

# **Modélisation hydrodynamique du cycle d'une eau de pluie sur un sol incliné**

**Sylvain WEILL**

**Sous la responsabilité d'Emmanuel MOUCHE**



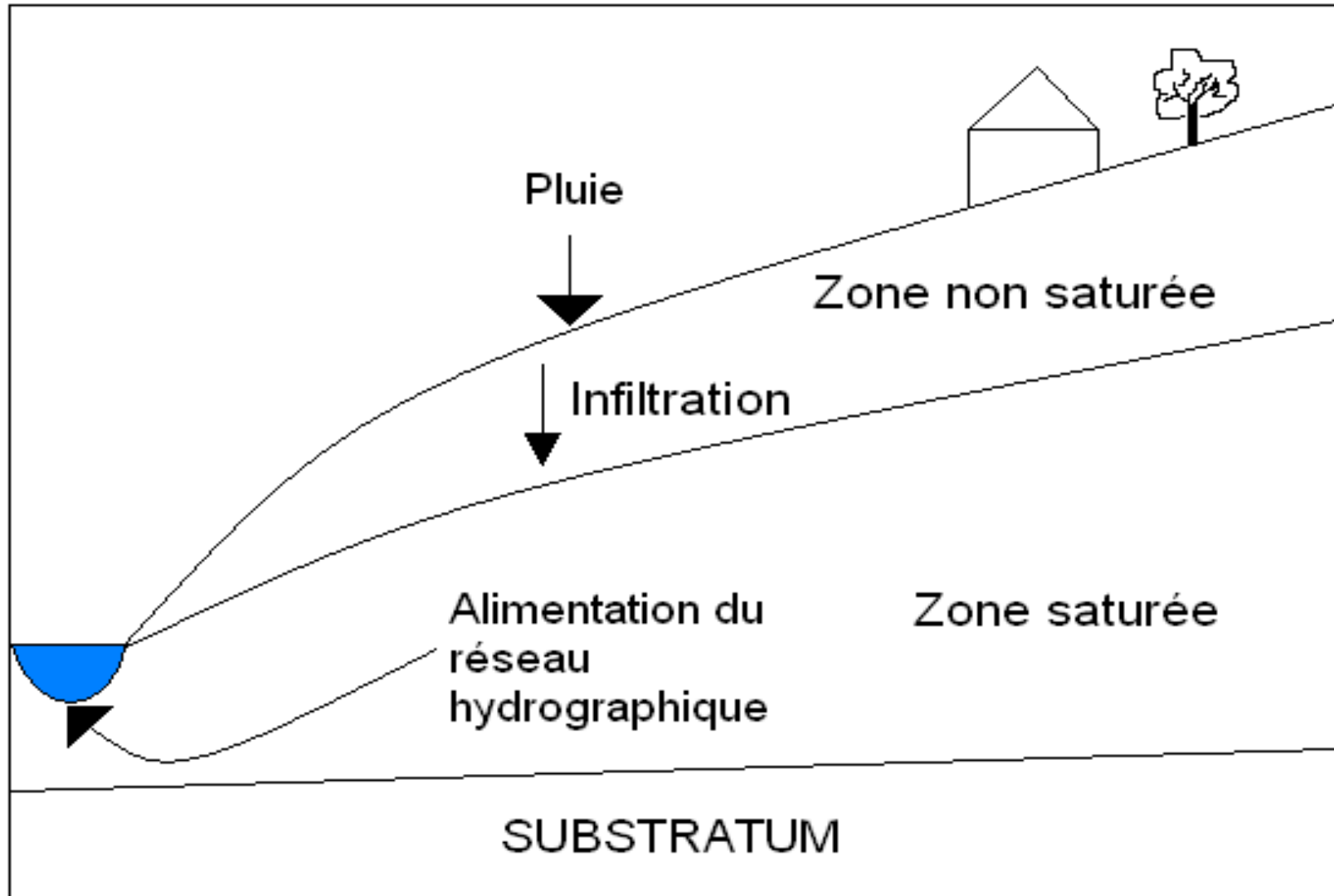
*Laboratoire des Sciences du Climat et de l'environnement*

# Objectifs

- Modéliser le plus finement et le plus proprement possible le cycle de l'eau sur un transect de bassin versant.
- Ce cycle est décrit par les phénomènes suivants :
  - infiltration en zone non saturée
  - recharge de la nappe de sub-surface
  - alimentation du réseau hydrographique
  - ruissellement en surface



# Transect de bassin versant élémentaire



# La zone saturée

- Les écoulements sont décrits par l'équation de Darcy :

$$\vec{q} = -K \vec{\nabla}(h+z)$$

$h$  : pression d'eau (m)

$q$  : flux moyen d'eau (m/s)

- L'équation de conservation de la masse s'écrit :

$$\frac{\partial m}{\partial t} + \text{div}(\rho \vec{q}) = 0$$

$K$  : perméabilité (m/s)

- En combinant ces deux équations, on obtient l'équation du mouvement:

$$S \frac{\partial h}{\partial t} = K \Delta(h+z)$$

$S$  : coefficient d'emmagasinement (kg/m)

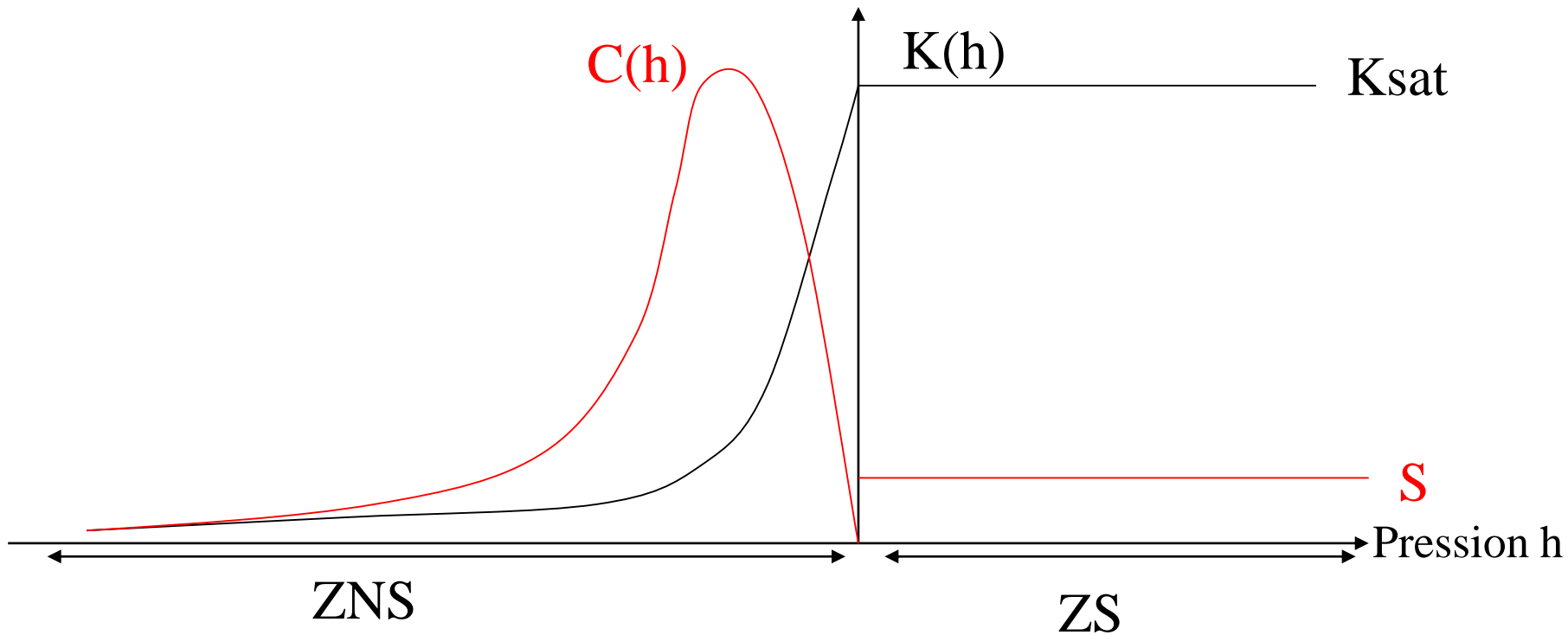


# La zone non saturée

Les écoulements sont décrits par l'équation de Richards :

$$C(h) \frac{\partial h}{\partial t} = \text{div}(K(h) \overrightarrow{\text{grad}}(h + z))$$

avec  $C(h)$  la capacité hydraulique



# Aspects numériques

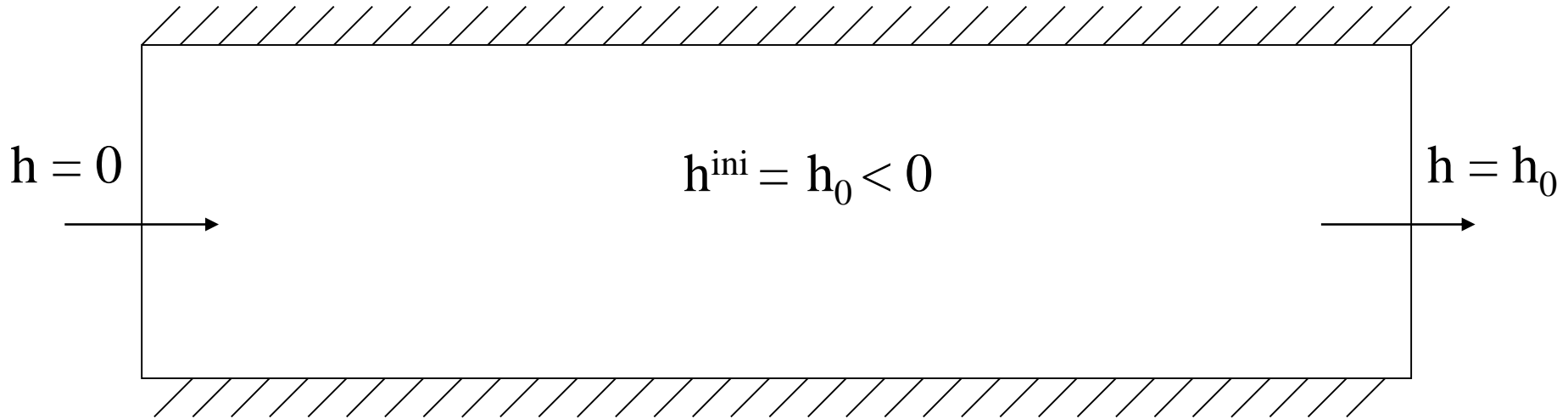
- **CASTEM :**
  - Utilisation de la procédure DARCYSTAT
- **Les éléments finis mixtes hybrides :**
  - Formulation plus locale que pour des éléments finis classiques
  - Les nœuds sont placés aux centres des faces et aux centres des éléments
- **Algorithme de Picard :**

Algorithme itératif de résolution des équations non linéaires

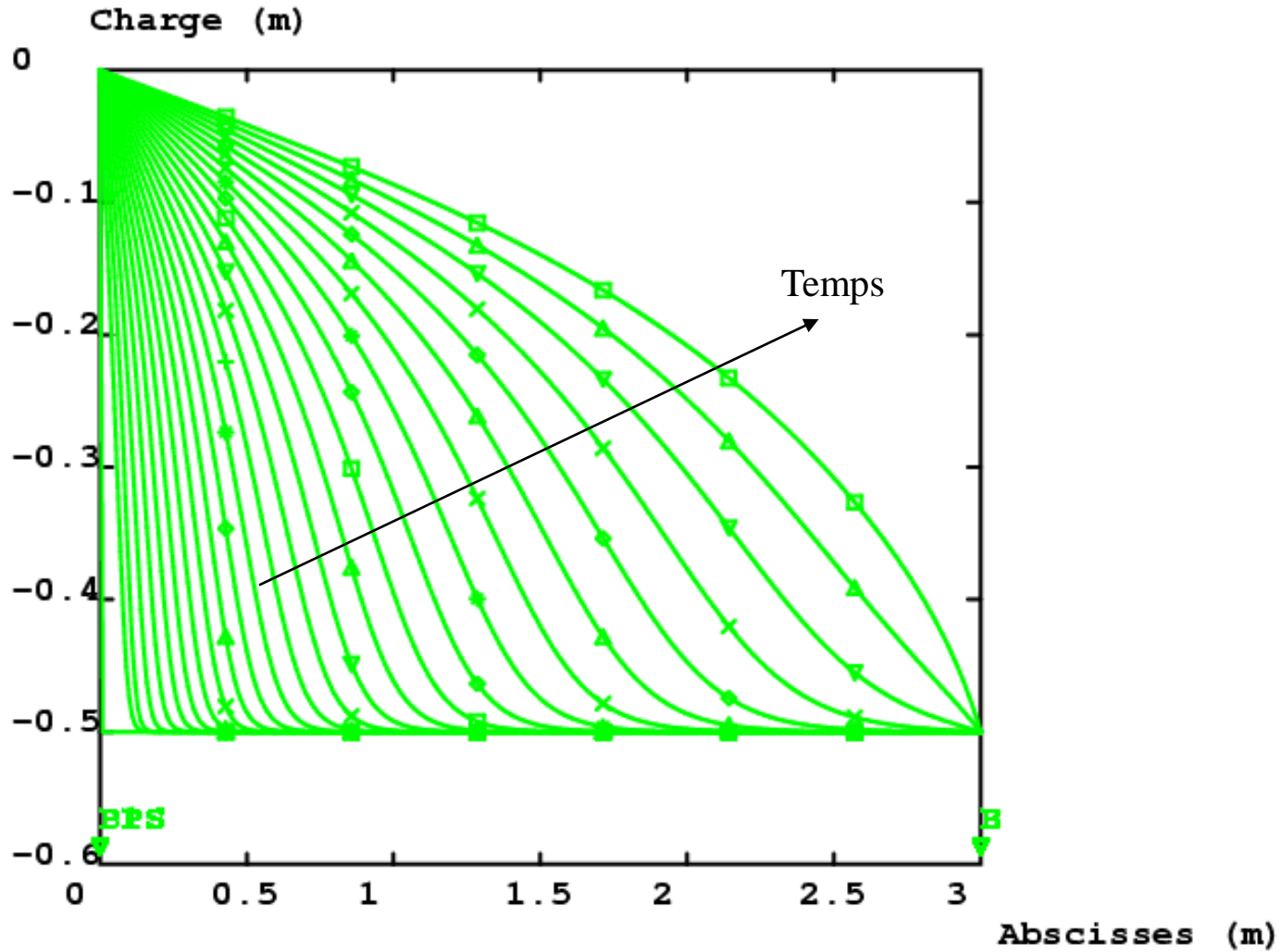


# Transfert d'eau en zone non saturée

## COLONNE 1D VERTICALE OU VERTICALE



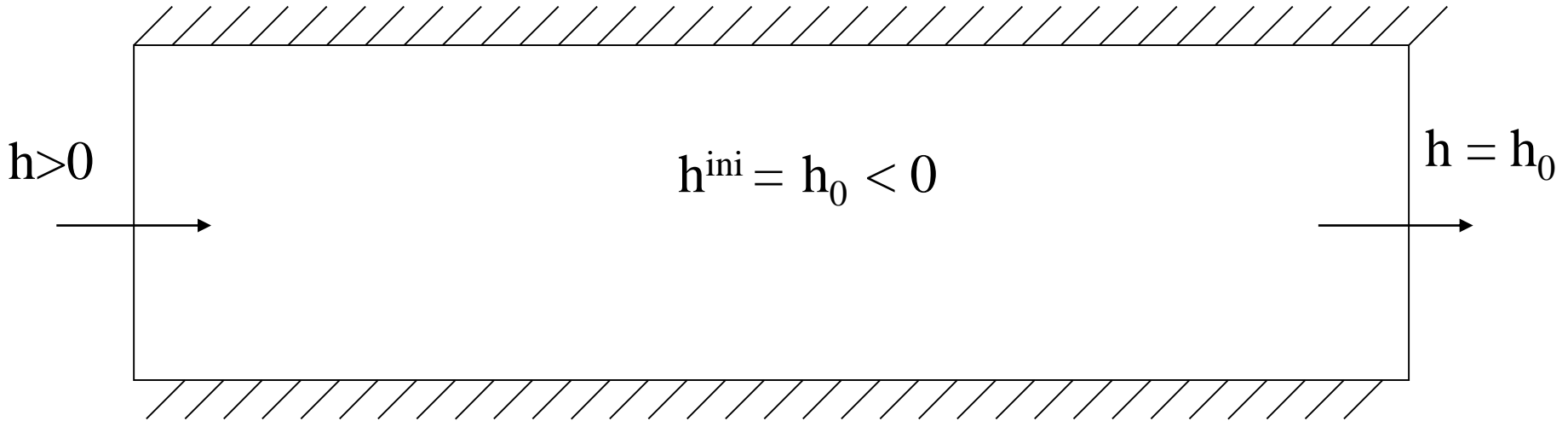
# Humidification 1D horizontale



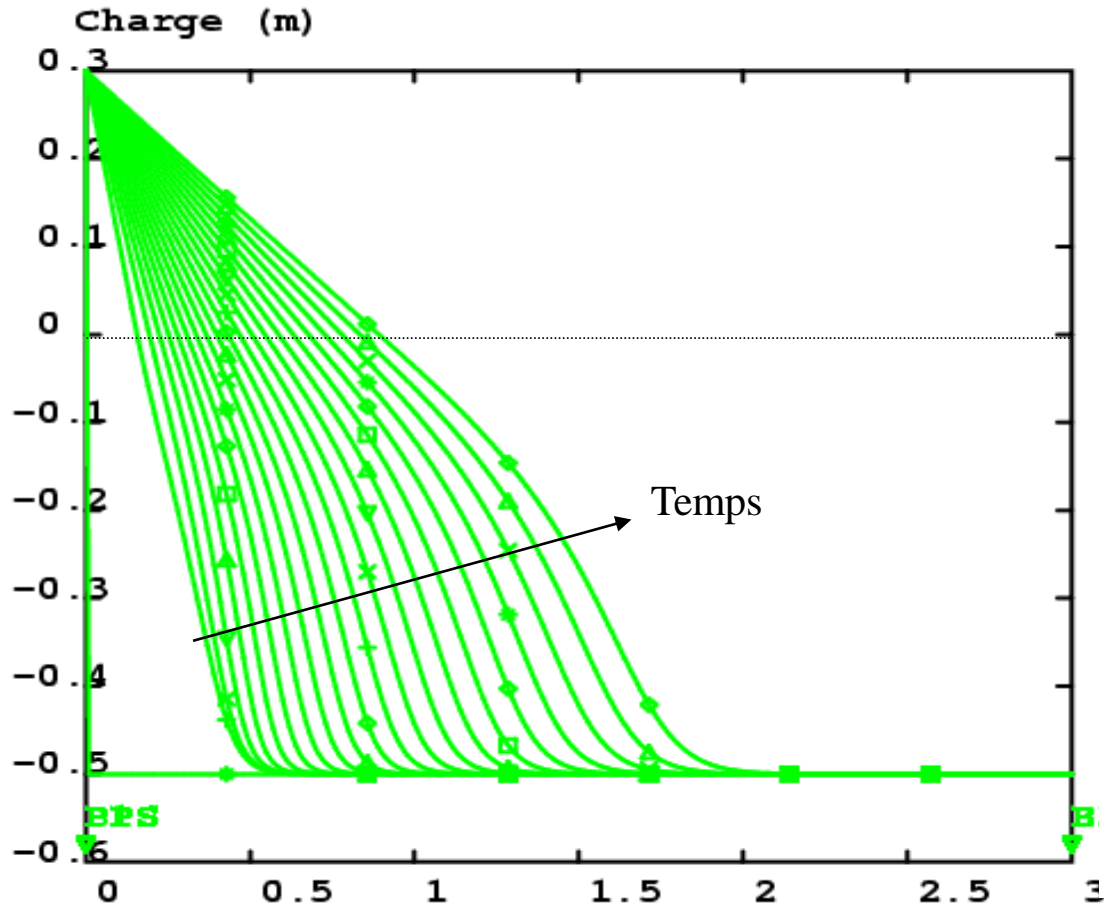




# Couplage zone saturée – zone non saturée



# Résultats

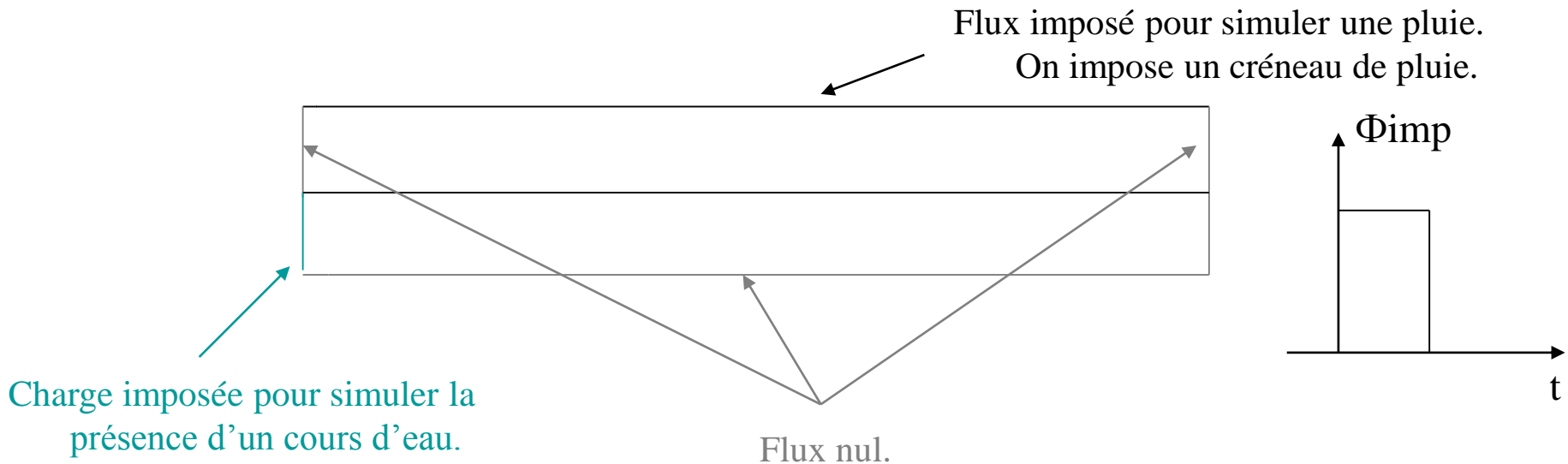


Entrée

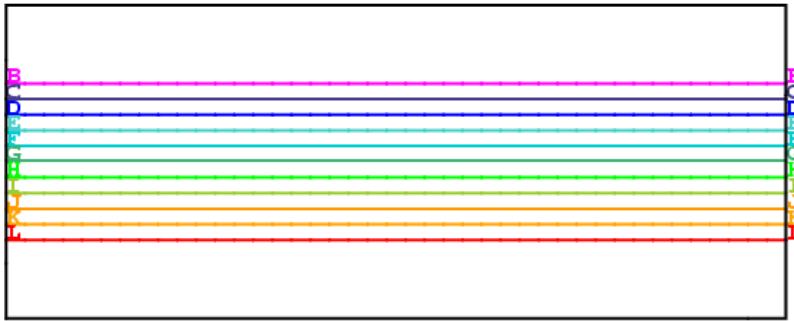
Sortie

# Modélisation de la charge et de la décharge d'un aquifère sous l'effet d'une pluie

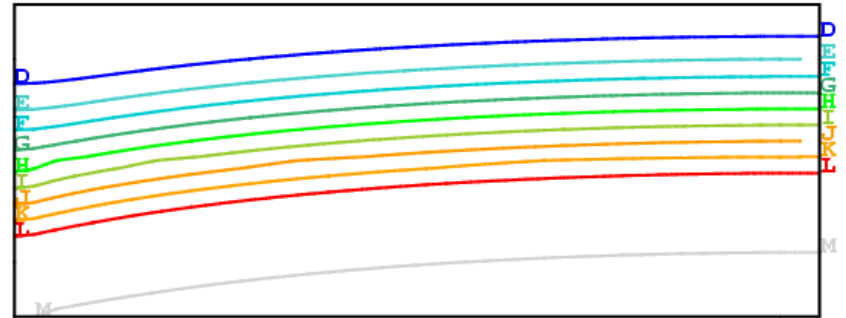
- Domaine rectangulaire de 10 mètres de long pour 2 mètres de profondeur.
- Conditions initiales : le domaine est à l'équilibre avec une nappe située à 1 mètre du fond.
- Conditions aux limites :



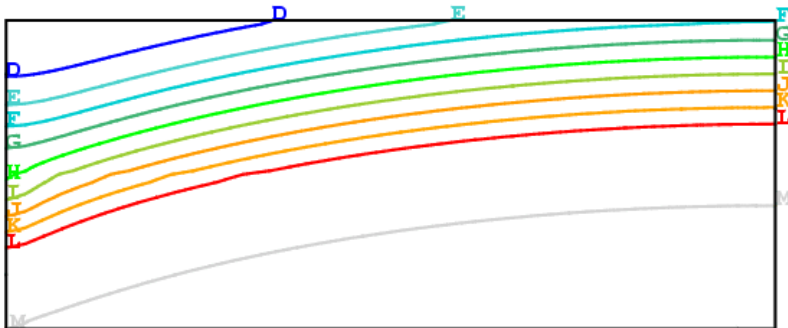
# Evolution des isopressions



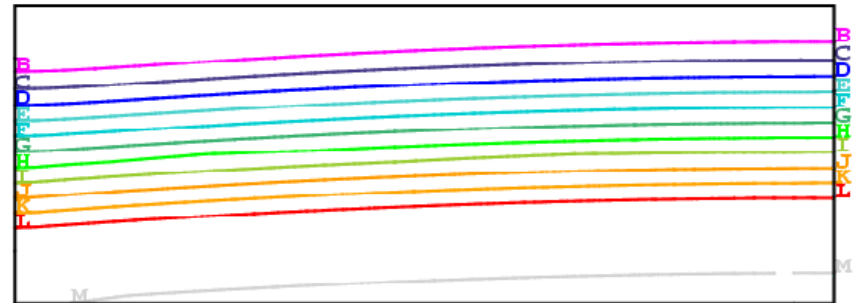
$t = 1.4$  heures



$t = 22.2$  heures



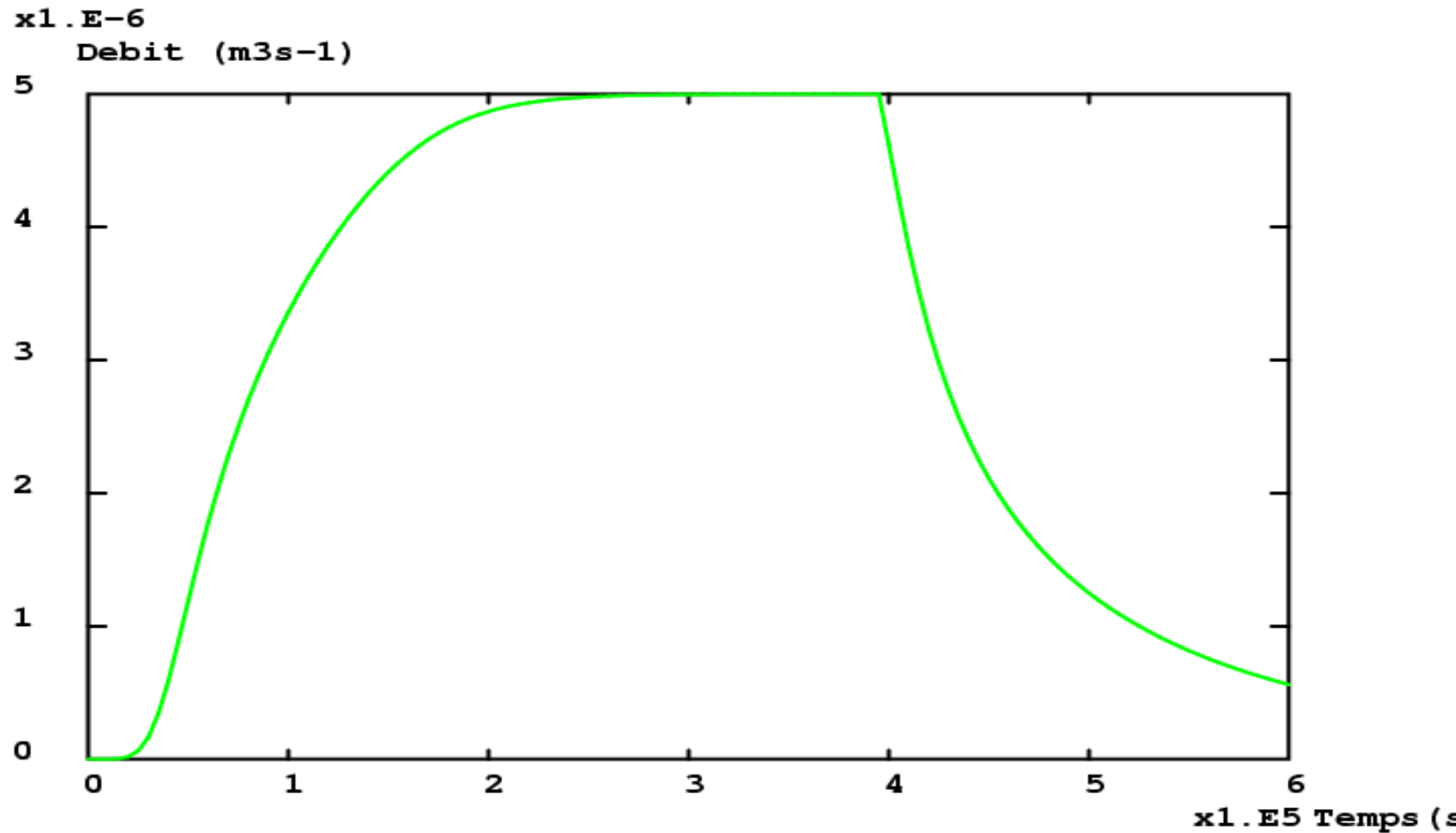
$t = 4$  jours



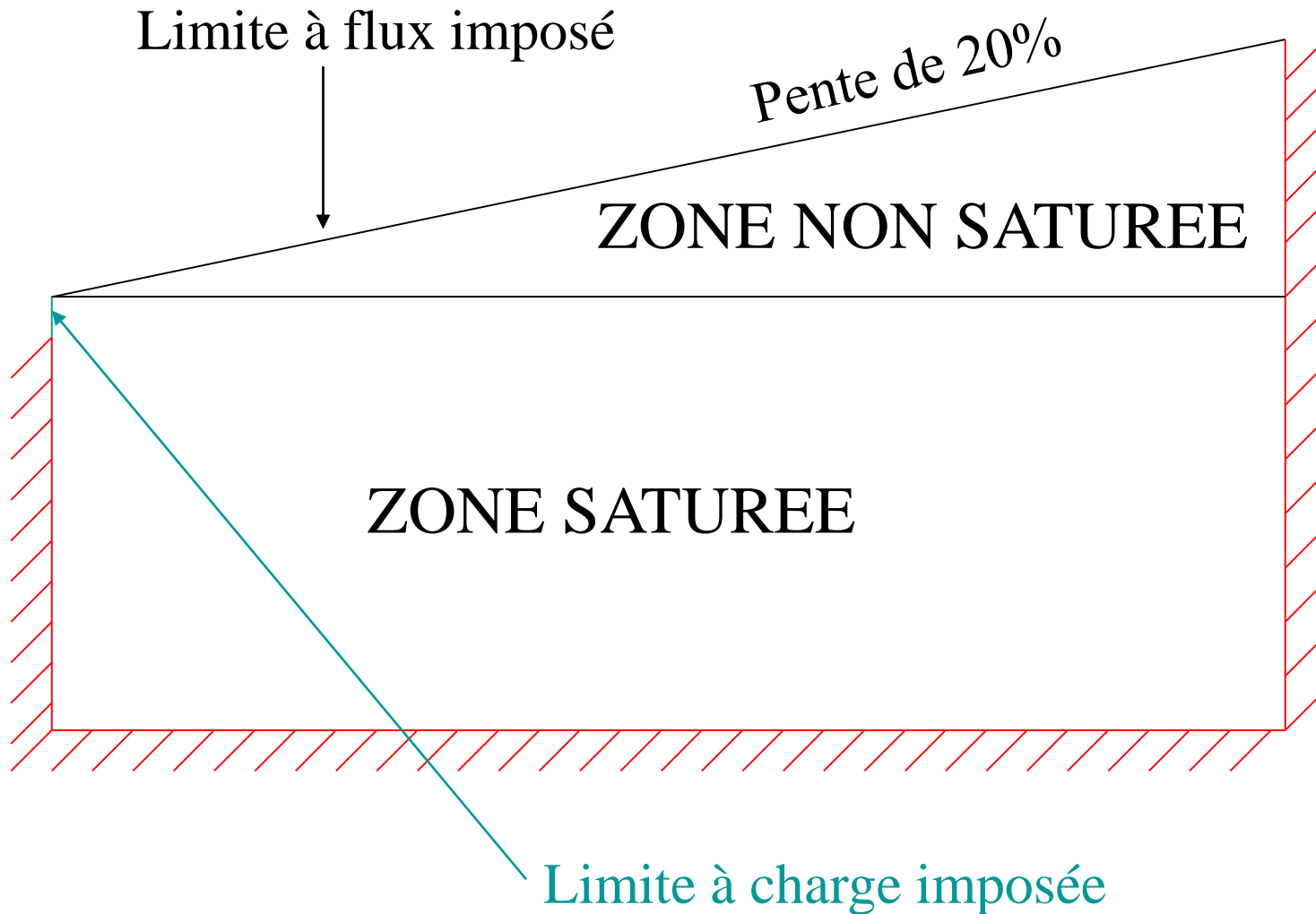
$t = 6.5$  jours

Isopression G = toit de la nappe

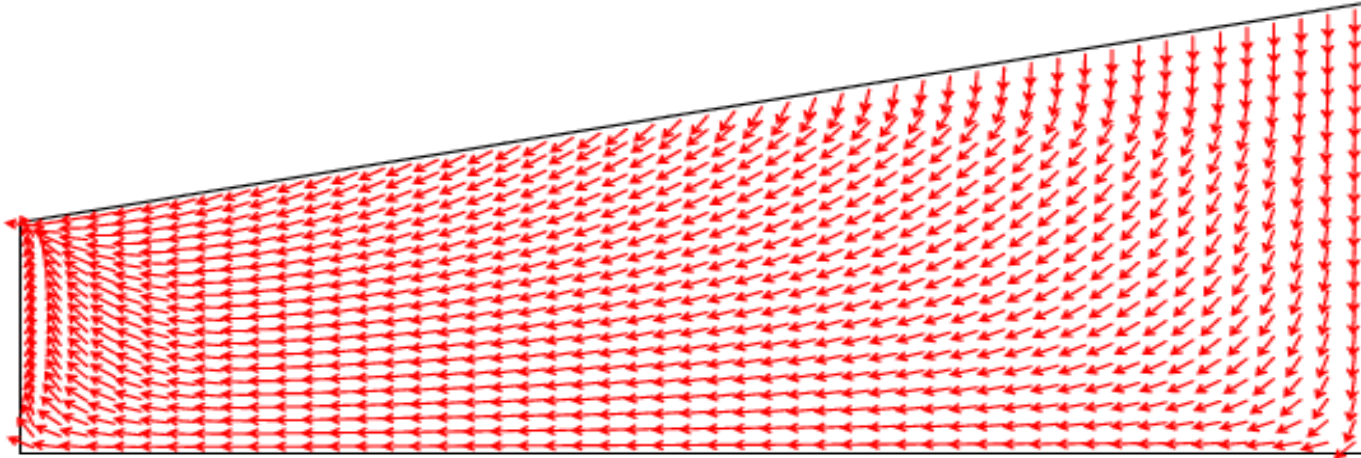
# Courbe de restitution (débits en sortie)



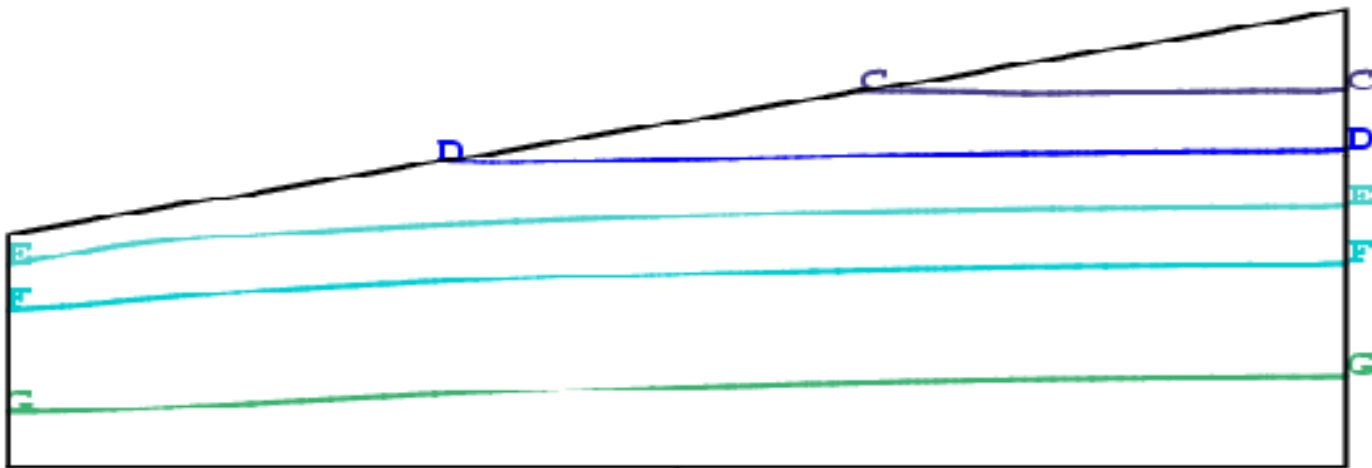
# Systeme d'Abdul et Gillham (1984)



# Résultats



Champ de vitesse



Isopression D = toit de la nappe



# Conclusions

- La procédure DARCYSTAT permet de modéliser l'évolution de l'eau dans la zone saturée et dans la zone non saturée.
- Elle permet également de programmer des lois de comportement particulières. Ceci permettra à terme de modéliser le phénomène de ruissellement par une couche drainante aux propriétés spéciales.