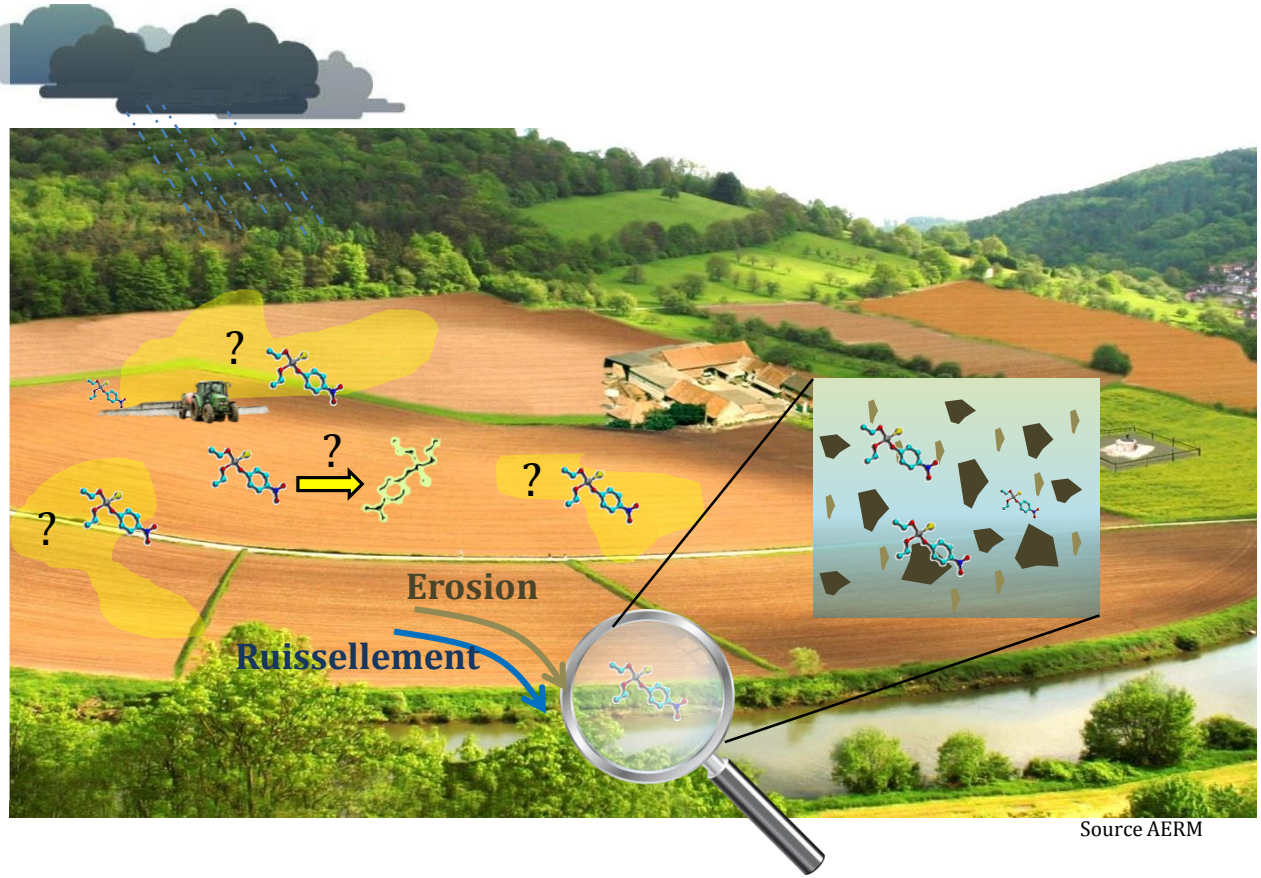
[1] Paré et al., 2011; [2]Payraudeau and Gregoire 2012; Quilbé et al 2006

Objectifs

- **Créer et tester** le modèle à l'échelle évènementielle
- **Identifier les processus clefs** régissant les dynamiques de pics de pesticides

❶ **Comment caractériser les états initiaux avant chaque évènement?**

❷ **Valider le modèle LISEM sur un petit bassin versant du Layon (Etape 1: phase dissoute)**

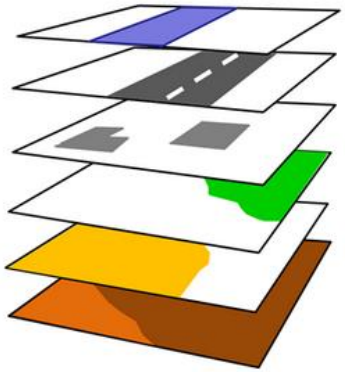


Source AERM

OpenLisem

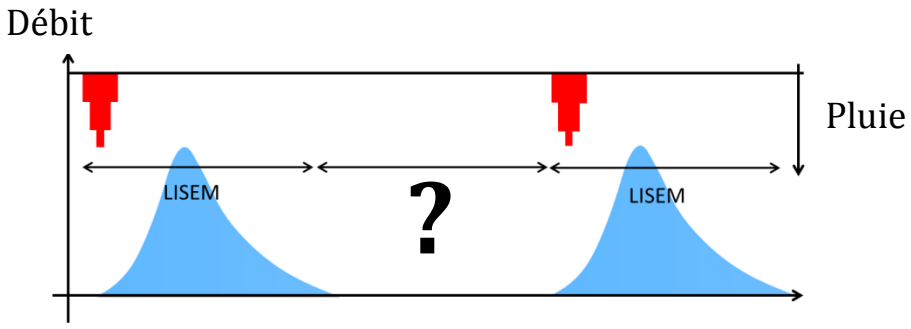
Pourquoi OpenLisem (Limbourg Soil Erosion Model[1,2])?

http://blogs.itc.nl/lisem

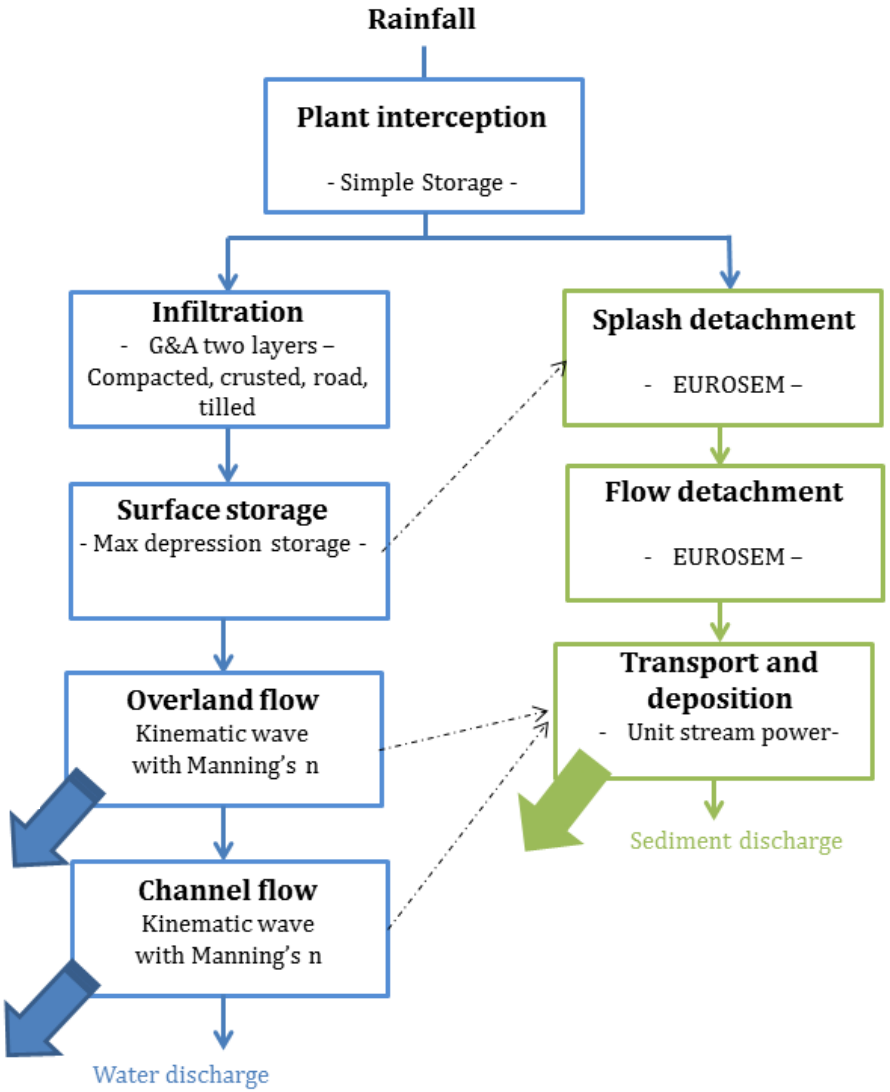


- Conçu pour les petits bassins versants agricoles
- À base évènementielle
- Complètement distribuée
- Processus d'érosion
- **21 cartes d'entrée:**

Structure du sol, végétation, paramètres hydrodynamiques



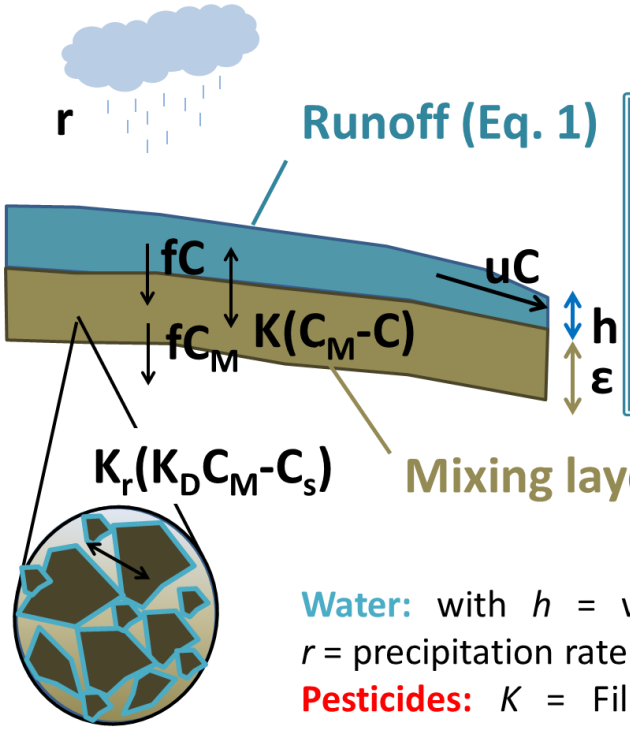
Structure et processus de OpenLisem



[1]De Roo et al, 1996; [2]Baartman et al, 2012

Le concept de « mixing layer »

- Mobilisation des pesticides provenant de la couche superficielle du sol
- Profondeur d'interaction du sol avec le ruissellement: 0.25 – 2 cm



$$h\frac{\partial C}{\partial t} + uh\frac{\partial C}{\partial x} = K(C_M - C) - rc \quad \textbf{(Eq. 1)}$$

$$n\varepsilon\frac{\partial C_M}{\partial t} = K(C - C_M) + f(C - C_M) - \varepsilon\rho_b k_r(K_D C_M - C_S) \quad \textbf{(Eq. 2)}$$

$$\frac{\partial C_S}{\partial t} = k_r(K_D C_M - C_S) \quad \textbf{(Eq. 3)}$$

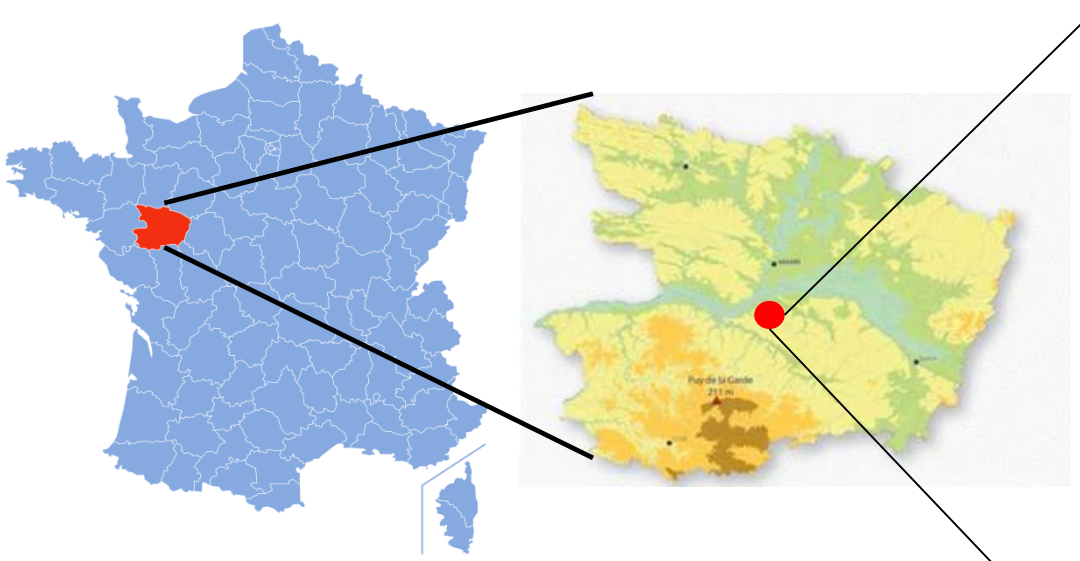
Water: with h = water depth [cm]; u = average linear velocity of runoff [cm min^{-1}]; r = precipitation rate [cm min^{-1}]; f = infiltration rate [cm min^{-1}].

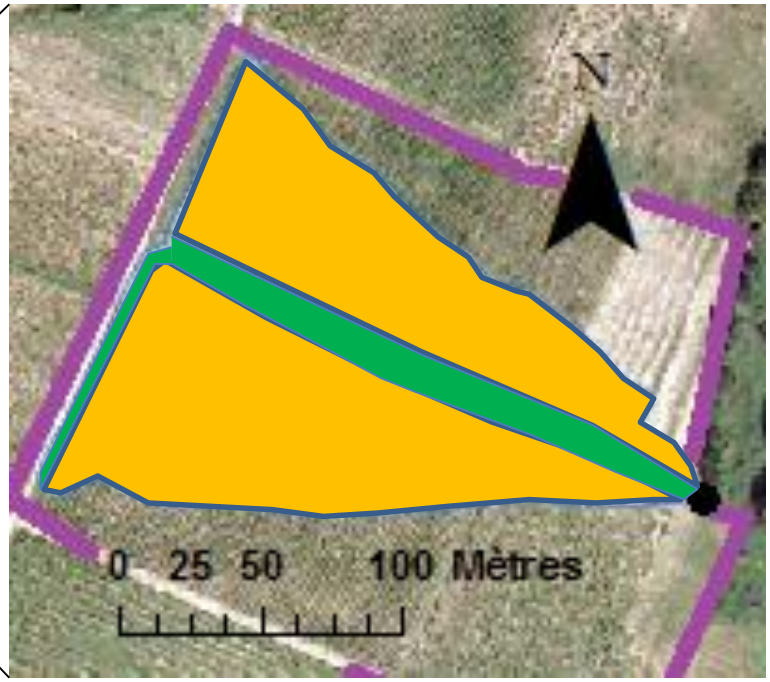
Pesticides: K = Film transport coefficient [cm min^{-1}]; k_r = rate of desorption [min^{-1}]; K_D= soil water partition coefficient [cm^3 g^{-1}]; C = Pesticide concentration in runoff [µg cm^3]; C_M= Pesticide concentration in the mixing zone [µg cm^3]; C_s= mass of pesticides sorbed per dry unit weight of soil [µg g^{-1}] .

Soil: n = soil porosity [cm^3 cm^{-3}]; ε = mixing layer depth [cm]; ρ_b= soil bulk density [g cm^{-3}].

Wallender et al, 2008; Lefrancq et al, in prep

Site d'étude et échantillonnage

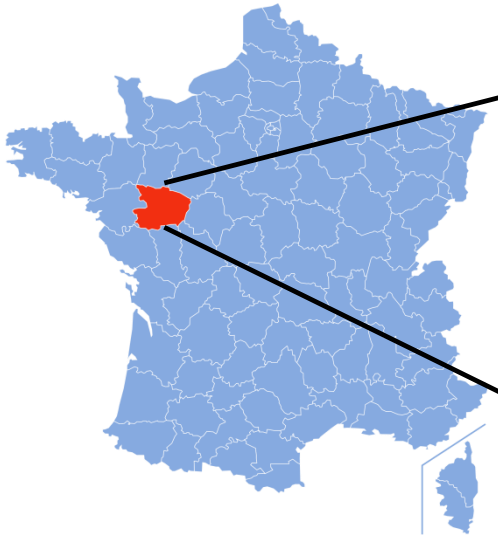


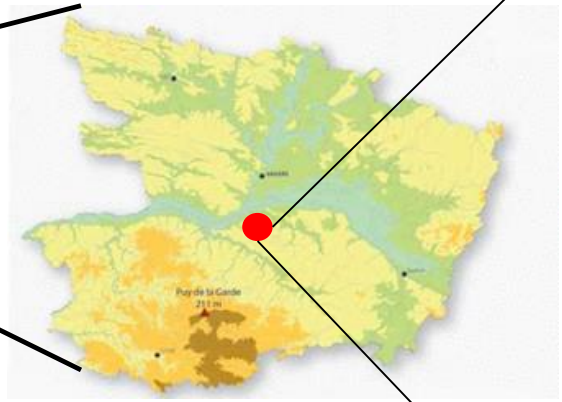


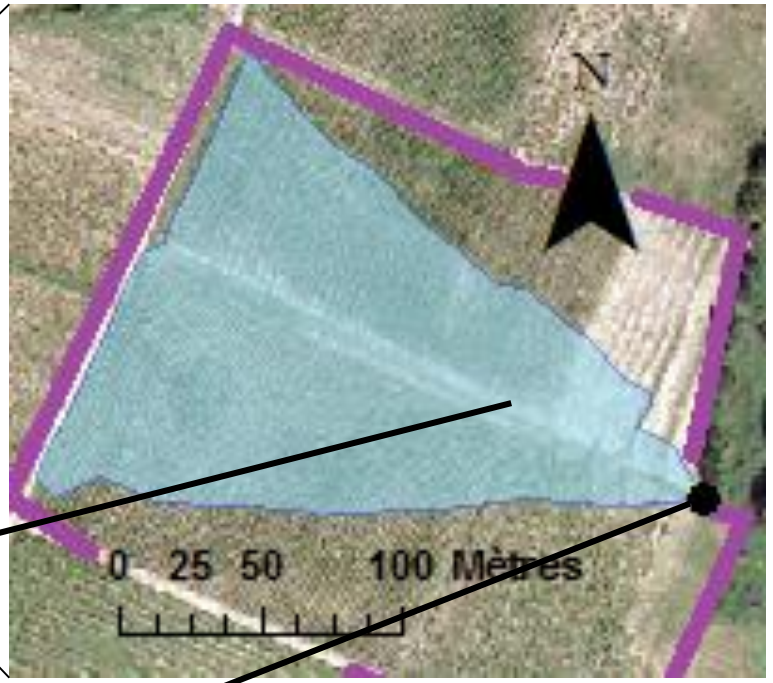
Rochefort sur Loire (Maine et Loire, France)
2.2 ha
Pente moyenne 8% mais [4, >40%]
Sol peu profond (30 cm à 1 m)
$Pluie_{annuel}$: 623 mm

(Amiot et al, in prep)

Site d'étude et échantillonnage

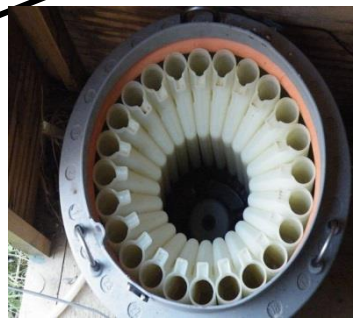






Pluviomètre

Canal venturi (dt=30s)



Hauteur d'eau > 2 cm
(dt=2min)

Avril 2009

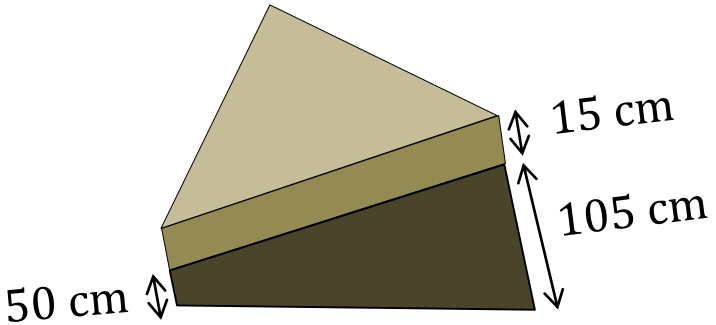
20 évènements

Octobre 2012

(Amiot et al, in prep)

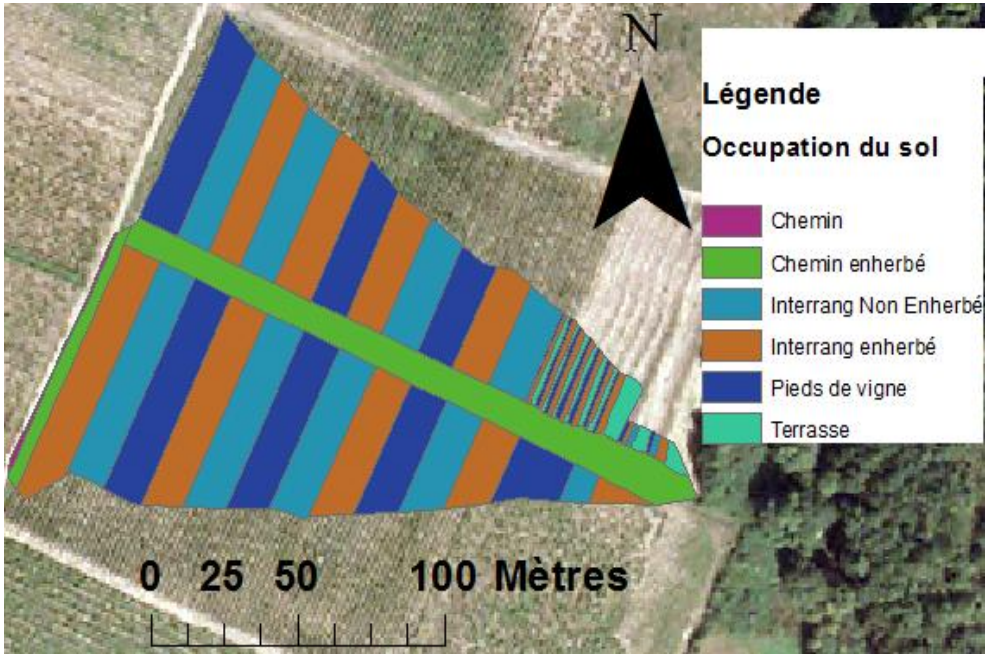
Conceptualisation du site d'étude

- Délimitation du Bassin versant
- Cellules de 2m sur 2m
- Dt=10 secs
- Système d'infiltration à 2 couches



- **22 occupations du sol différentes**:
- Le pied de vignes, le rang désherbé, le rang enherbé (3)
- 2 parcelles différentes (2)
- Le gradient de pente (3)

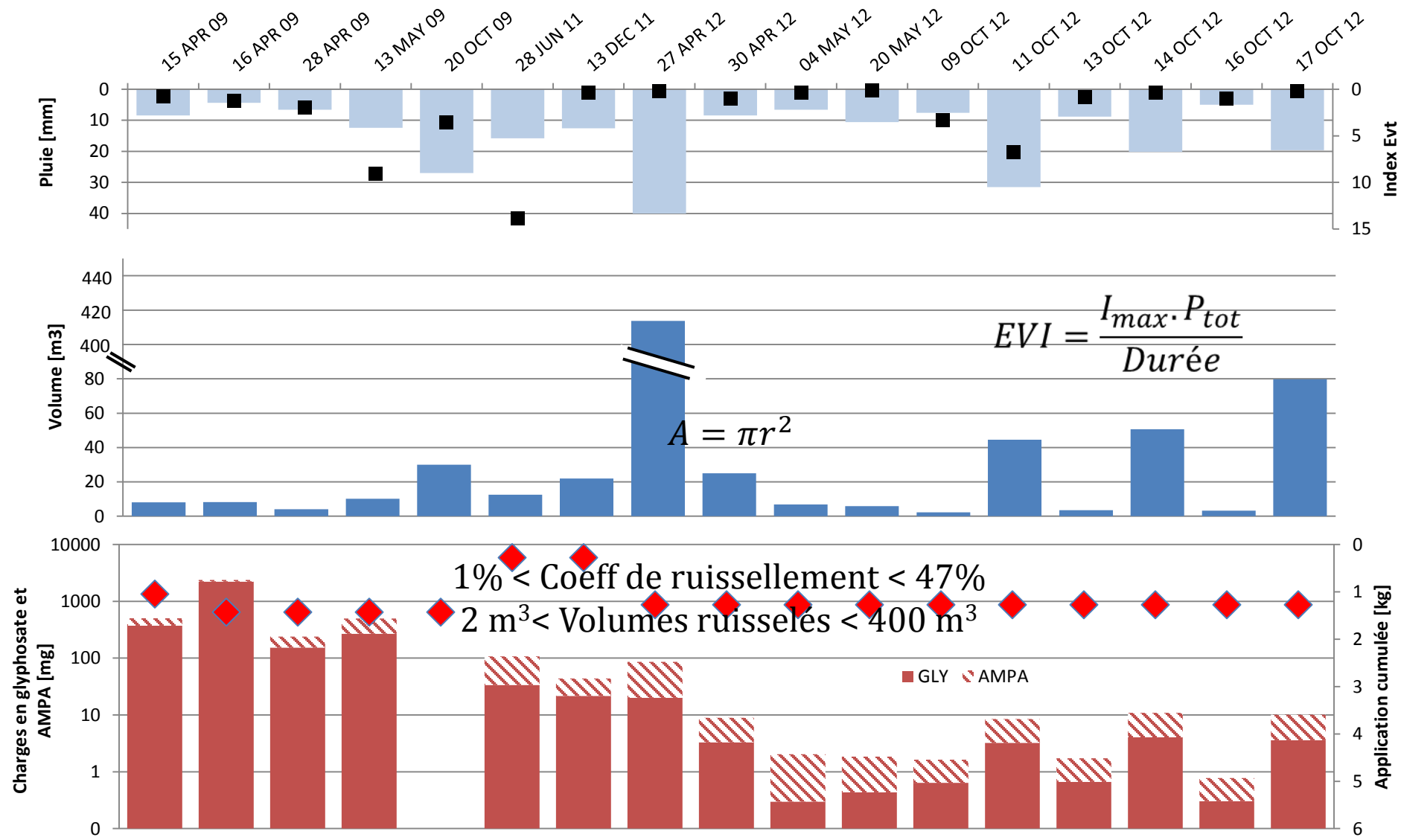
+ chemin enherbé central, terrasses, chemin d'exploitation et gouttières (4).



- Fonctions de pédotransfert ($\mathbf{K_{sat}}$, $\boldsymbol{\theta_{sat}}$, $\boldsymbol{\Psi}$)
- $\boldsymbol{\theta_{init}}$ **et la végétation** : le modèle continu BEACH[1] (dt=1jr)
- **Le micro-relief (RR)** basé sur le travail du sol[2]

[1](Sheikh et al. , 2009); [2](Zobeck & Onstad, 1986)

Resultats expérimentaux: Glyphosate/AMPA

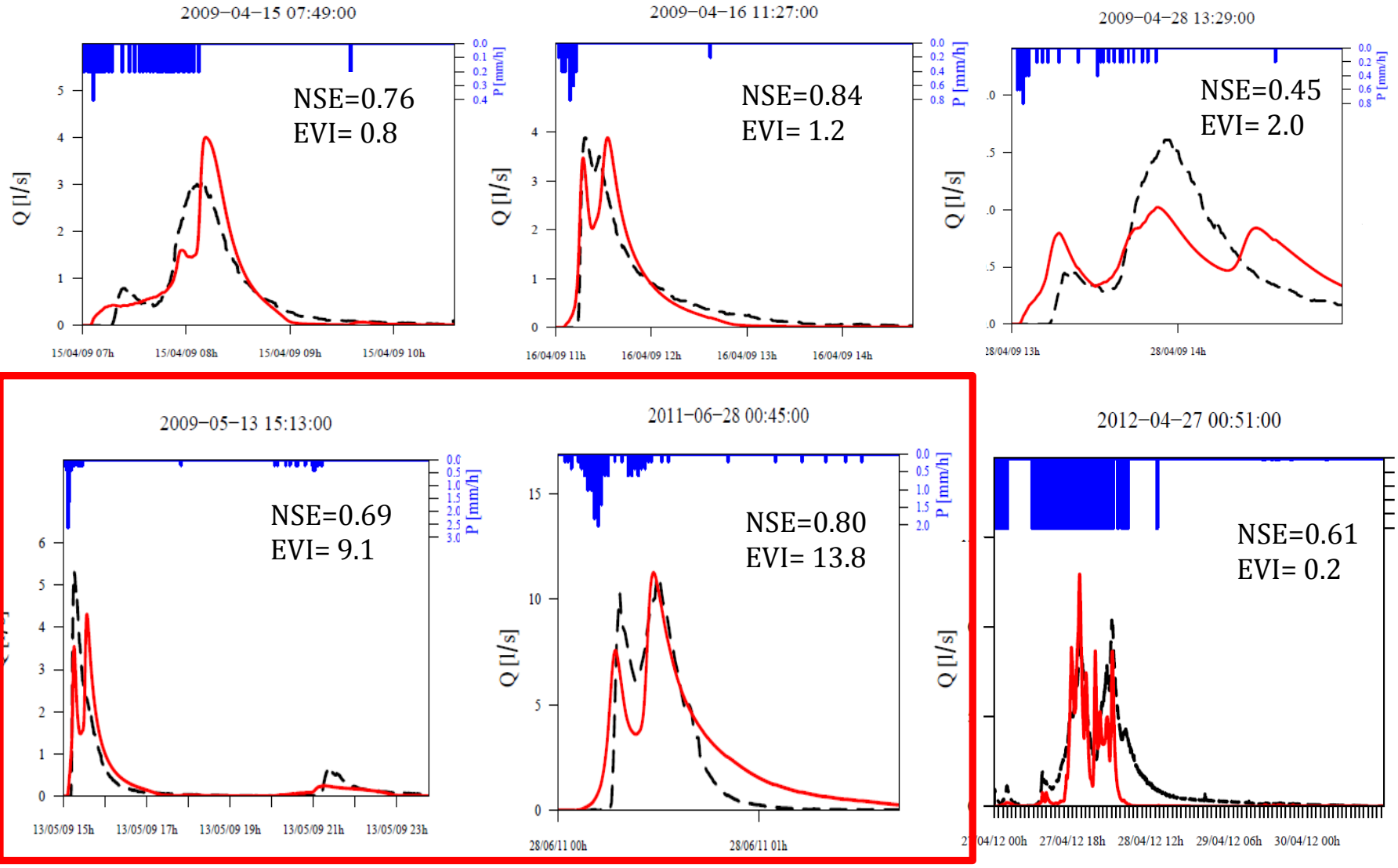


(Amiot et al, in prep)

Hydrogrammes

$$EVI = \frac{I_{max} \cdot P_{tot}}{Durée}$$

- Calibration évènementielle: Ksat et manning

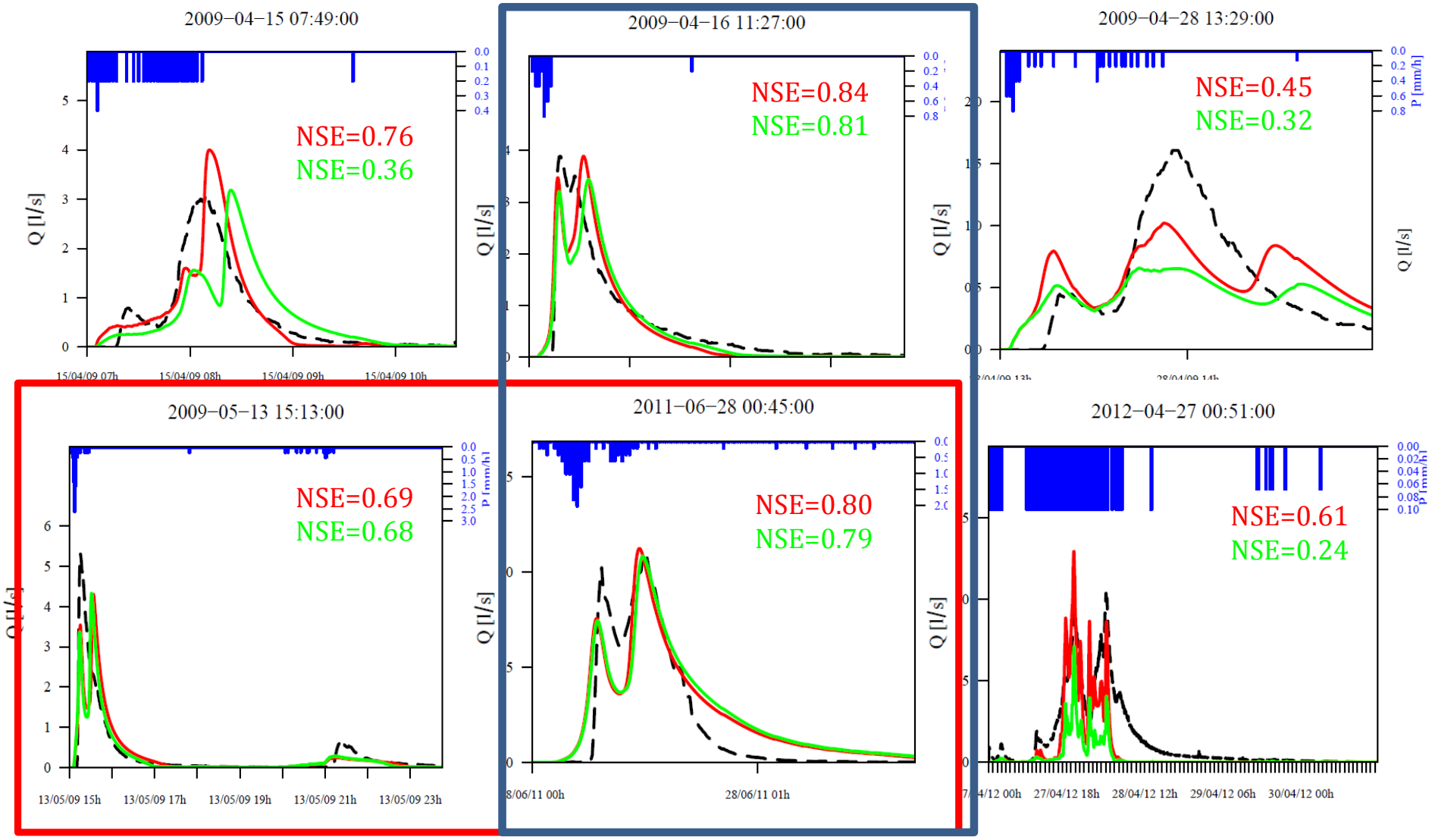


- Potentiel de OpenLisem à reproduire la relation pluie-débit
- Evènements pluvieux intenses, valeurs de Ksat calibré forts (Spearman: $\rho=0.81$, $p=10^{-4}$)

Hydrogrammes

$$EVI = \frac{I_{max} \cdot P_{tot}}{Durée}$$

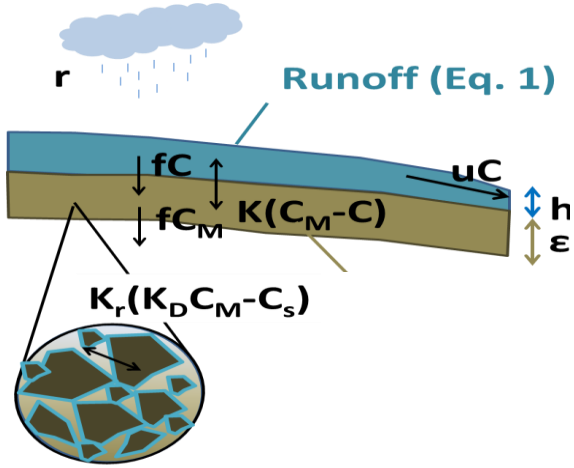
- Calibration/validation en 2 groupes: EVI fort – EVI faible

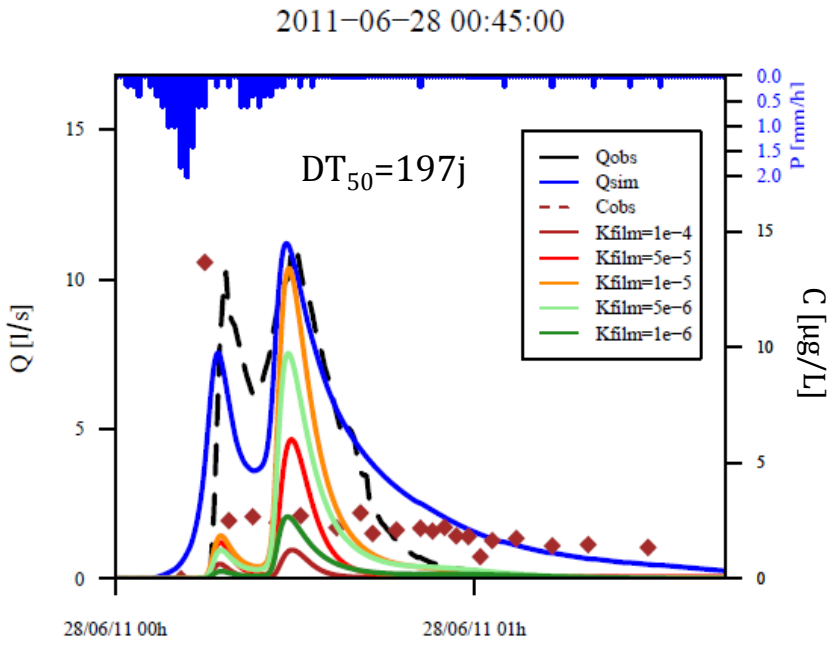


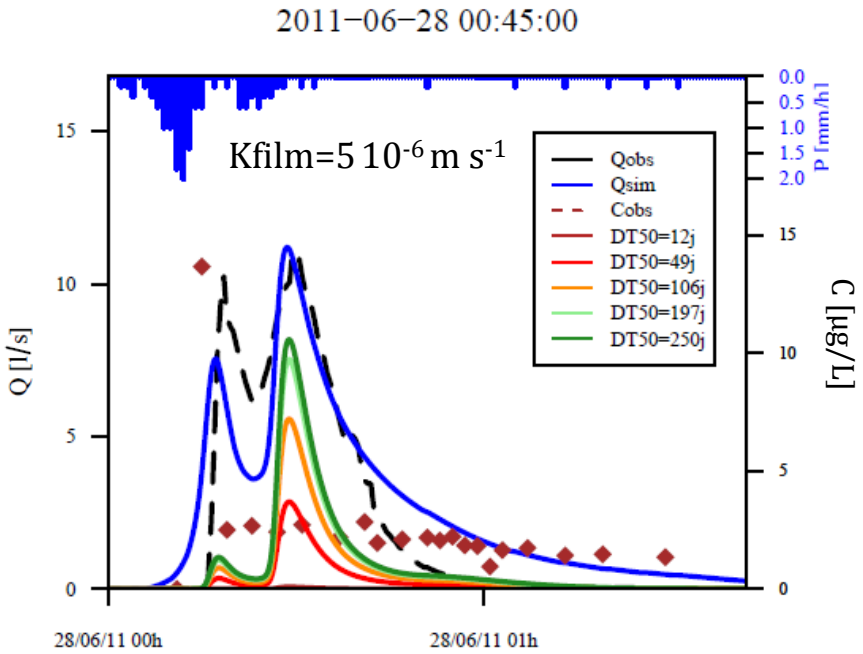
- Typologie d'évènements permet de valider et de pouvoir prédire raisonnablement des évènements non mesurés

Chemogrammes

- Cinétiques de sorption en laboratoire sur le sol du terrain:
  K_D= 89.9 L kg^{-1} /k_r=0.073 min^{-1}



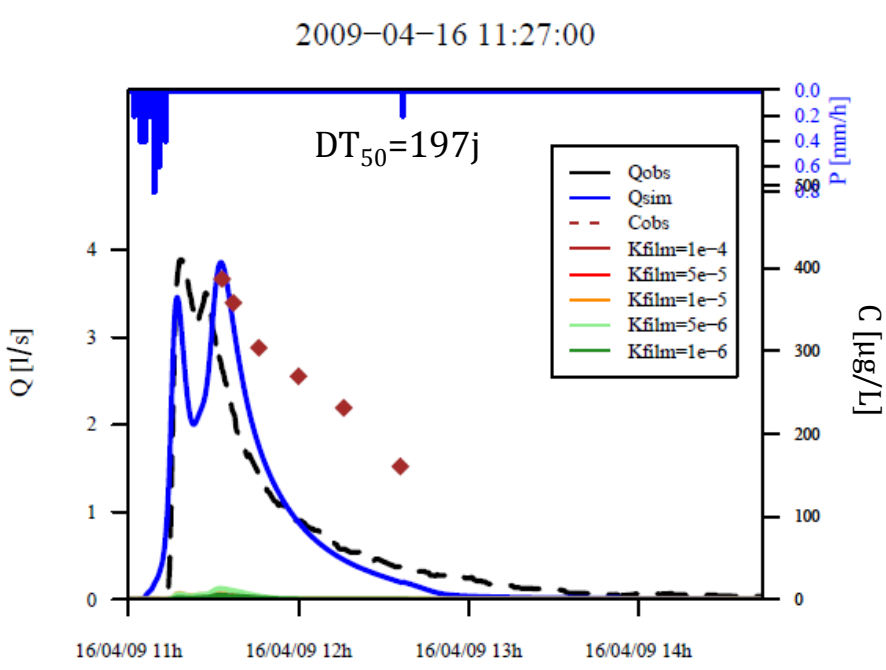


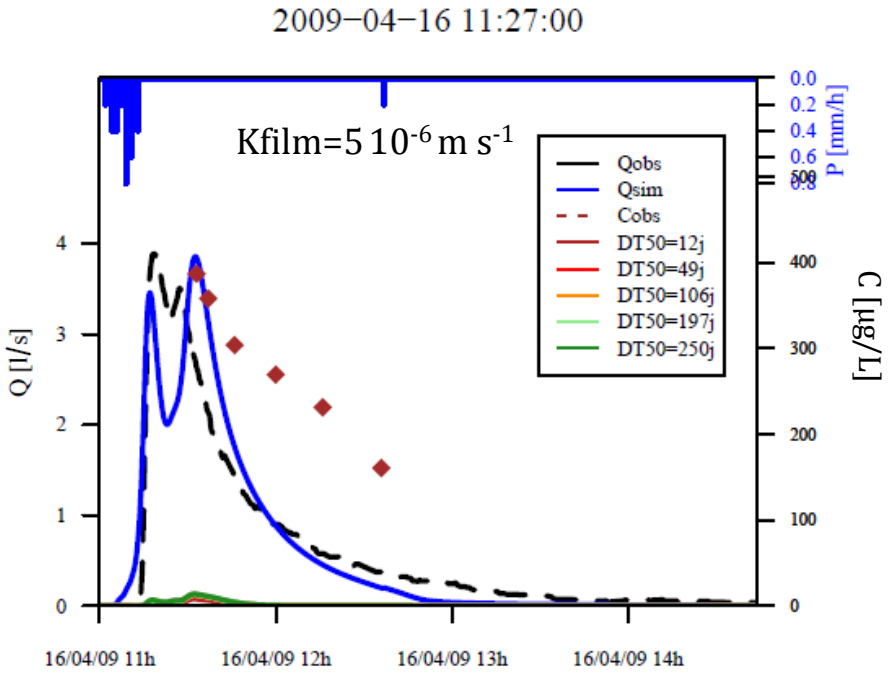


Chemogrammes

- Cinétiques de sorption en laboratoire sur le sol du terrain:
  K_D= 89.9 L kg^{-1} /k_r=0.073 min^{-1}

- Pool de pesticides disponibles insuffisants. Plusieurs évènements ruisselants en avril/mai 2012 (>350 jours après la dernière application) ou en octobre 2012 (>110 jours). → **DT_{50} >197 jours ?**

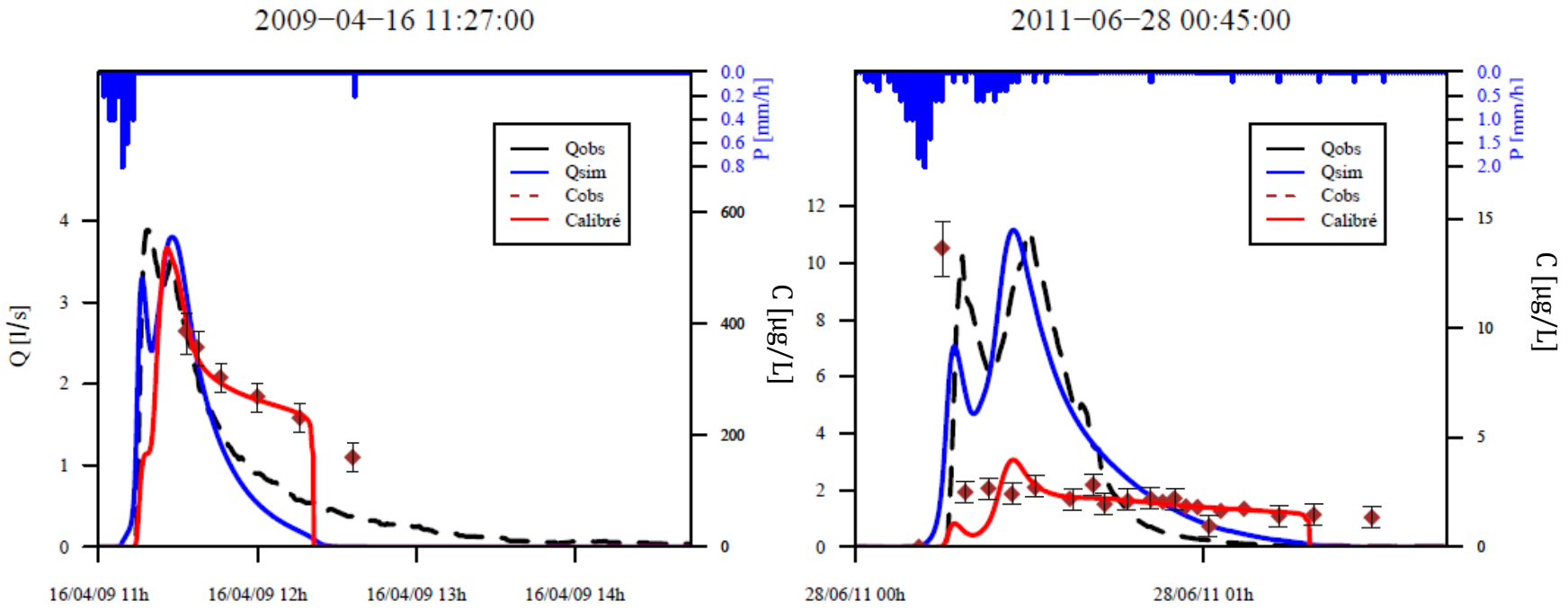




- Difficultés de relier constantes de laboratoire et terrain

Chemogrammes

- Calibration de K_D, k_r et K_{film} pour un DT_{50} de 50 jours



		16/04/2009	28/06/2011
K_D	[m^3 kg^{-1}]	9E-04	5E-04
k_r	[s^{-1}]	0.001	9E-04
K_{film}	[m s^{-1}]	8.74E-05	5.24E-06

- Potentiel d'OpenLisem à reproduire les chemogrammes
- K_D calibré << K_D mesuré en laboratoire : notion de K_{Dapp}
- L'incertitude sur les paramètres DT_{50}, K_{film}, k_r, K_D -> Fort impact sur les résultats

Conclusion & perspectives

Conclusion

- Typologie d'évènement pluvieux pour valider les prédictions hydrologiques
- Complexité de la modélisation du transport de pesticide
- Incertitudes liés au formalisme du modèle ? Ou gap entre paramètres de laboratoire et paramètre de terrain

- Potentiel d'OpenLisem à reproduire la complexité de la relation pluie-débit ainsi que les formes des chemogrammes sur un agrosystème

Perspectives

- Analyse de sensibilité de MonteCarlo
- Application sur les autres fongicides mesurées
- Meilleure prédiction des états initiaux:
    - Production de produits de dégradation
    - Phénomènes de vieillissement sur le DT_{50} et le K_D

Merci de votre attention

Marie.lefrancq@univ-angers.fr

Scientifiques
Alain Jadas Hécart
Isabelle Lajeunesse
David Landry
Sylvain Payraudeau

Ingénieurs - techniciens
Stéphane Sourice

PhD & Postdoc
Audrey Amiot
Marie Lefrancq

Etudiants
Samuel Goyard

Les agriculteurs du site sont remerciés pour leur participation

GIRPA
8, rue Henri Becquerel
Angers Technopole
49070 BEAUCOUZE
Tel : 02 41 48 75 70
Fax : 02 41 48 71 40
girpa.angers@wanadoo.fr