

---

# Séminaire de restitution CCLEAR

Impact des conditions climatiques sur les infrastructures routières

## Modélisation 2D des flux d'eau dans la structure des chaussées

03 février 2015

**Claire Cambus, David Ramier, Mustapha Boukirat, Emmanuel Berthier**

DTer IF / HGEP

Cerema

david.ramier@cerema.fr

# Sommaire

- § Contexte de l'étude
- § Objectifs
- § Démarche suivie
- § Résultats
- § Conclusions



# Contexte de l'étude

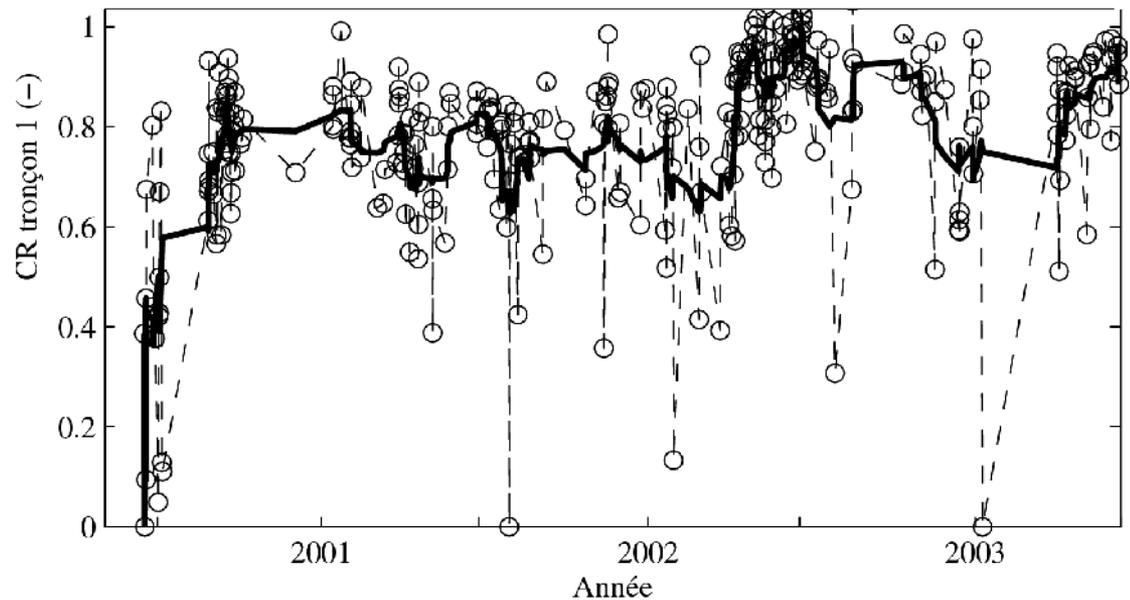
Mouvements d'eau dans la structure d'une chaussée ?

Variabilité du ruissellement sur chaussées

(Hollis et Ovenden, 1988 ;

Ragab et *al.*, 2003 ;

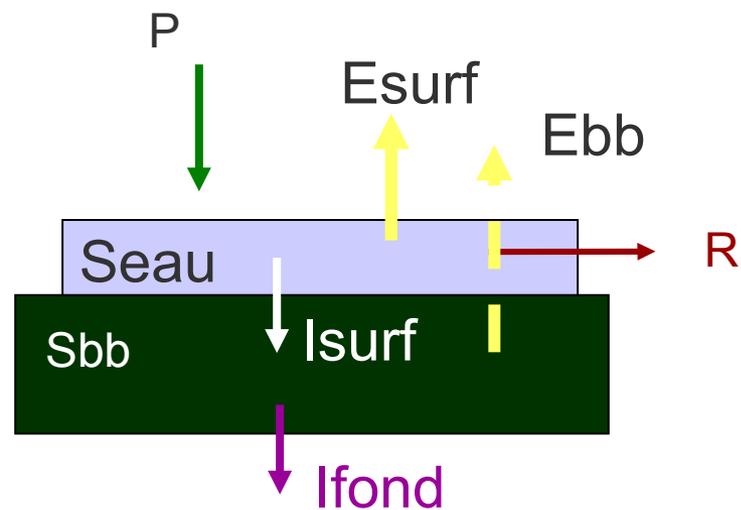
Ramier et *al.*, 2011)



=> Pertes par infiltration et évaporation

# Contexte de l'étude

Modélisation 1D sur 38 mois

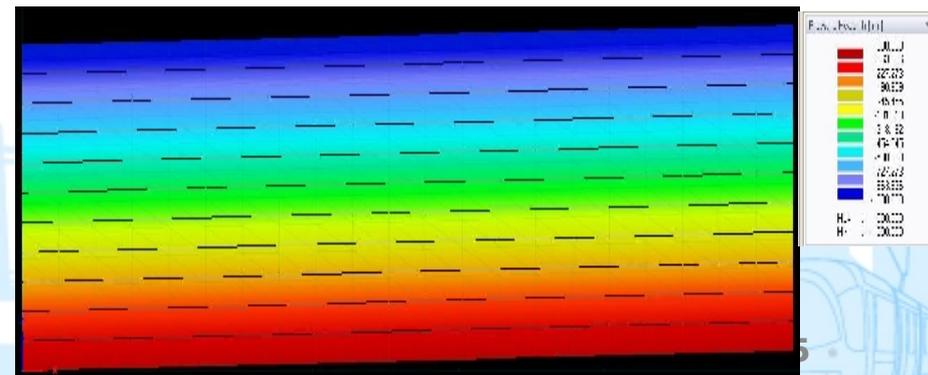
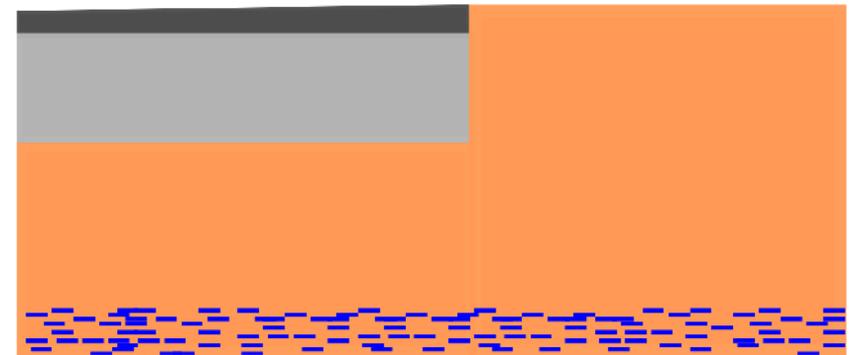
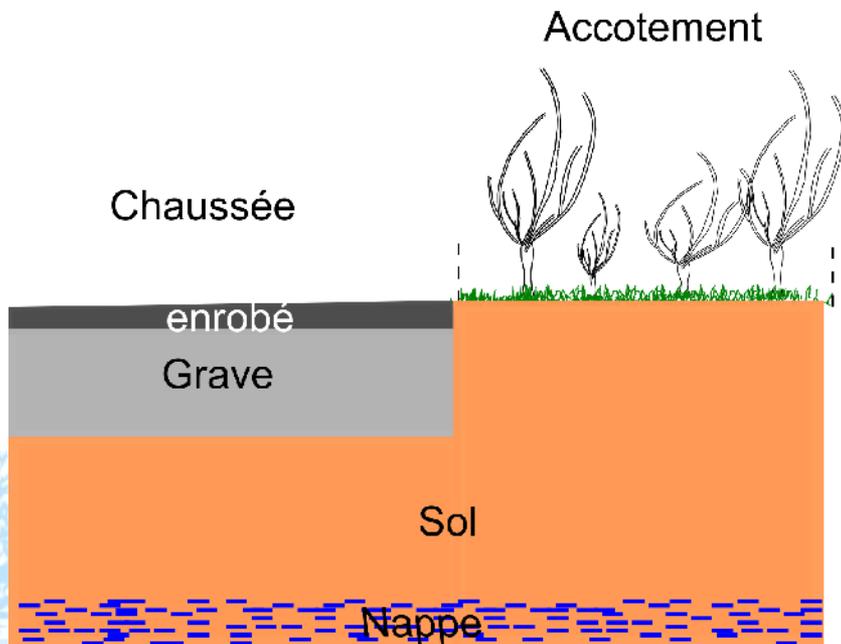


(% de P)	Tronçon 1	Tronçon 2
R	68	62
Isurf	22	27
Ifond	14	18
E (Ebb Esurf)	19 (9 10)	20 (9 11)

=> Apport de l'accotement ?

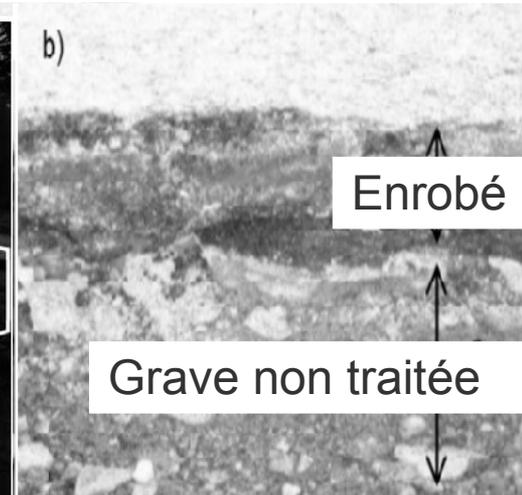
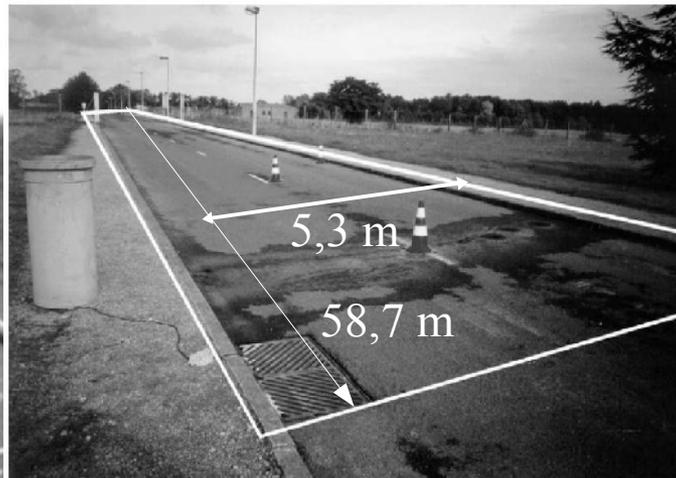
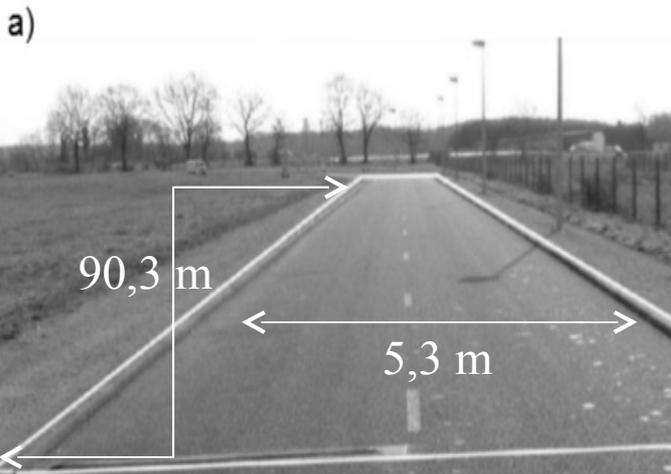
# Objectifs

- Modélisation 2D des transferts d'eau dans une structure de chaussée expérimentale soumise aux événements pluvieux avec prise en compte de l'accotement



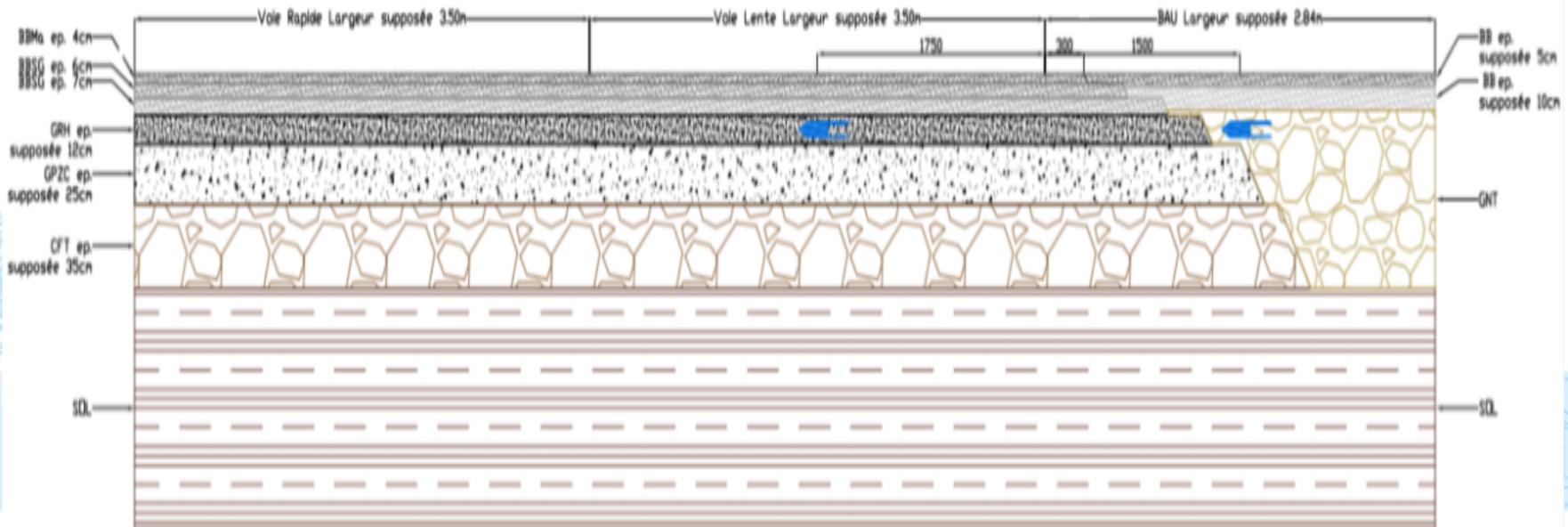
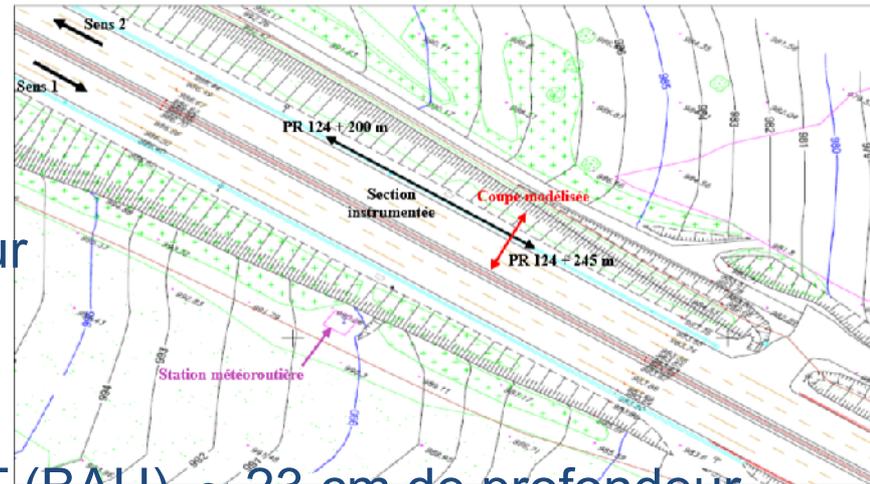
# Démarche suivie

- Validation du modèle 2D sur une base de données et comparaison avec un modèle 1D puis application au cas de l'A75 ;
  - Base de données IFSTTAR Nantes
    - Mesures pluies** et mesures météo pour calcul de l'évaporation potentielle
    - Mesures débits de ruissellement** sur 2 tronçons de chaussées
- 38 mois de données (11/2000 - 12/2003), 2867 mm de pluie



# Démarche suivie

- Base de données A75.  
Mesures pluies et mesures météo pour calcul de l'évaporation potentielle.  
Mesures de teneurs en eau :  
1 dans GRH (voie lente) ; 1 dans GNT (BAU). ~ 23 cm de profondeur  
24 mois de données (01/12 - 02/14) ; 472,15 mm de pluie (lacunes)

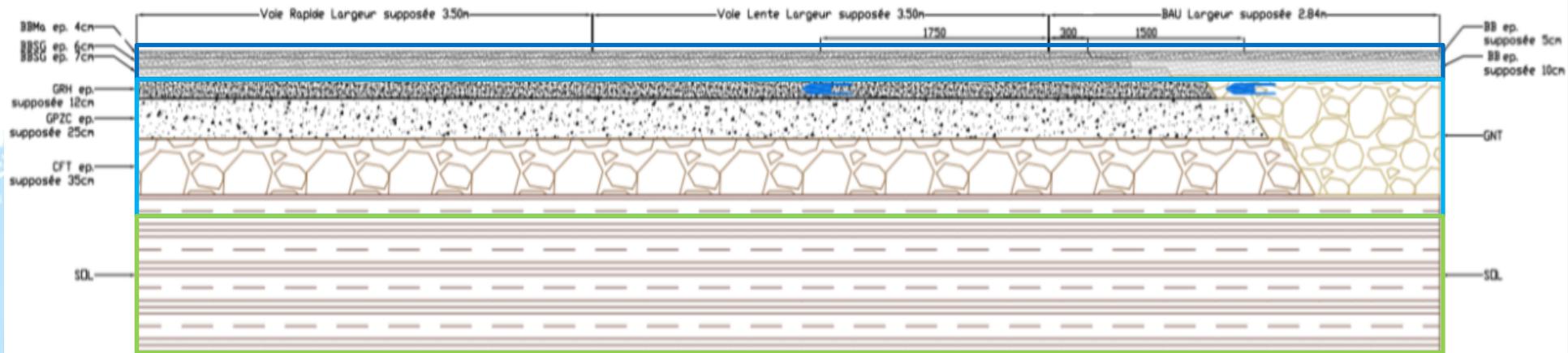


# Démarche suivie

- Application à l'A75

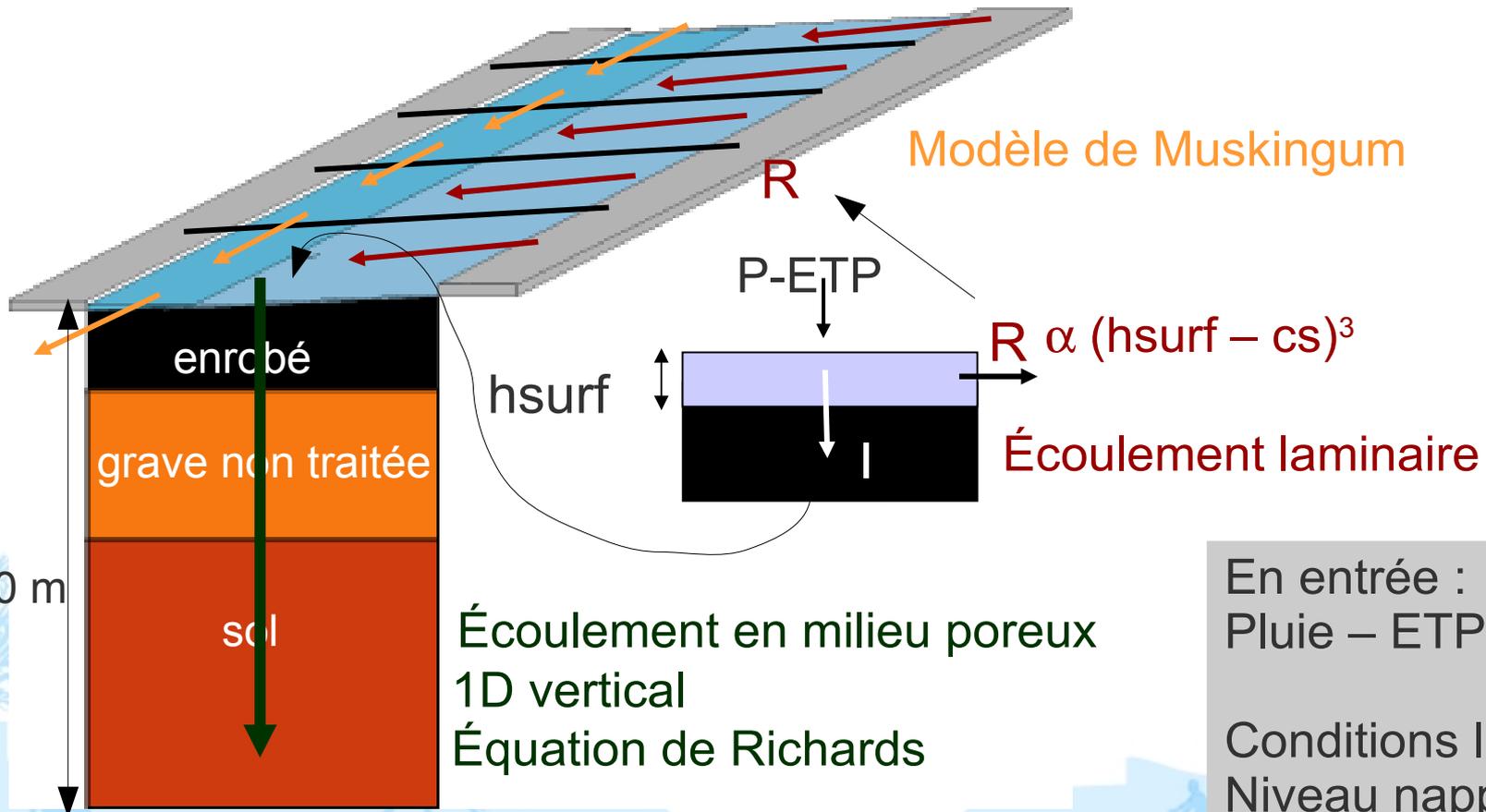
Problème de détermination des caractéristiques => simplification de la structure en 3 couches. Caractéristiques reprises du cas Nantais

- enrobé (béton bitumineux)
- couche de forme (grave)
- couche de sol (limon)



# Démarche suivie

- Modélisation : **BiL** (Dangla *et al.*, 1998)

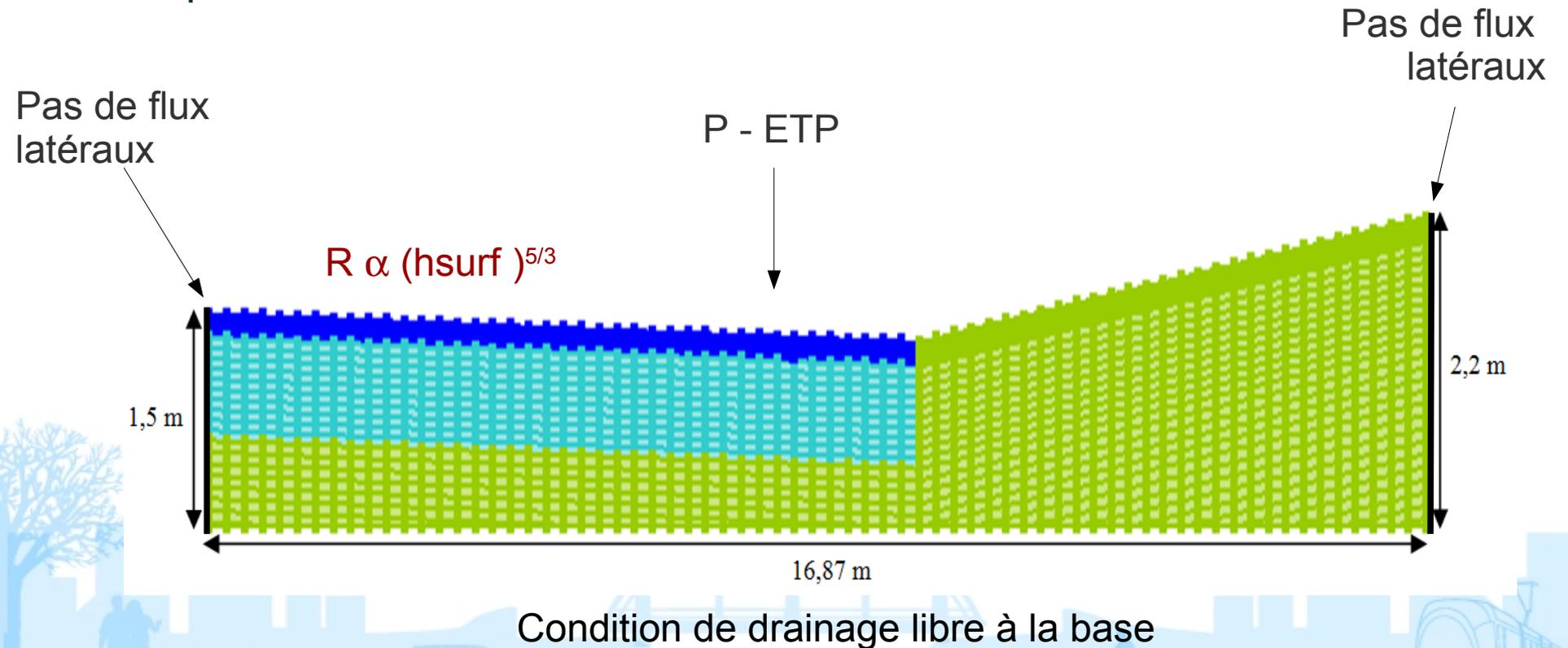


En entrée :  
Pluie – ETP

Conditions limites :  
Niveau nappe

# Démarche suivie

- Modélisation : **Hydrus 2D** (Simunek *et al.*, 2008)  
Écoulement en milieu poreux  
Équation de Richards



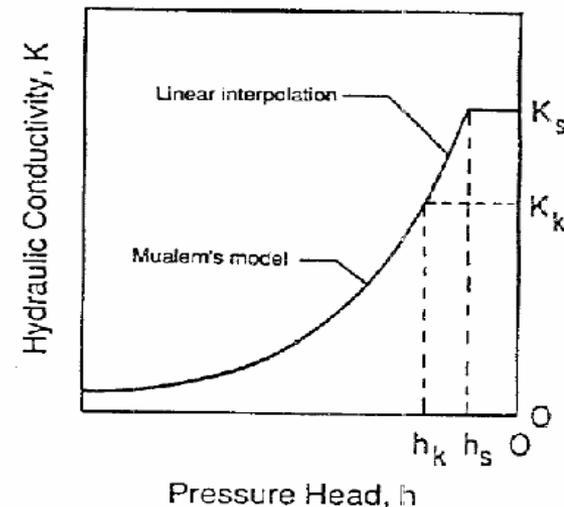
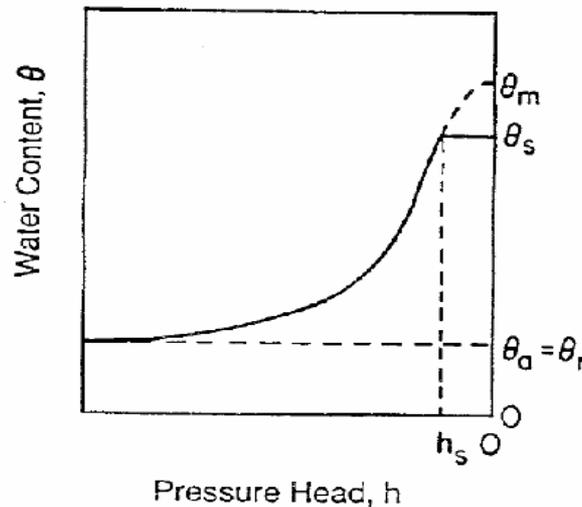
# Démarche suivie

- Modélisation : Équation de Richards

$$\theta(h) = \begin{cases} \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{(1 + |\alpha h|^n)^m} & h < 0 \\ \theta_s & h \geq 0 \end{cases} \quad K(h) = K_s S_e^l \left[ 1 - (1 - S_e^{l/m})^m \right]^2$$

$$m = 1 - 1/n \quad , \quad n > 1$$

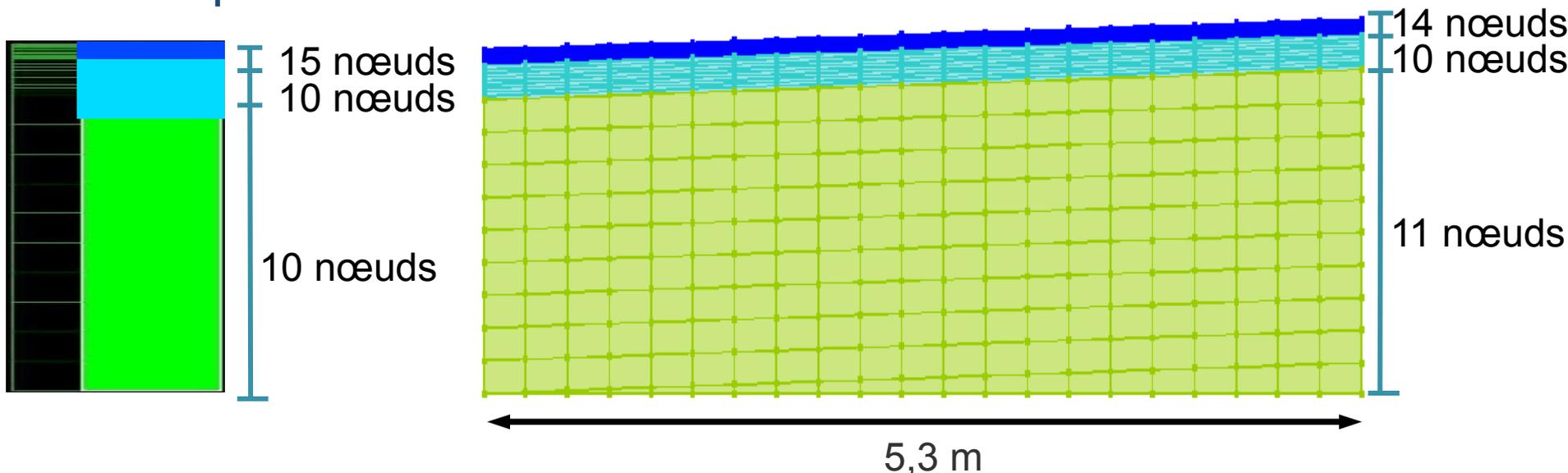
Paramètres	Unité
$\theta_r$	[-]
$\theta_s$	[-]
$K_s$	[mm/min]
$n$	[-]
$\alpha$	[mm <sup>-1</sup> ]
$H_{critS} / C_s$	[mm]
$H_{critA} / D_E$	[mm/-]



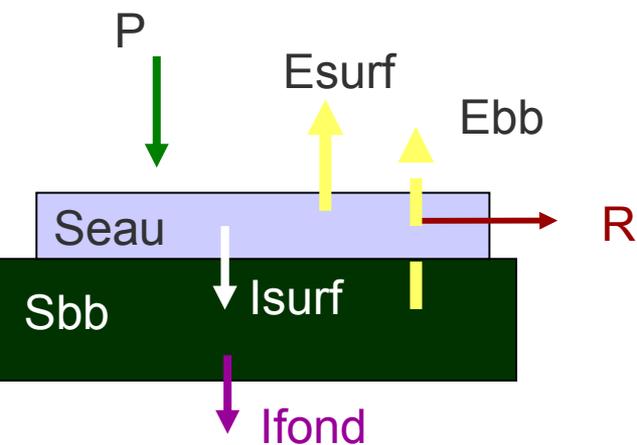
=> !! A75 : mêmes caractéristiques hydrodynamiques que pour le cas Nantais !!

# Résultats obtenus

- Comparaison sur le site de Nantes sans accotement



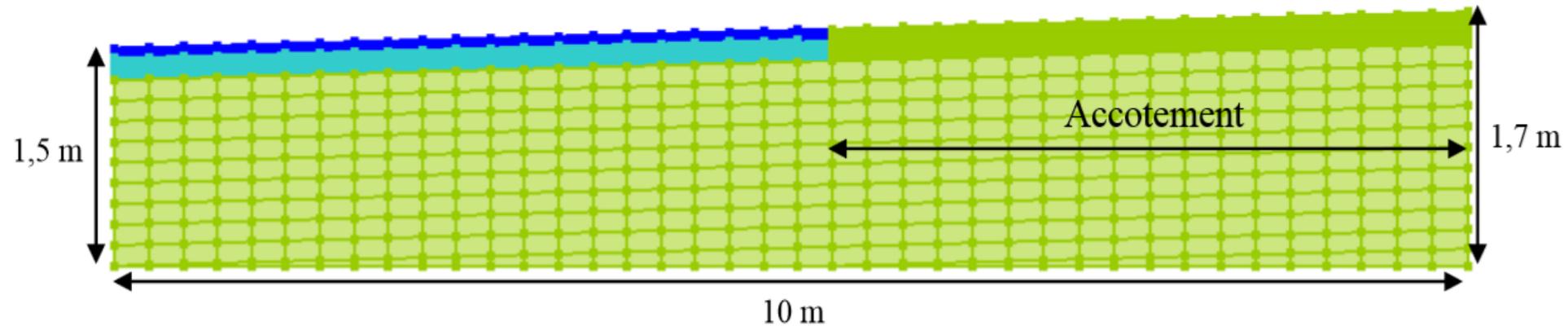
**Observé = 1589 mm ; BiL = 1424,90 mm ; HYDRUS2D = 1530,10 mm**



	Ruissellement (%)	Évaporation (%)	Infiltration (%)
BiL	68	19	14
HYDRUS 2D	73	18	9

# Résultats obtenus

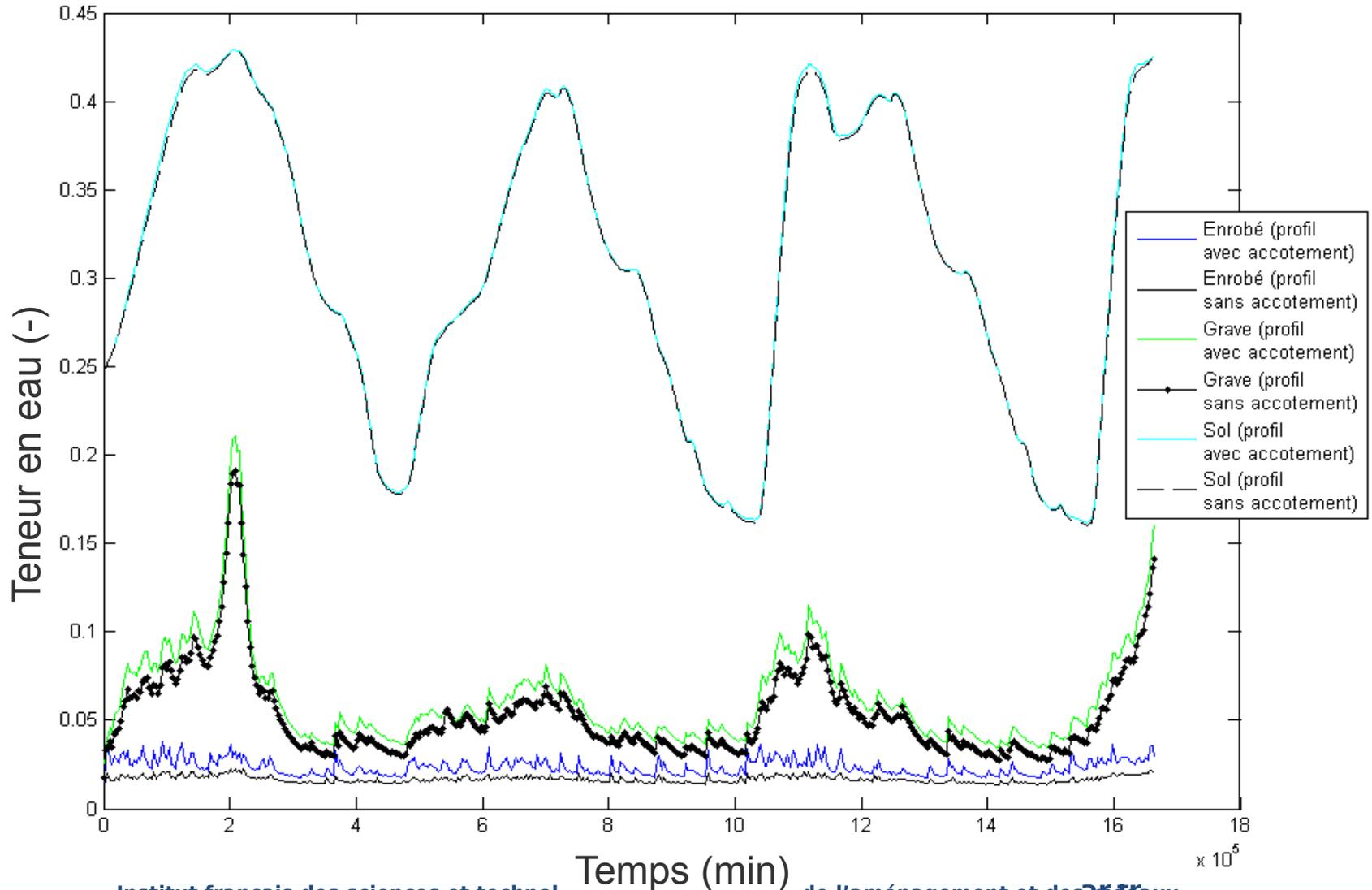
- Comparaison sur le site de Nantes avec accotement



	Ruissellement (%)	Évaporation (%)	Infiltration (%)
BiL	68	19	14
HYDRUS 2D	73	18	9
HYDRUS 2D - ACC	47	29	24

# Résultats obtenus

- Comparaison sur le site de Nantes avec accotement

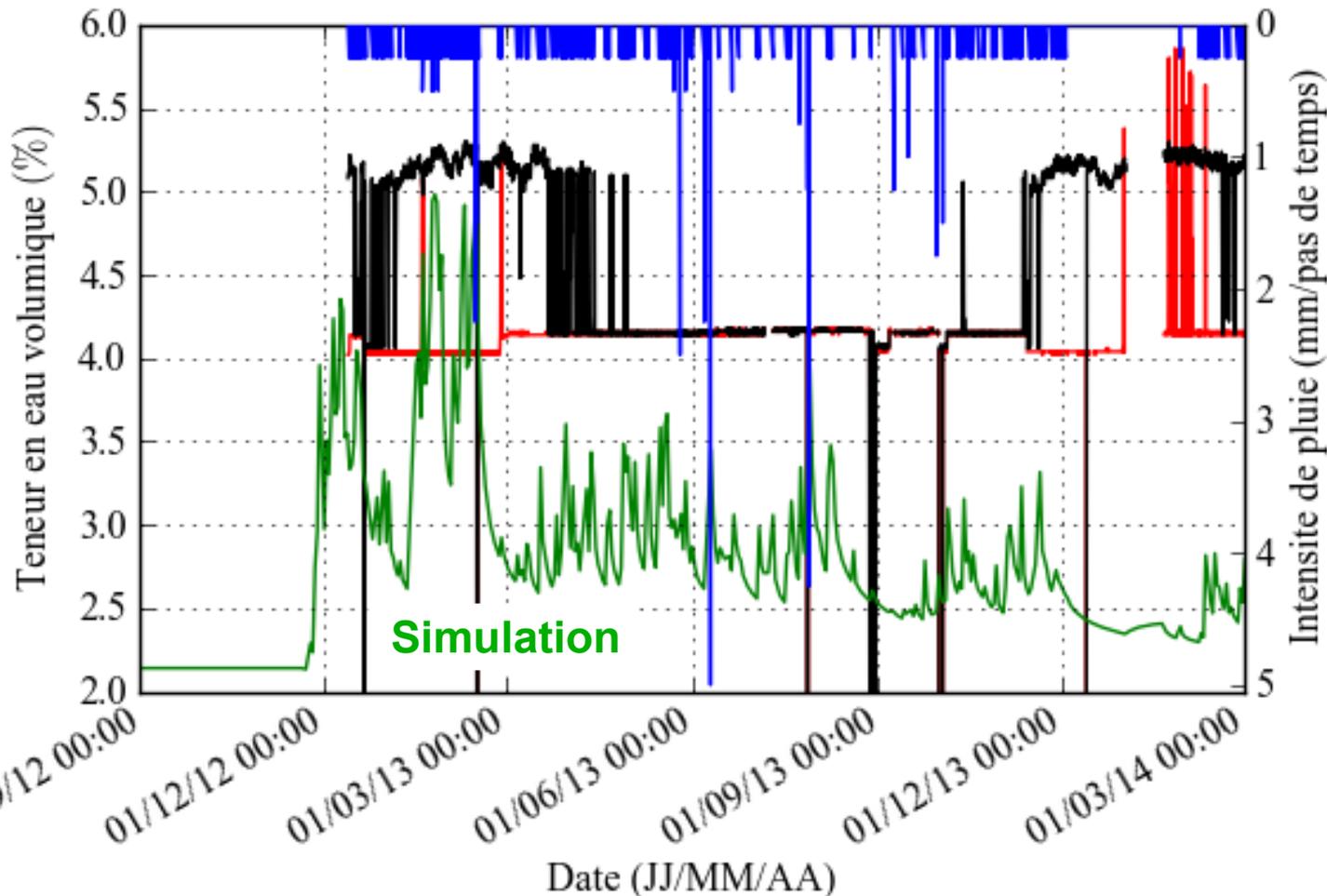


# Résultats obtenus

- Résultats A75

Ruissellement (%)	Évaporation (%)	Infiltration (%)
52	28	24

Pluie



# Conclusions

- Modélisation en 2D d'une structure de chaussée possible ;
- La prise en compte d'un accotement semble légèrement augmenter les quantités d'eau à l'intérieure de la chaussée dans les premiers cm ;
- Cependant, les teneurs en eau restent faibles sous la couche d'enrobé : entre 4 et 5,5% expérimentalement, entre 2 et 5% selon le modèle avec une dynamique plus importante ;
- Nécessité de bien caractériser, hydrodynamiquement, les matériaux de chaussées => simplifications nécessaires pour ce travail ;
- Qualité données d'entrée et mesures expérimentales importante pour la validation du modèle.