



# Modélisation du transfert d'eau dans le continuum sol-plante-atmosphère

Andrée TUZET et Alain PERRIER



# INTRODUCTION

## Contexte

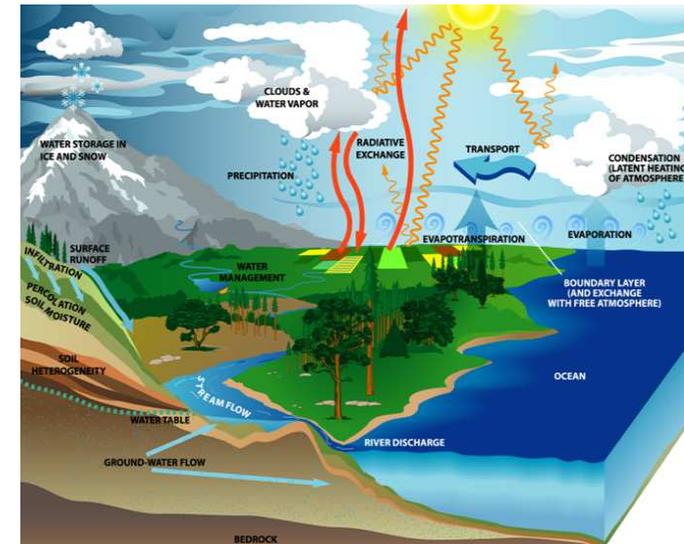
- Interactions Surfaces continentales-Atmosphère
  - ✓ Echanges d'énergie et d'eau
- Changements climatiques
  - ✓ sécheresse, températures élevées
  - ✓ mortalité des écosystèmes (arbres, vignes, cultures)

## Problématique

- Liens entre demande climatique, disponibilité de l'eau du sol et transfert d'eau dans la plante
- Comprendre le fonctionnement stomatique

## Objectifs

- Couplage bilan d'énergie - bilan hydrique
- Réponse des stomates
  - ✓ variations des facteurs du milieu (rayt, température, déficit hydrique de l'air, concentration en  $\text{CO}_2$ )
  - ✓ état hydrique du sol et de la plante



# Couplage bilan d'énergie – bilan hydrique

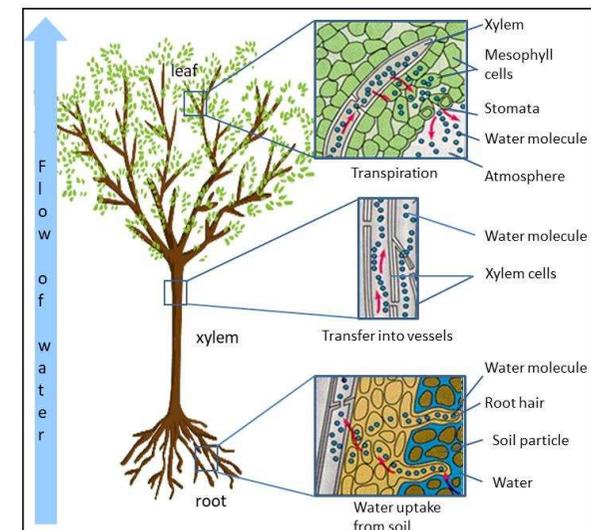
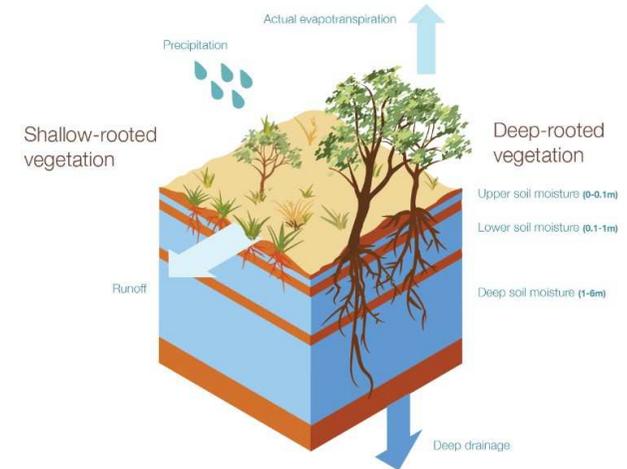
## Couplage bilan d'énergie-bilan hydrique

- **Bilan d'énergie**
  - ✓ Base des processus d'échanges de surface
  - ✓ Disponibilité en eau de la surface
- **Connaitre cette disponibilité en eau**
  - ✓ Gestion du bilan hydrique du sol
  - ✓ Absorption de l'eau par le chevelu racinaire
  - ✓ Transferts dans la plante et de leurs régulations

→ Analyse du couplage bilan d'énergie - bilan hydrique

## Transfert d'eau dans la plante

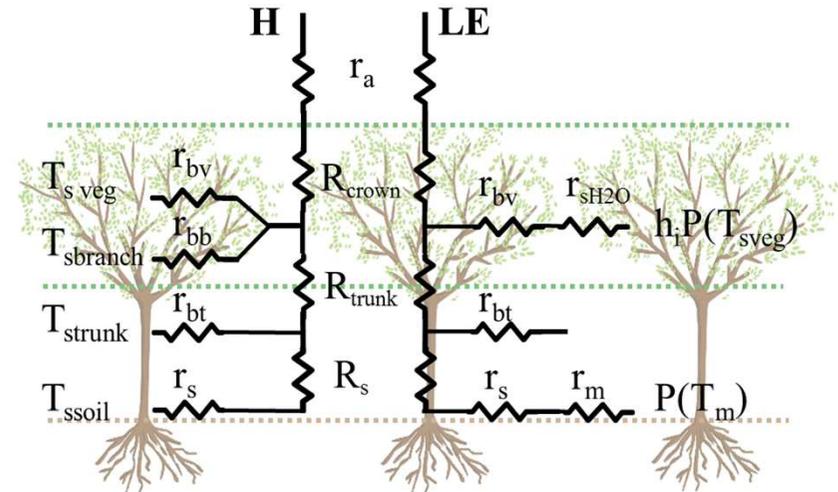
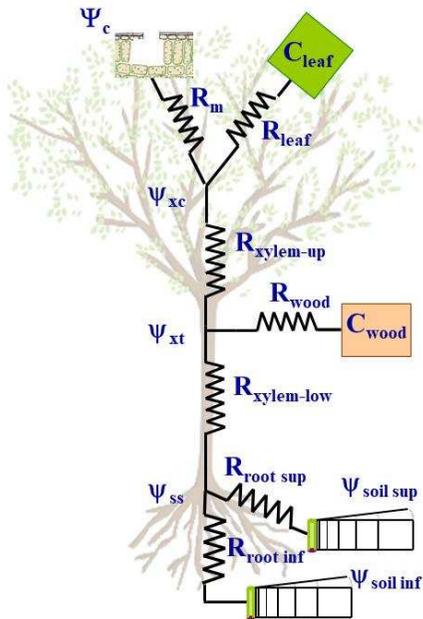
- Réponse à la demande climatique
- Chute de potentiel hydrique dans les cavités sous stomatiques (évaporation)
- Abaissement du potentiel au niveau des racines
- Transfert d'eau du sol vers les racines



# Modèle de continuum Sol-plante-atmosphère.

## Modèle de Continuum

- Bilan d'énergie.
- Transfert d'eau dans la plante.
- Absorption racinaire.
- Photosynthèse et flux de  $\text{CO}_2$ .



## Modèle de transfert d'eau dans la plante

- Sol, arbres, atmosphère → système dynamique, maillons du continuum,
- Deux réservoirs d'eau connectés au flux principal:
  - ✓ Fonctionnement physiologique (milieu aride)
  - ✓ Rôle tampon en période de stress hydrique
  - ✓ Variabilité du potentiel hydrique foliaire
- Résistances hydrauliques reliant le sol, l'arbre et l'atmosphère pour assurer le continuum.

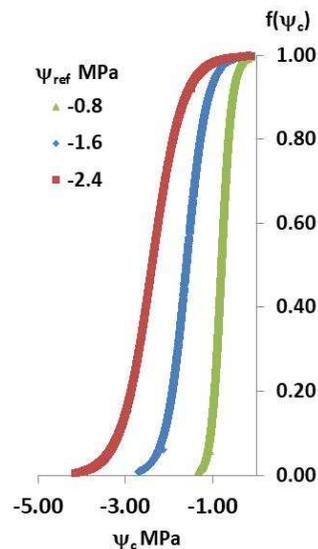
# Modèle de continuum Sol-plante-atmosphère.

## Conductance stomatique

- Relation Ball-Berry modifiée

$$g_{CO_2} = g_0 + \frac{a A}{c_i - \Gamma} f_{\psi_v}$$

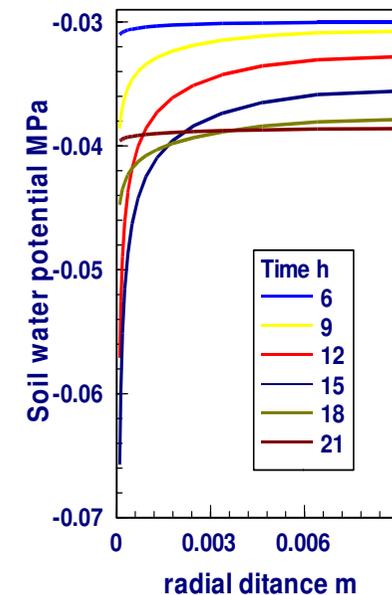
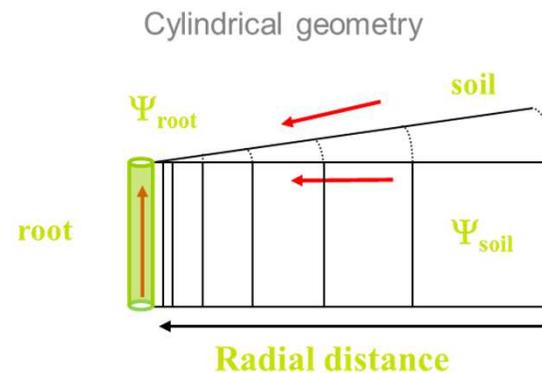
- Etat hydrique du sol et de la plante.



$$f_{\psi_v} = \frac{1 + \exp(s_f \psi_{ref})}{1 + \exp(s_f (\psi_{ref} - \psi_{leaf}))}$$

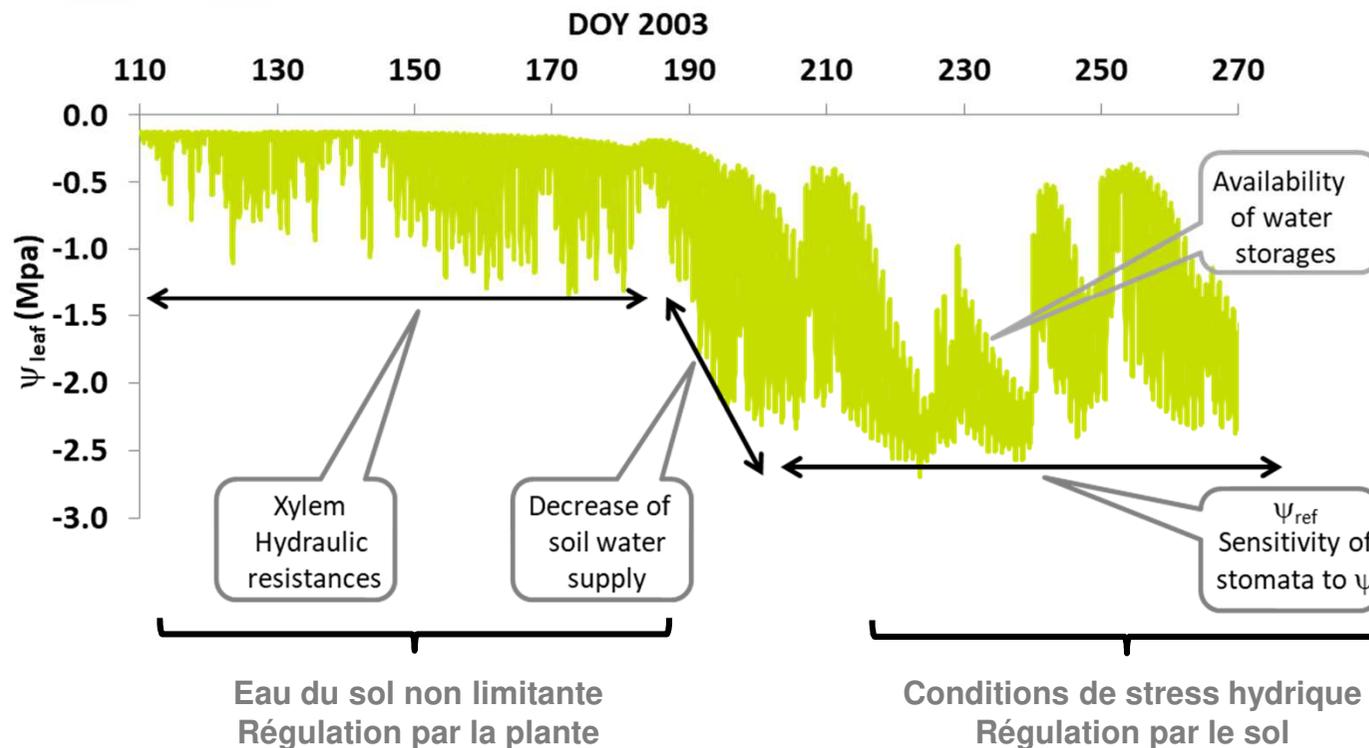
## Absorption racinaire

- Couche de sol homogène
- Manchon racinaire
- Diffusion de Darcy-Richards.



# Evolution temporelle du potentiel hydrique des feuilles lors d'une phase de dessèchement du sol

Rôle des différents paramètres dans l'évolution temporelle du potentiel



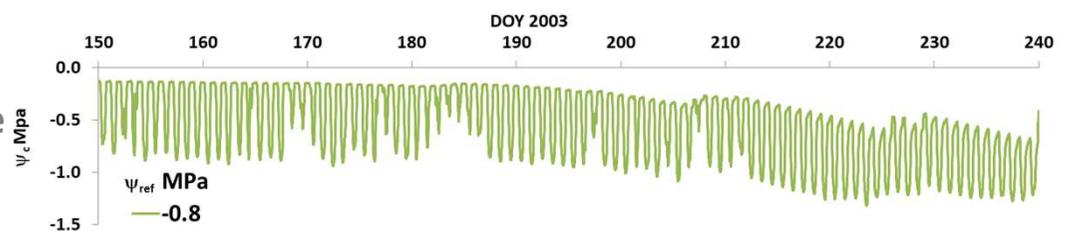
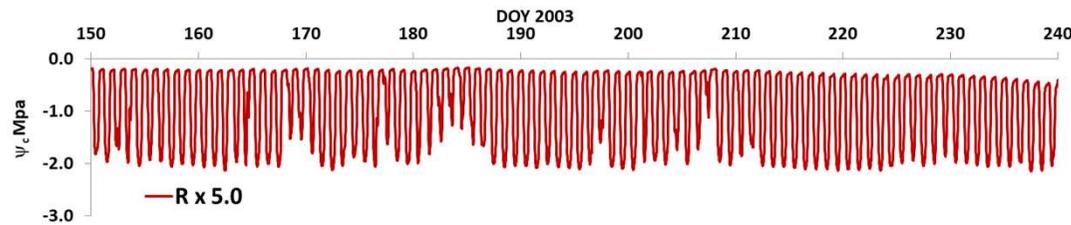
Deux paramètres clé contrôlent la transpiration et l'état hydrique des plantes:

- ✓ Résistance hydraulique du xylème
- ✓ Sensibilité des stomates au potentiel hydrique foliaire

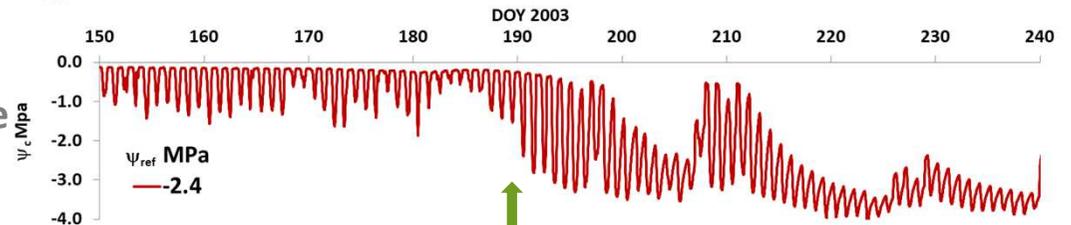
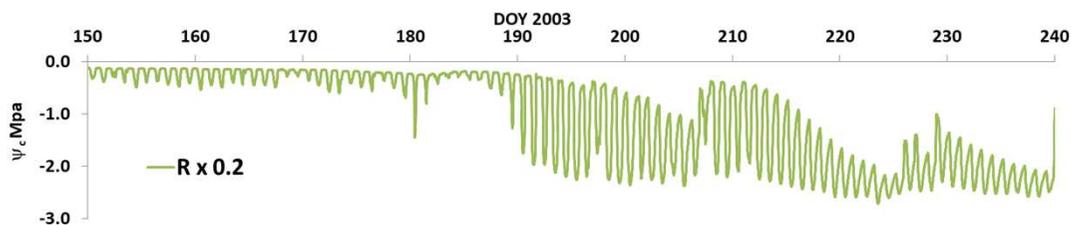
} mesure

# Comportement “Isohydrique” et “anisohydrique” des plantes

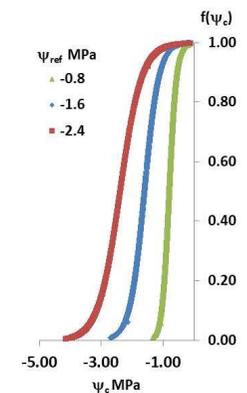
Forte résistance hydraulique  
Et/ou  
Forte sensibilité des stomates au potentiel hydrique foliaire



Faible résistance hydraulique  
Et/ou  
Faible sensibilité des stomates au potentiel hydrique foliaire



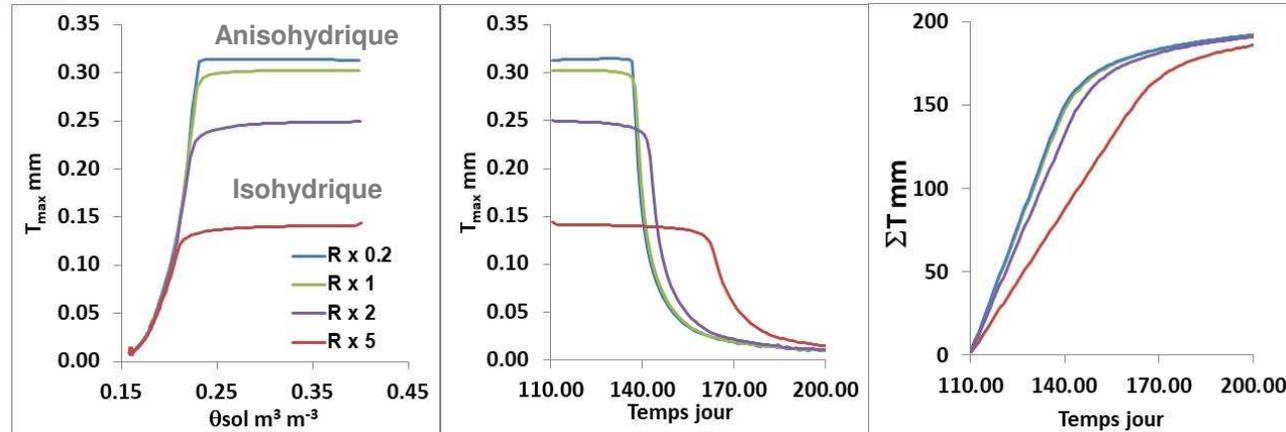
Isohydrique



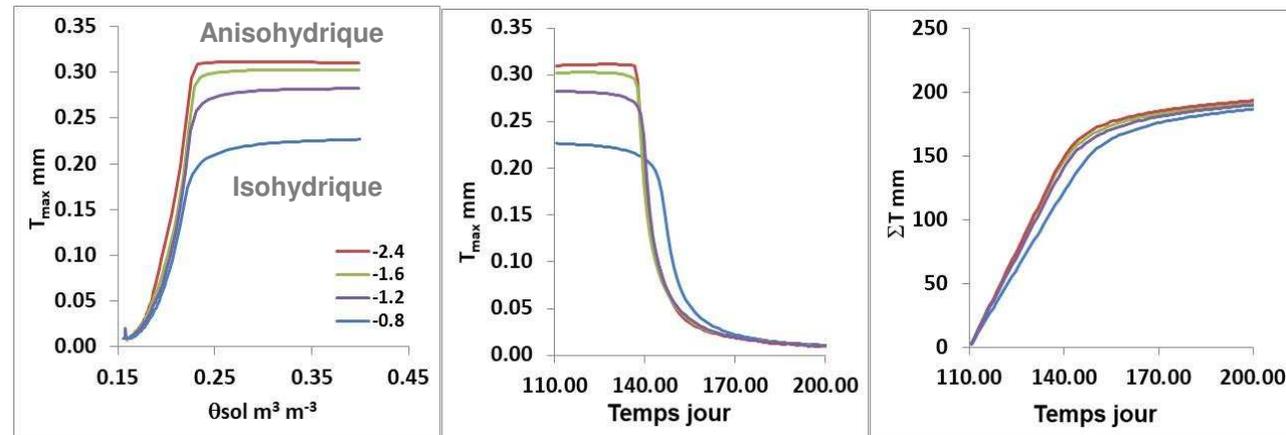
Anisohydrique

# Rôle des caractéristiques de la plante sur la transpiration

Résistances hydrauliques

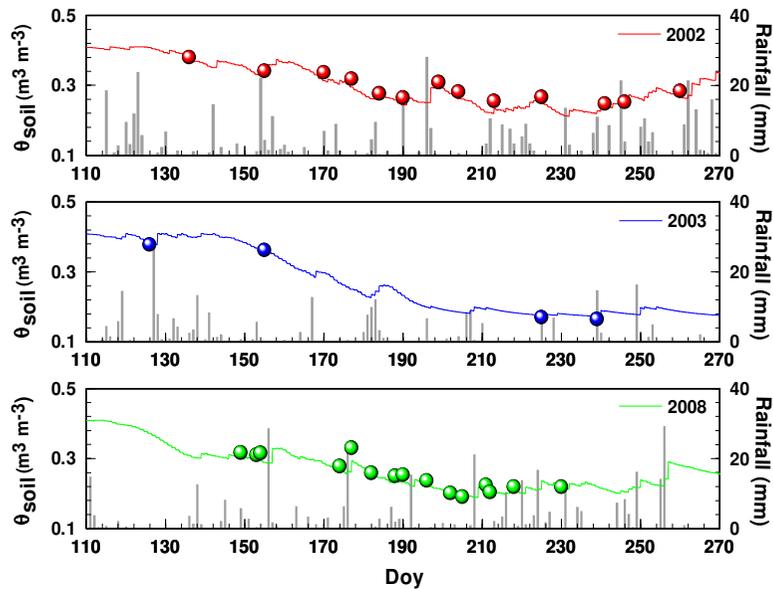


Sensibilité des stomates

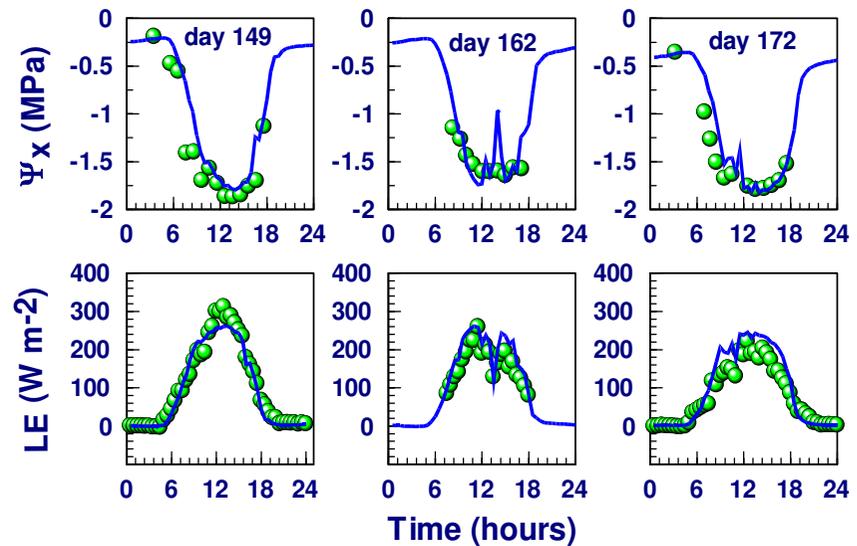


Plantes anisohydriques  $\Rightarrow$  régulation par le sol plus précoce  $\Rightarrow$  plus forte consommation et moins bonne régulation

# Comparaison des mesures expérimentales et des résultats de simulation



Évolution temporelle de la teneur en eau du sol sur une forêt de hêtres



Évolution temporelle du potentiel hydrique de l'eau dans le xylème et de l'évapotranspiration sur une culture de blé

# Modèle de continuum Sol-plante-atmosphère

## → Conclusions

- Modèle de continuum sol-plante-atmosphère  $\Rightarrow$  couplage bilan d'énergie-bilan hydrique
- Conductance stomatique fonction des facteurs du milieu ( $T$ ,  $R_{\text{a}}$  et conc.  $\text{CO}_2$ ) et potentiel hydrique foliaire
- Modèle de transfert d'eau dans la plante non conservatif
- Evolution dynamique du potentiel hydrique autour des racines
- Deux paramètres clé contrôlent la transpiration et l'état hydrique des plantes:
  - ✓ Résistances hydrauliques du xylème
  - ✓ Sensibilité des stomates au potentiel hydrique foliaire
- Diverses rétroactions apparaissent au niveau de la régulation stomatique

## → Perspectives

- Améliorer le transfert de l'eau du sol : ruissellement, infiltration et drainage
- Relation entre résistances hydrauliques et caractéristiques de structure des arbres
- Appliquer le modèle aux alignements d'arbres dans les rues