
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

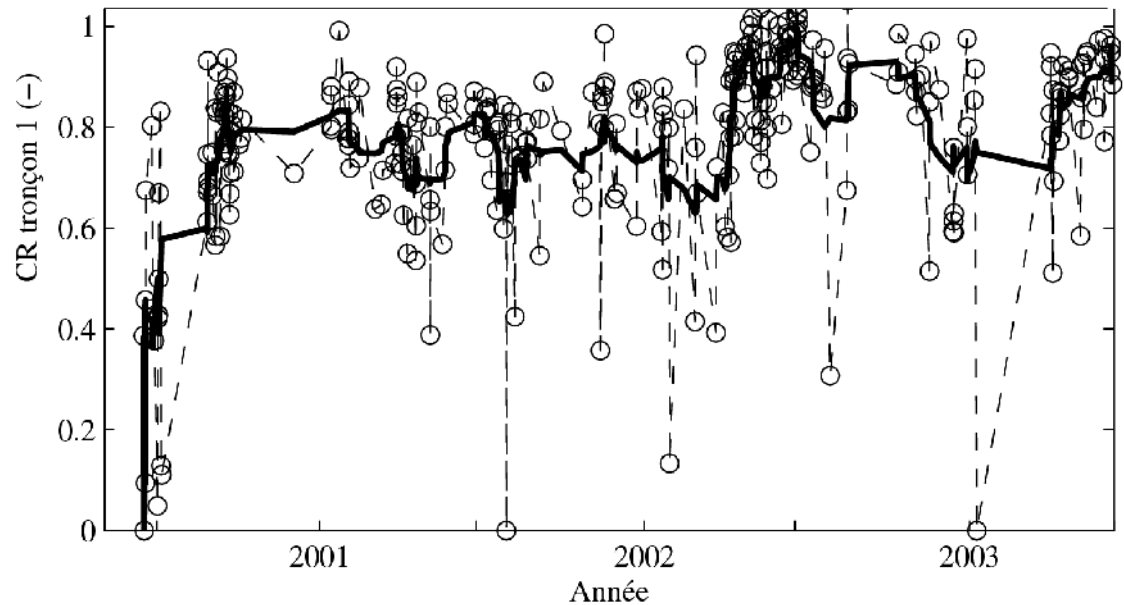
Mouvements d'eau dans la structure d'une chaussée ?

Variabilité du ruissellement sur chaussées

(Hollis et Ovenden, 1988 ;

Ragab et *al.*, 2003 ;

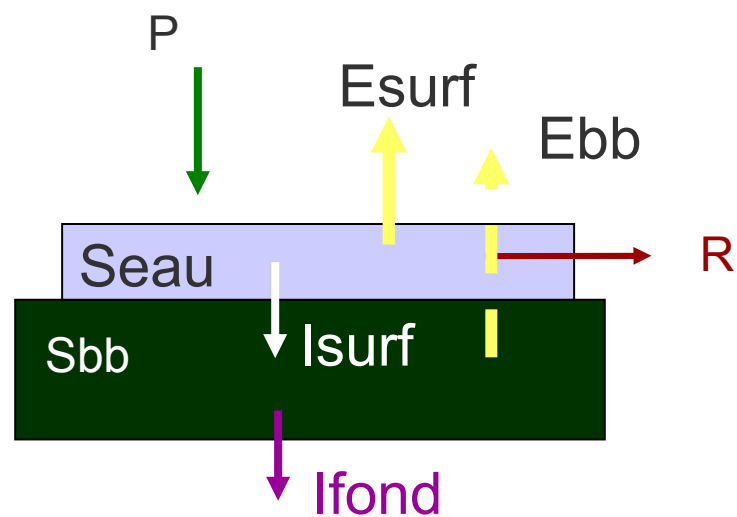
Ramier et *al.*, 2011)



=> Pertes par infiltration et évaporation

Contexte de l'étude

Modélisation 1D sur 38 mois

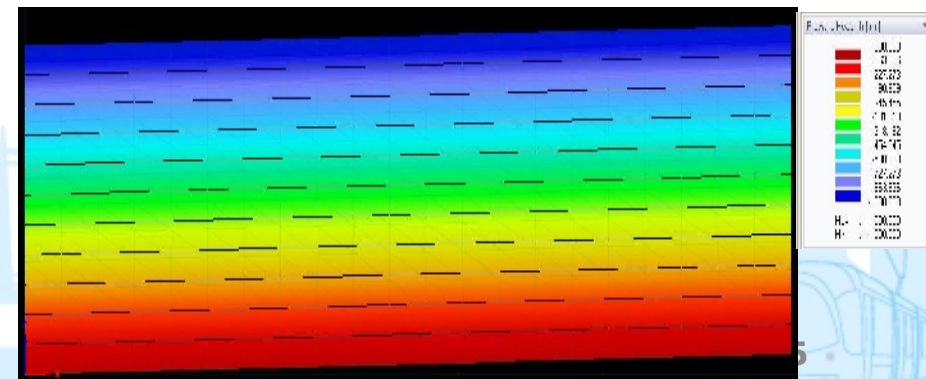
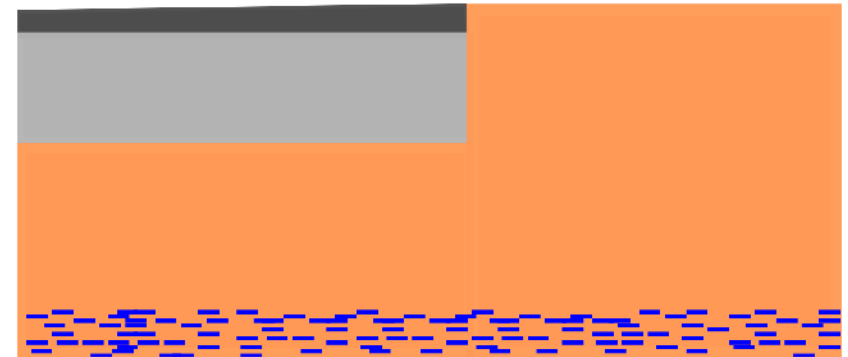
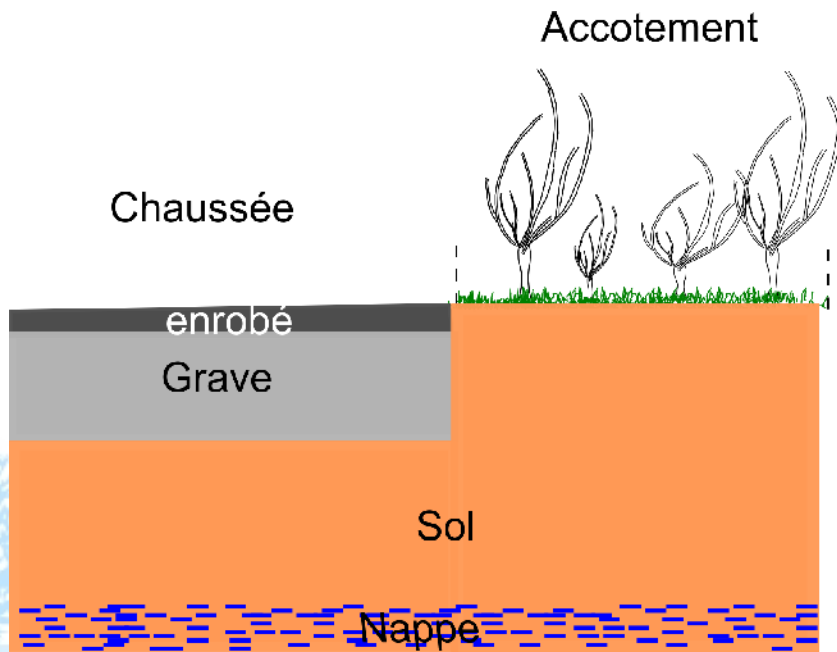


| (% de P) | Tronçon 1 | Tronçon 2 |
|---------------|-----------|-----------|
| R | 68 | 62 |
| Isurf | 22 | 27 |
| Ifond | 14 | 18 |
| E (Ebb Esurf) | 19 (9 10) | 20 (9 11) |

=> Apport de l'accotement ?

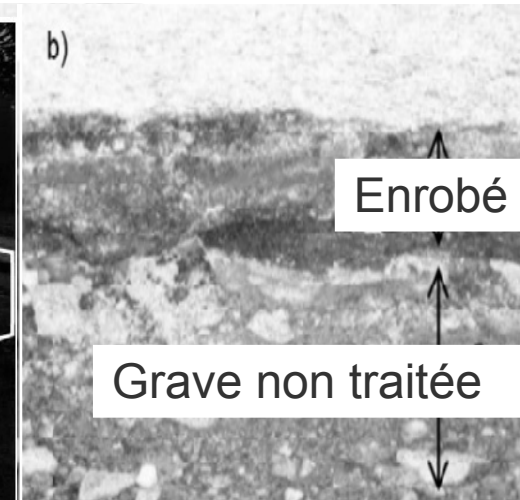
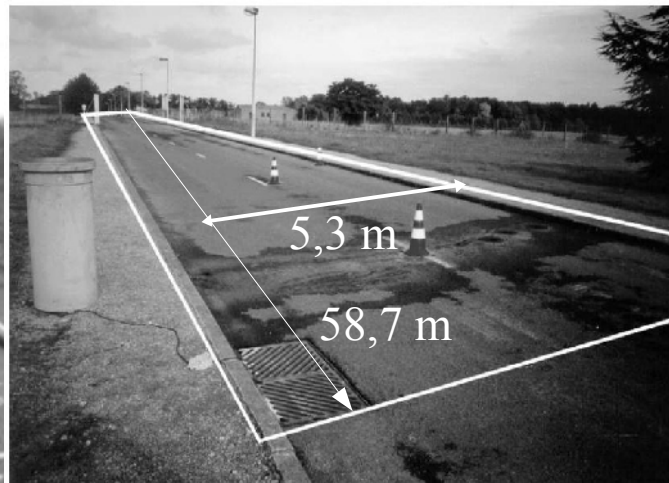
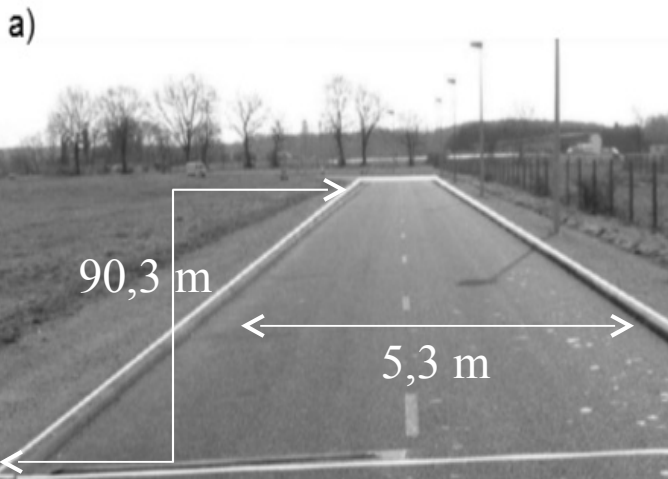
Objectifs

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



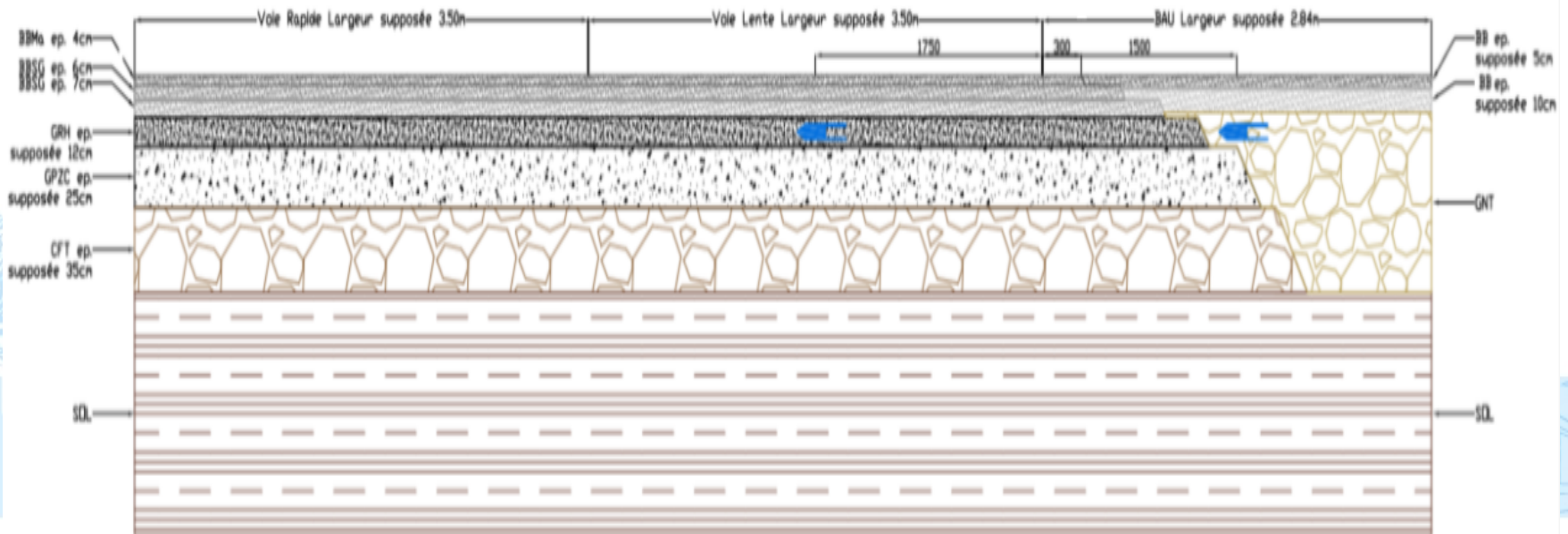
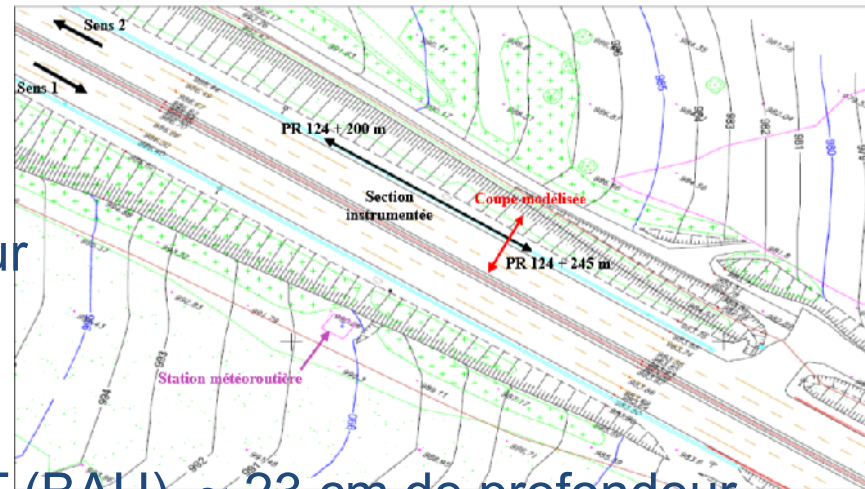
Démarche suivie

- 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)

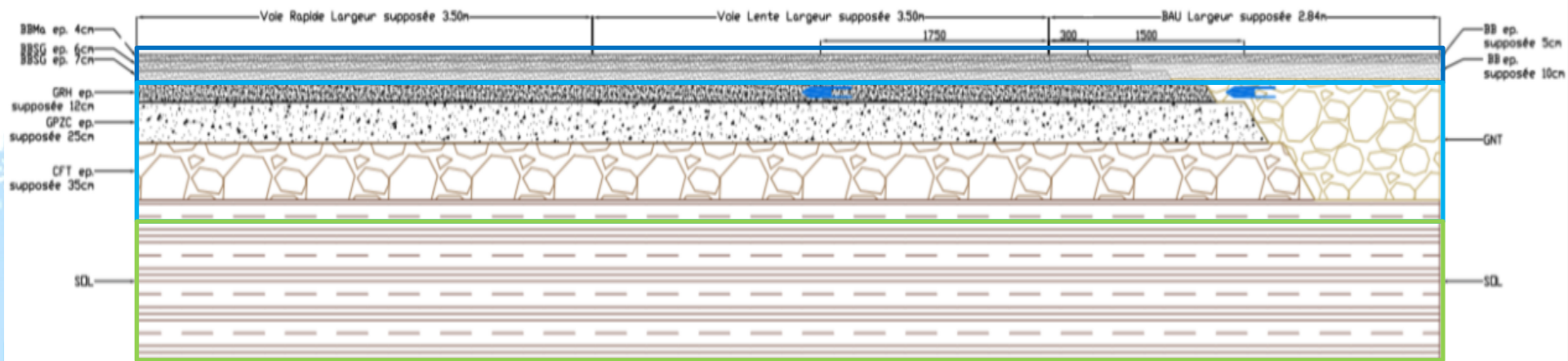


Démarche suivie

- Application à l'A75

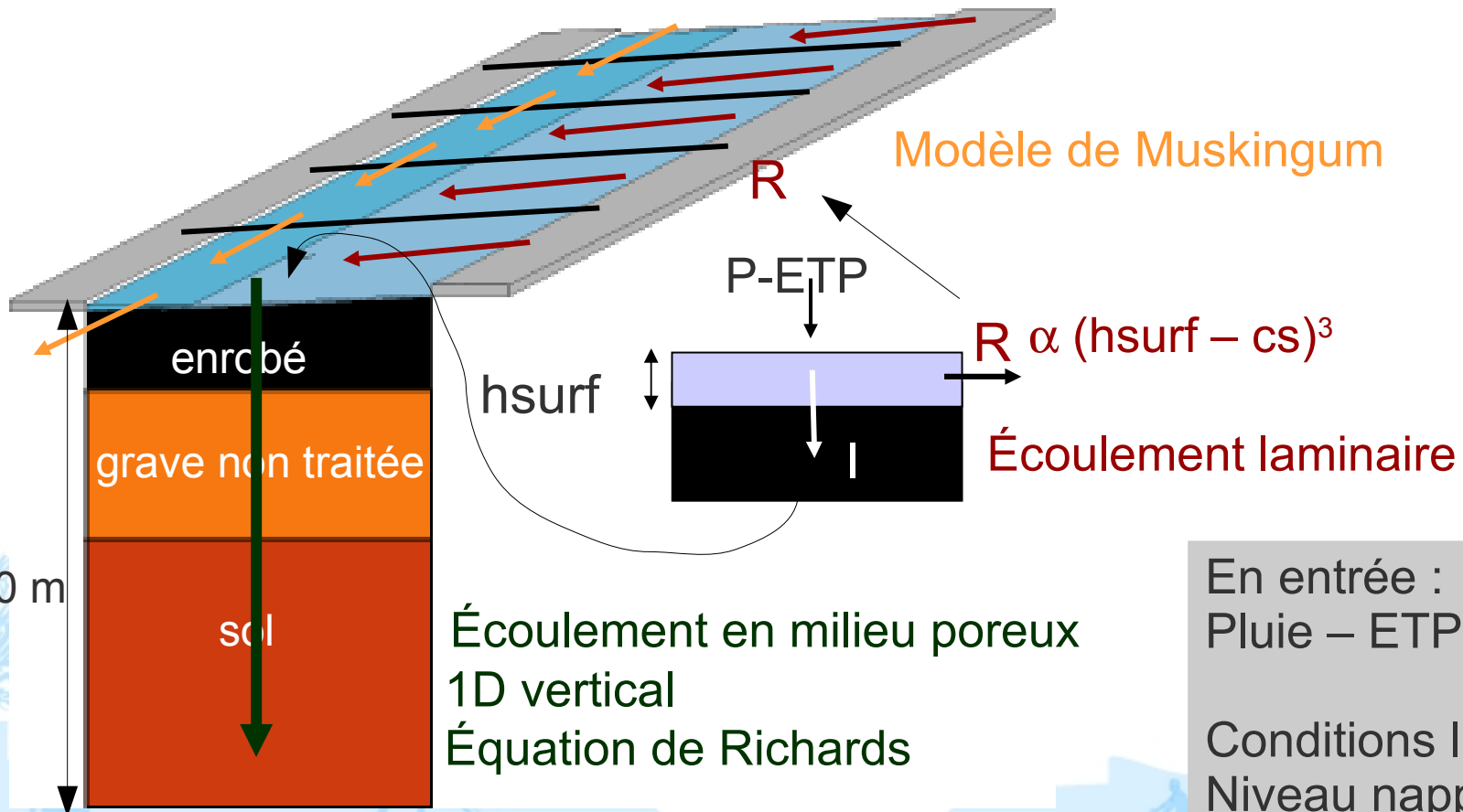
Problème de détermination des caractéristiques => simplification de la structure en 3 couches. Caractéristiques reprises du cas Nantais

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



Démarche suivie

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

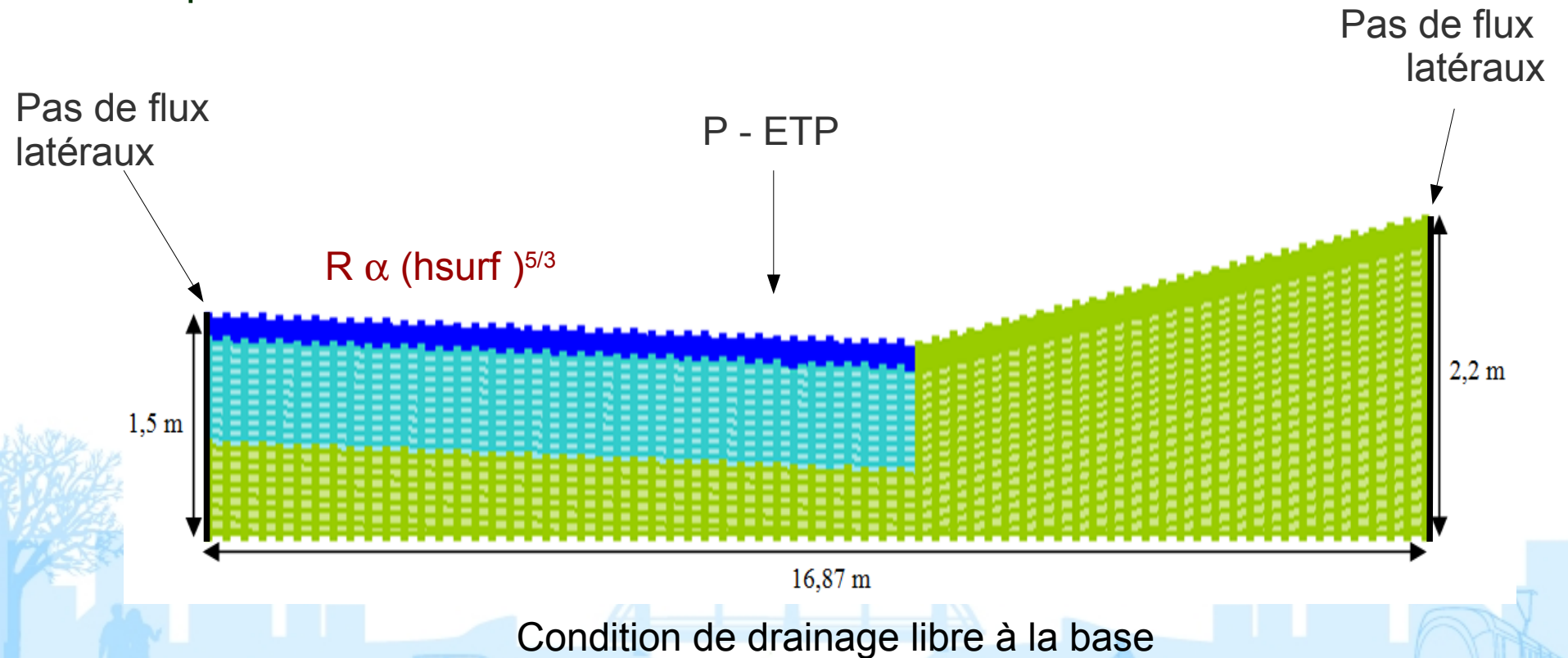


En entrée :
Pluie – ETP

Conditions limites :
Niveau nappe

Démarche suivie

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



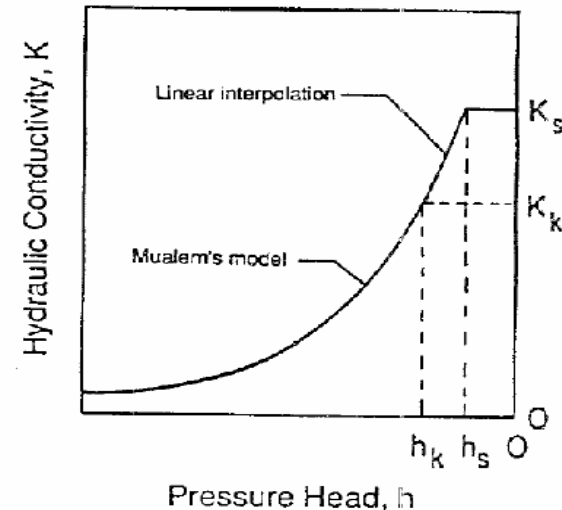
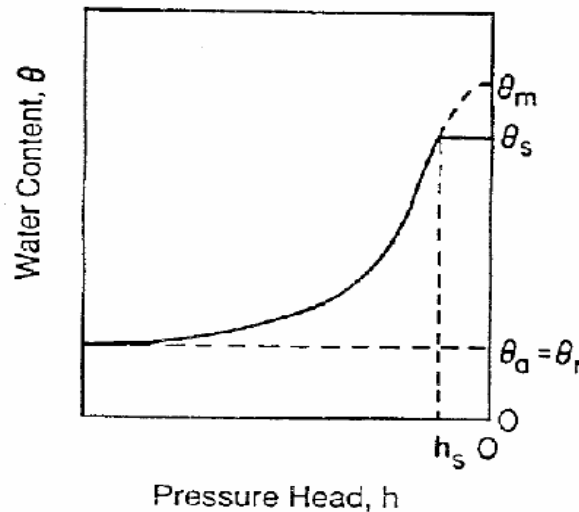
Démarche suivie

- Modélisation : Équation de Richards

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

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

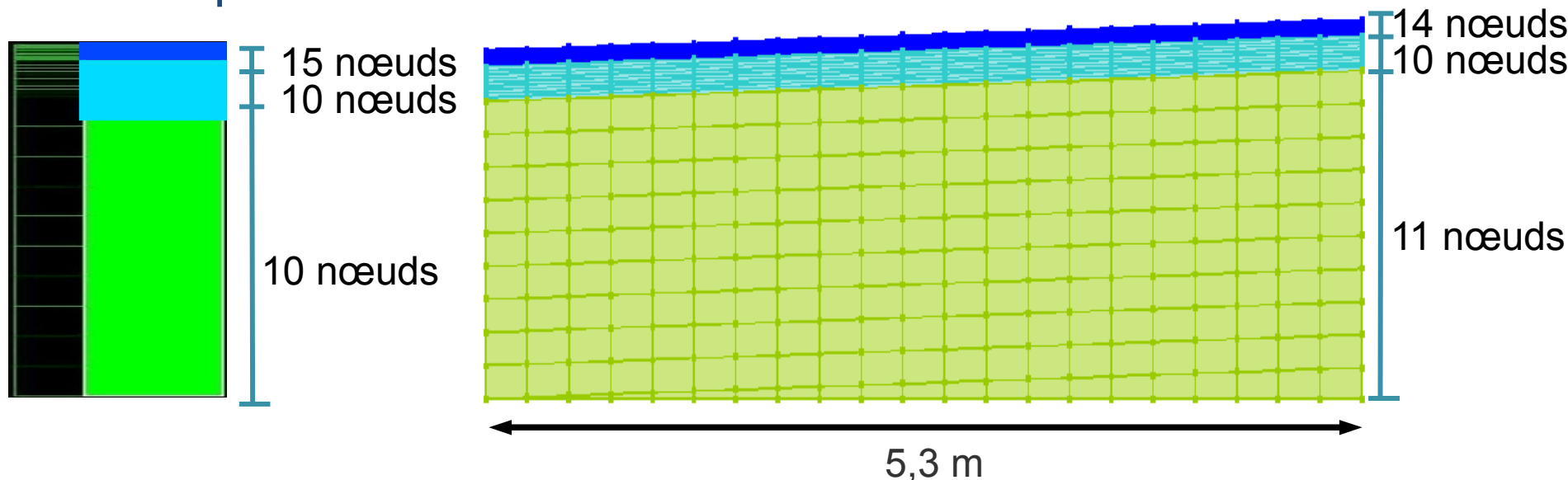
| Paramètres | Unité |
|-------------------|---------------------|
| θ_r | [-] |
| θ_s | [-] |
| K_s | [mm/min] |
| n | [-] |
| α | [mm ⁻¹] |
| H_{critS} / C_s | [mm] |
| H_{critA} / D_E | [mm/-] |



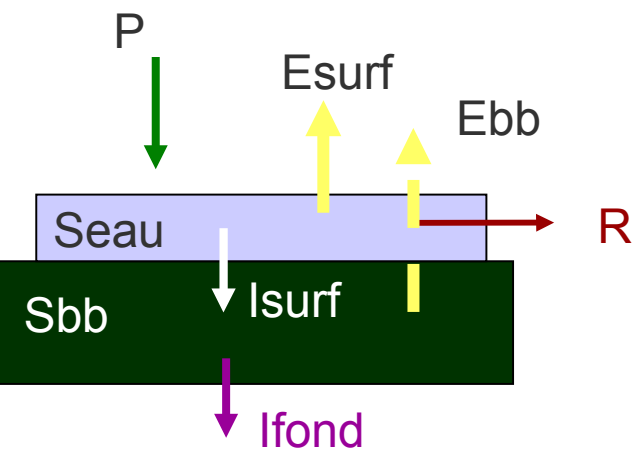
=> !! A75 : mêmes caractéristiques hydrodynamiques que pour le cas Nantais !!

Résultats obtenus

- Comparaison sur le site de Nantes sans accotement



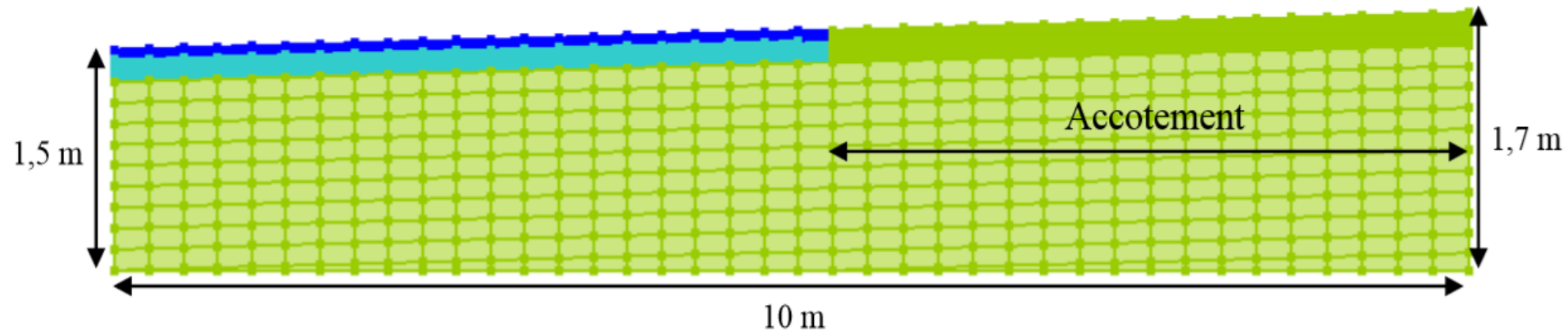
Observé = 1589 mm ; BiL = 1424,90 mm ; HYDRUS2D = 1530,10 mm



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

Résultats obtenus

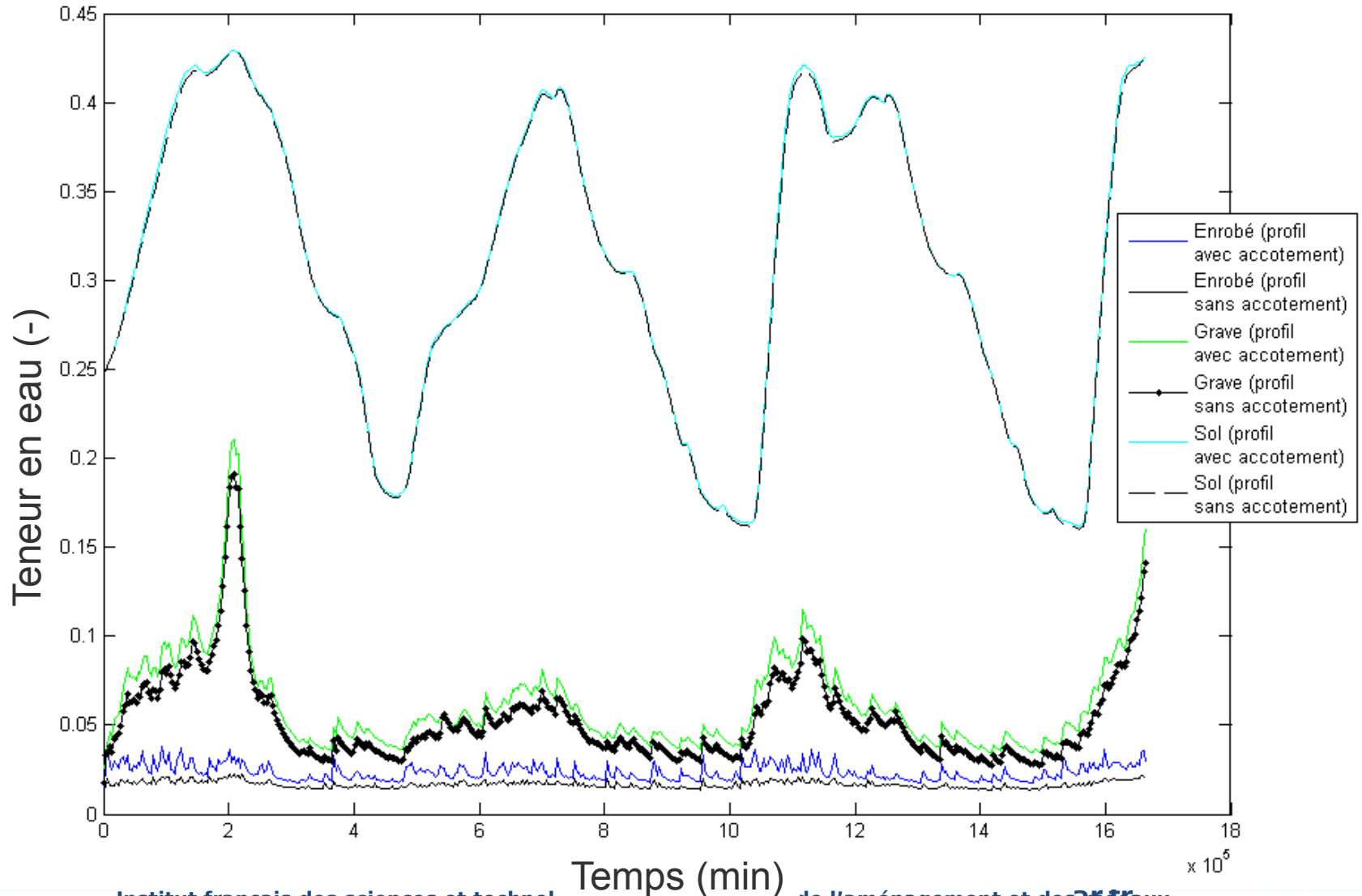
- Comparaison sur le site de Nantes avec accotement



| | 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

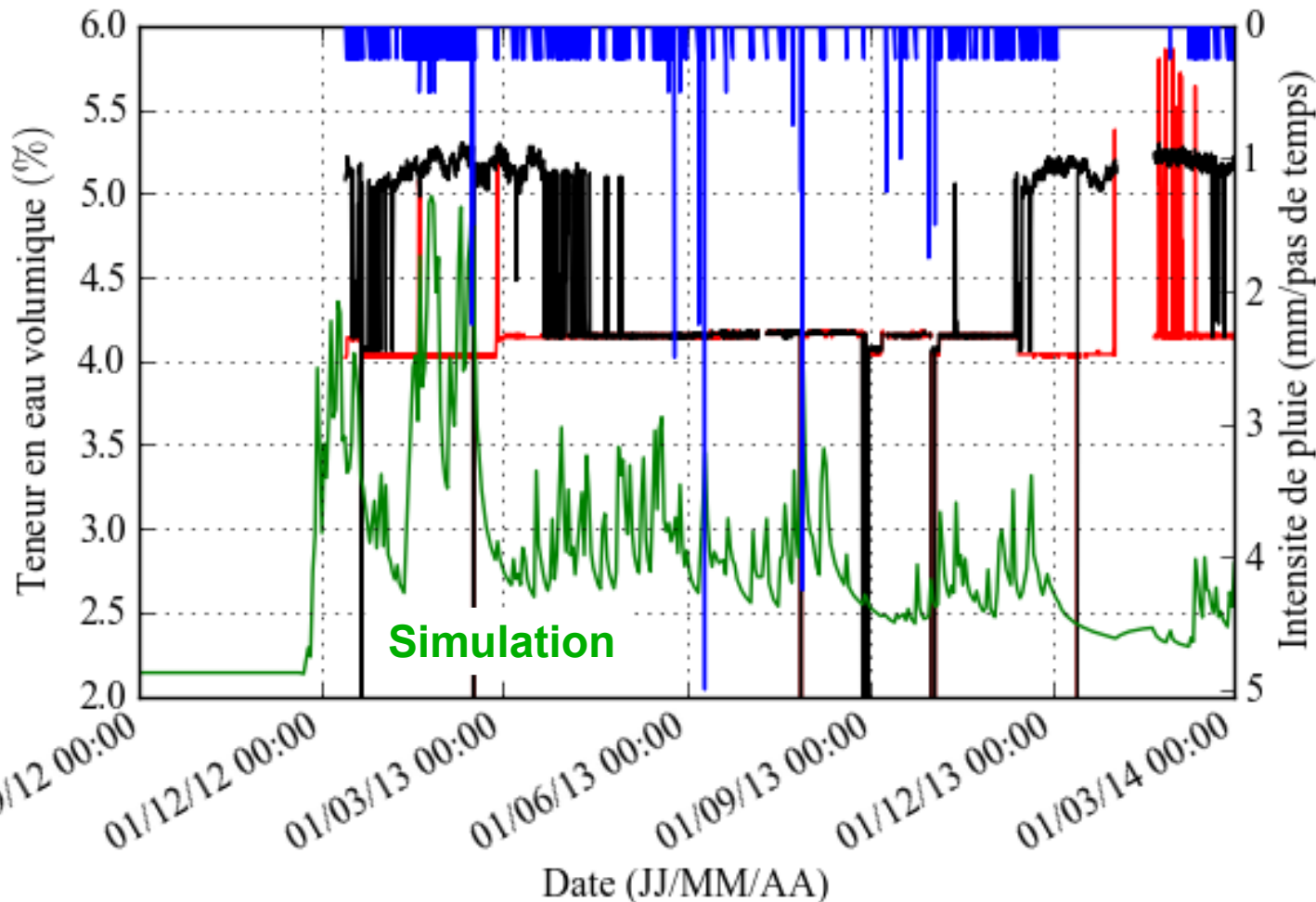


Résultats obtenus

- 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.