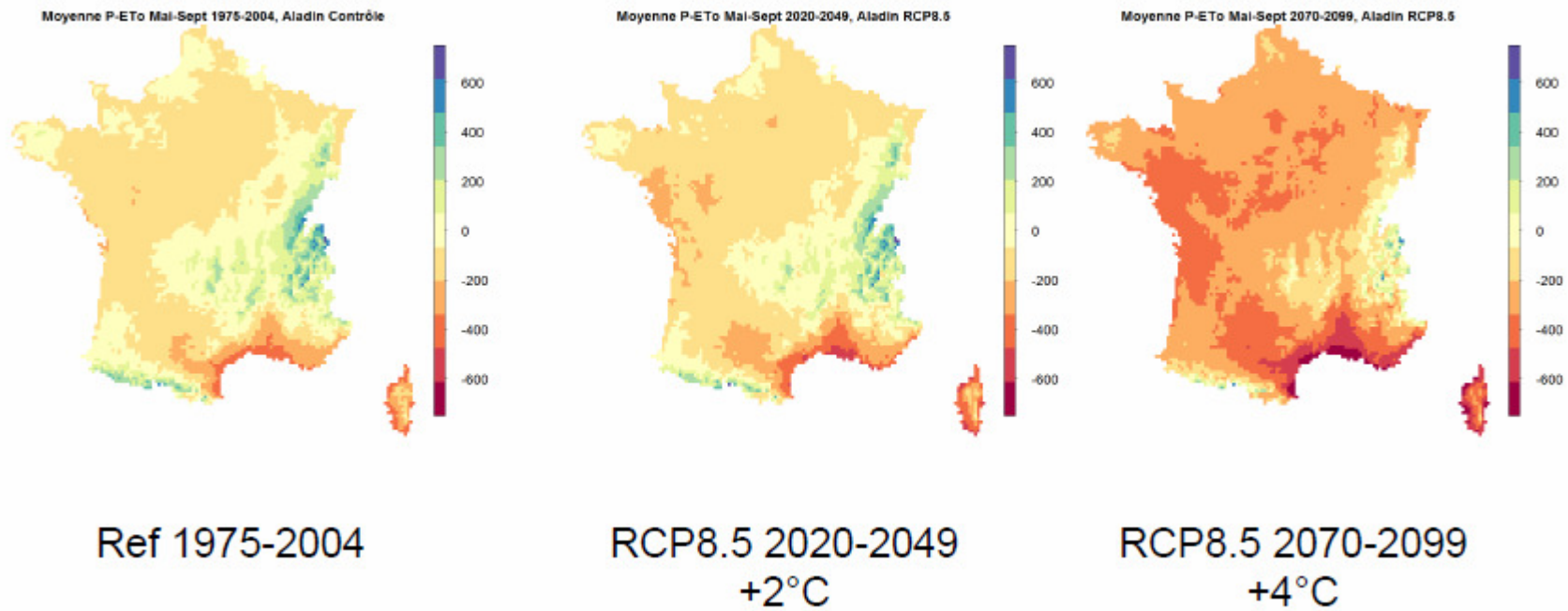




Réponses des plantes fourragères à la  
contrainte hydrique

Acquis et perspectives

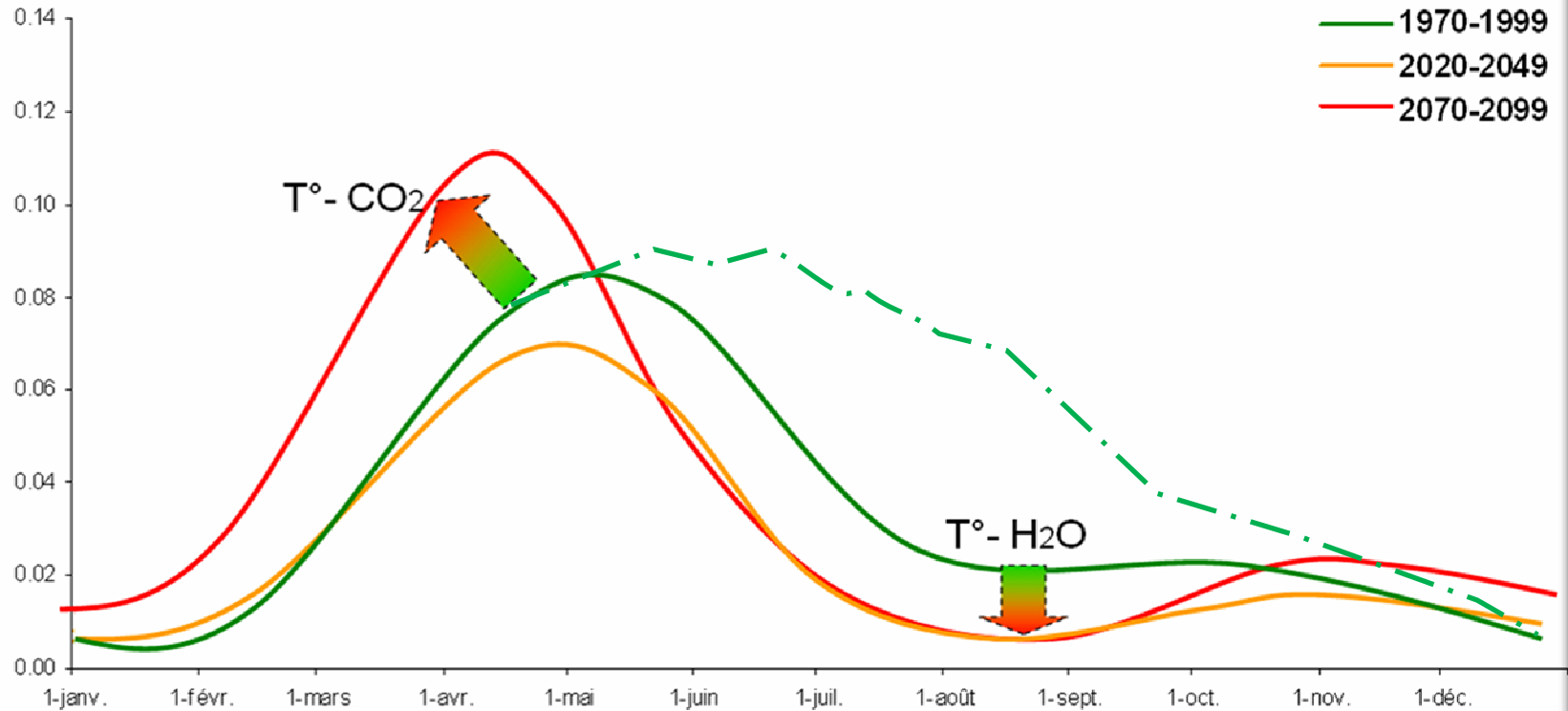
Moyenne de la somme P-ET° sur mai-septembre sur 30 ans. Quand elle est inférieure à -450 mm, le peuplement de fétuque ou dactyle tempéré sont très dégradés.



Déqué, Huard, 2015

# Déficit hydrique et production estivale

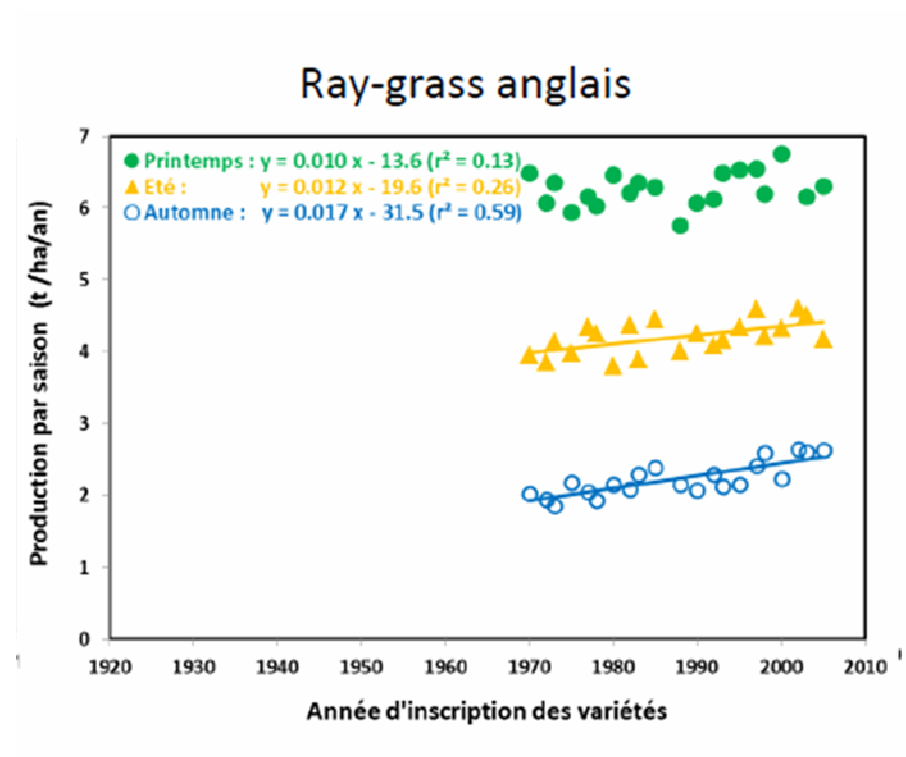
Croissance journalière  
(t MS/ha/j)



*Evolution de la production journalière au cours de l'année – Exemple de la féтуque cultivée à Rennes sur sol superficiel, scénario A1B simulé avec STICS avec la méthode de régionalisation climatique QQ.*

# Le progrès génétique dans la résistance à la sécheresse

- La variabilité génétique des graminées est un facteur favorable à plusieurs fonctions de la prairie: entre espèces et au sein des espèces.
- Importance de l'amélioration des plantes



D'après Ghesquière et al, 2014 et Sampoux et al. 2011

# Analyse de la production d'une culture

## Approche énergétique

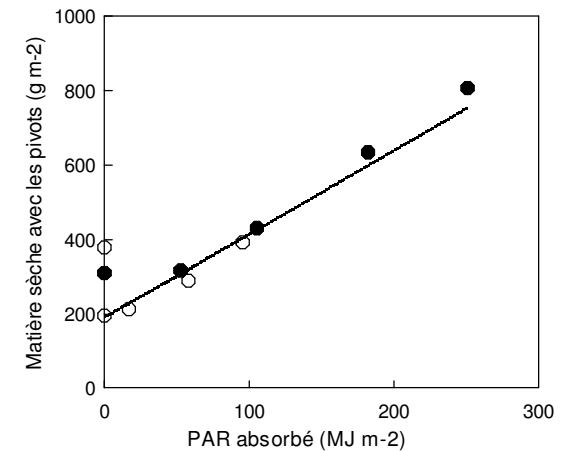
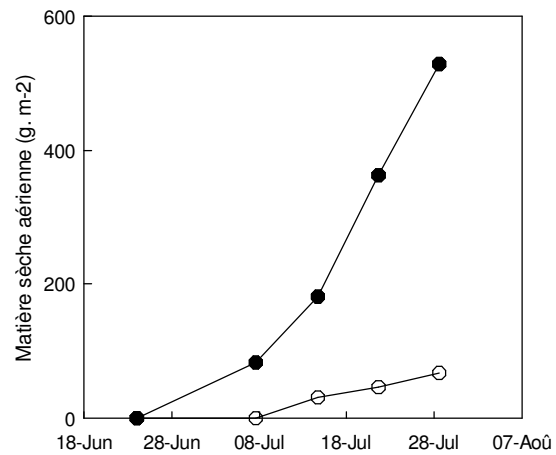
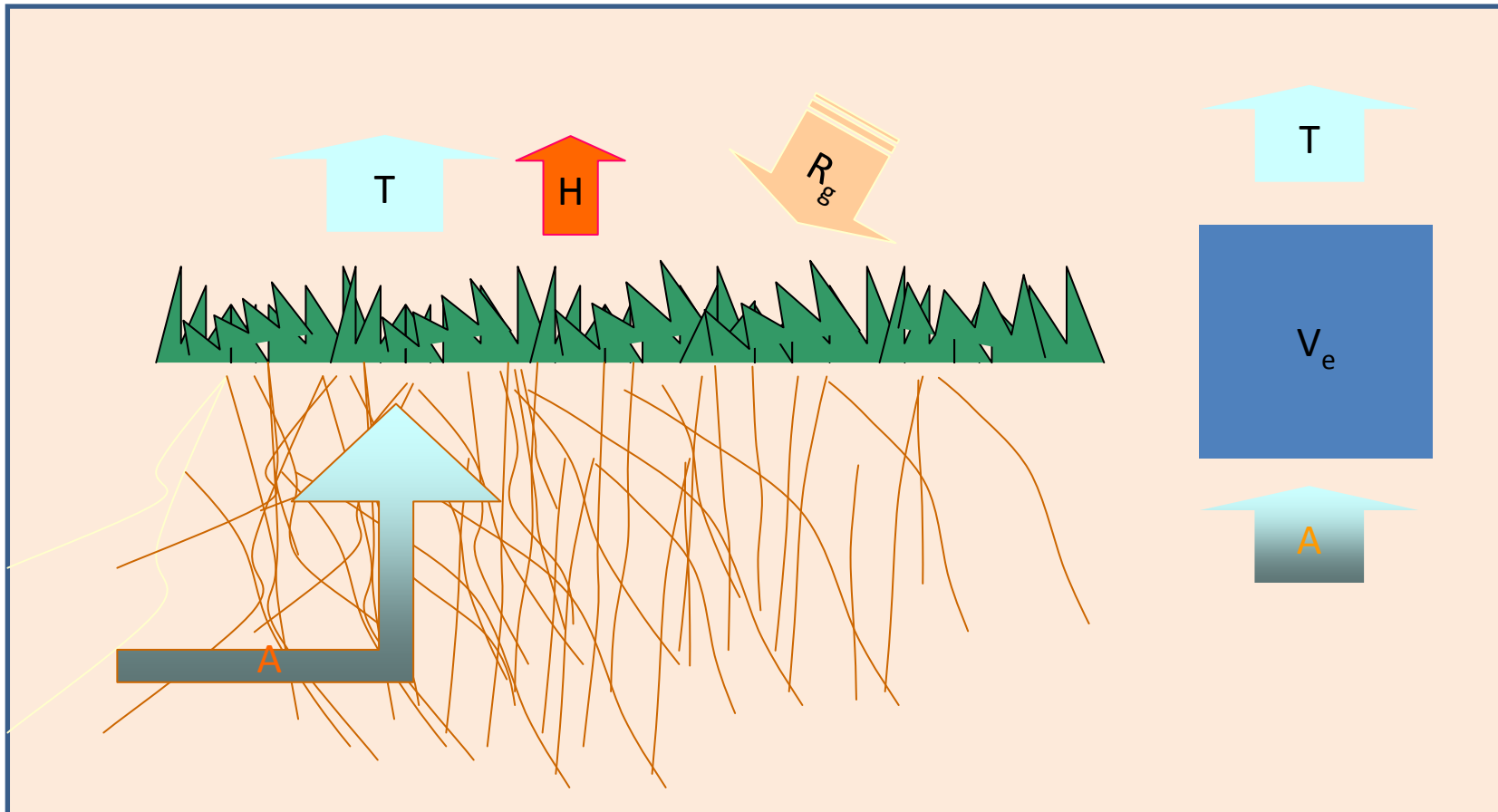


Figure 1: Analyse de la croissance d'une repousse de luzerne en irrigué (●) et en sec (○). (D'après Durand *et al*, 1989).

# Du bilan d'énergie du couvert au bilan hydrique de la plante



# Du bilan de la feuille ou de la plante à son état hydrique en 8 équations

$$R_{wc} = \frac{V_e}{V^o} \quad (1)$$

$$\psi = P - \pi \quad (2)$$

$$\varepsilon = \frac{dP}{\frac{dV_e}{V_e}} \quad (3)$$

$$\varepsilon = \varepsilon_0 P \quad (4)$$

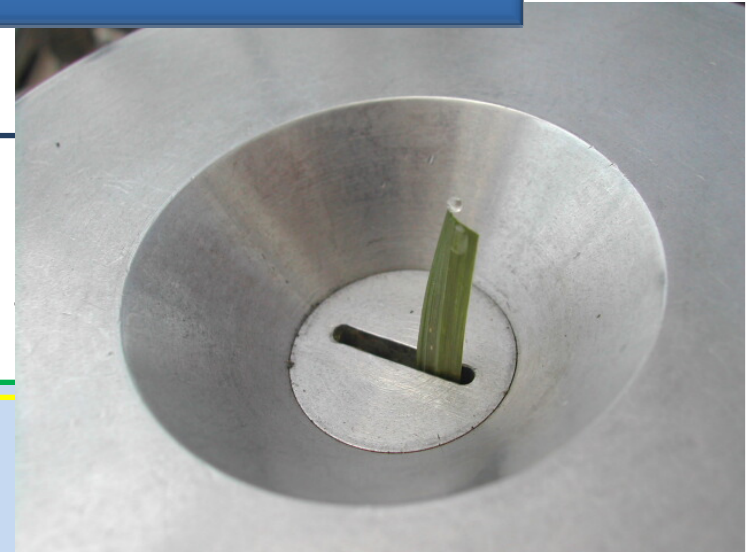
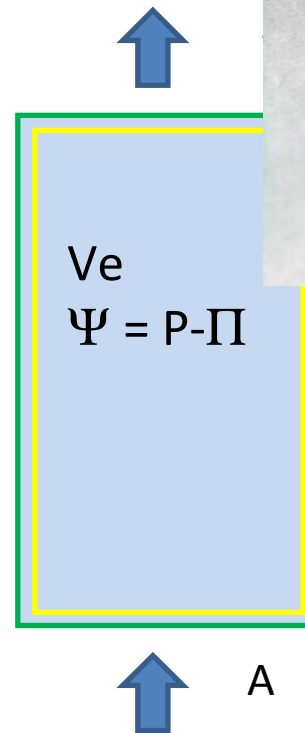
$$P = P_0 R_{wc}^{\varepsilon_0} \quad (5)$$

$$\pi = \frac{RTN_s}{V_e} \quad (6)$$

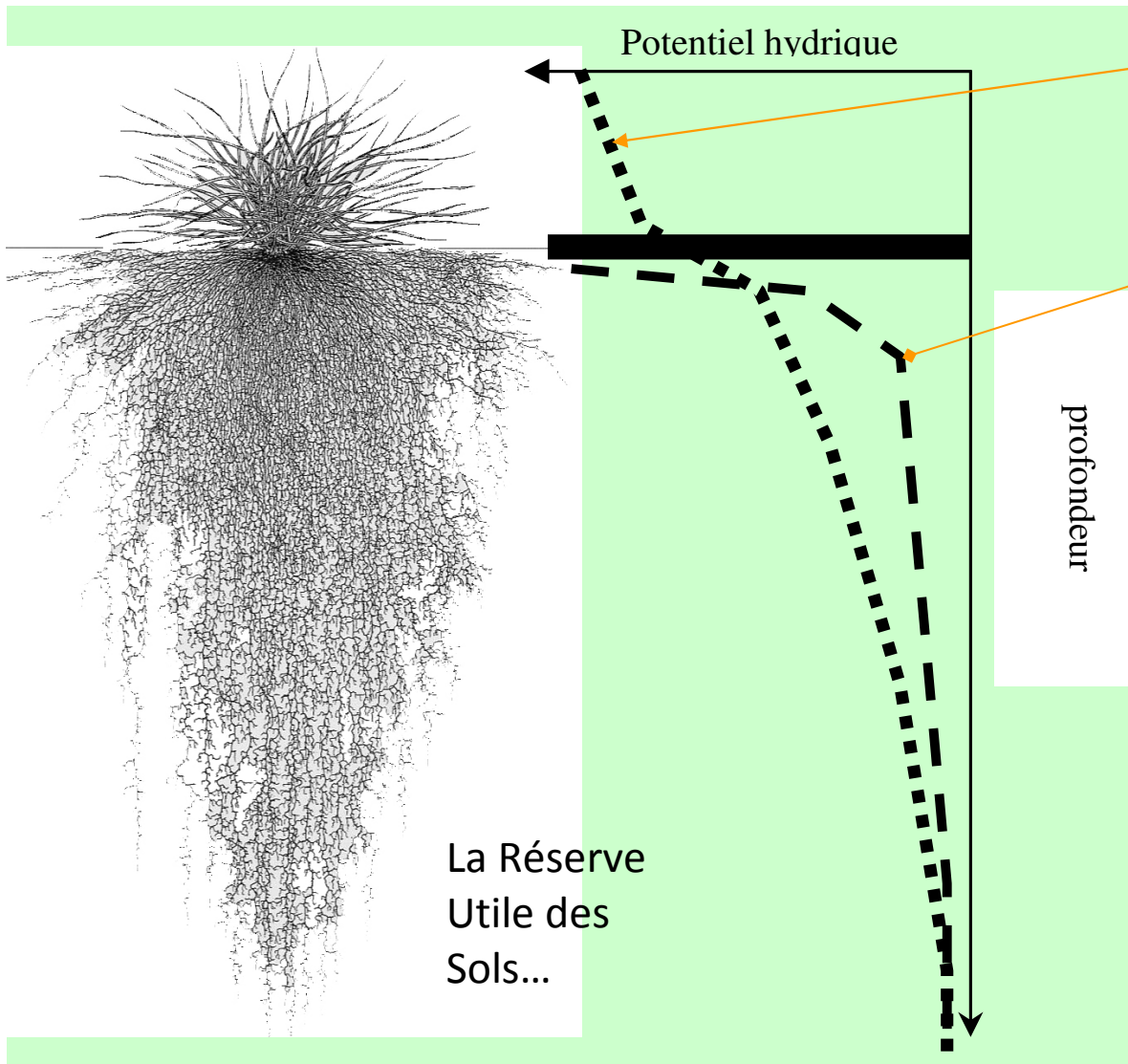
$$\pi = \frac{\pi_0}{R_{wc}} \quad (7)$$

$$\frac{dV}{dt} = A - T_r \quad (8)$$

$$J_{12} = \frac{\psi_1 - \psi_2}{R_{12}} \quad (8)$$

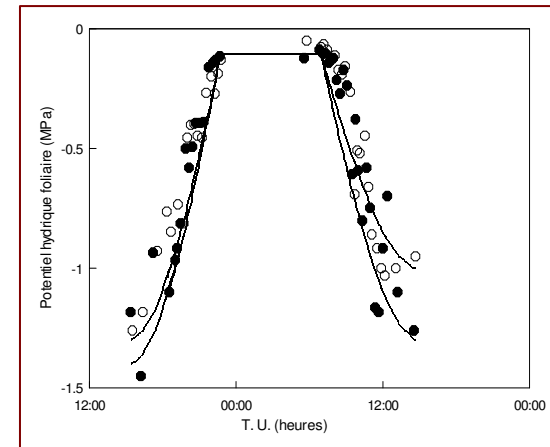


# absorption de l'eau



Potentiel hydrique de la plante

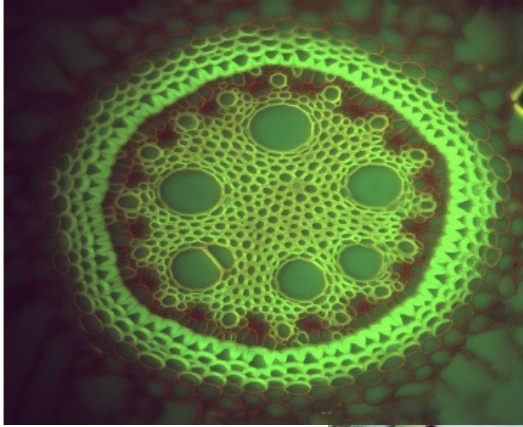
Potentiel hydrique du sol



Onillon 1993



D'où l'eau est elle extraite ?

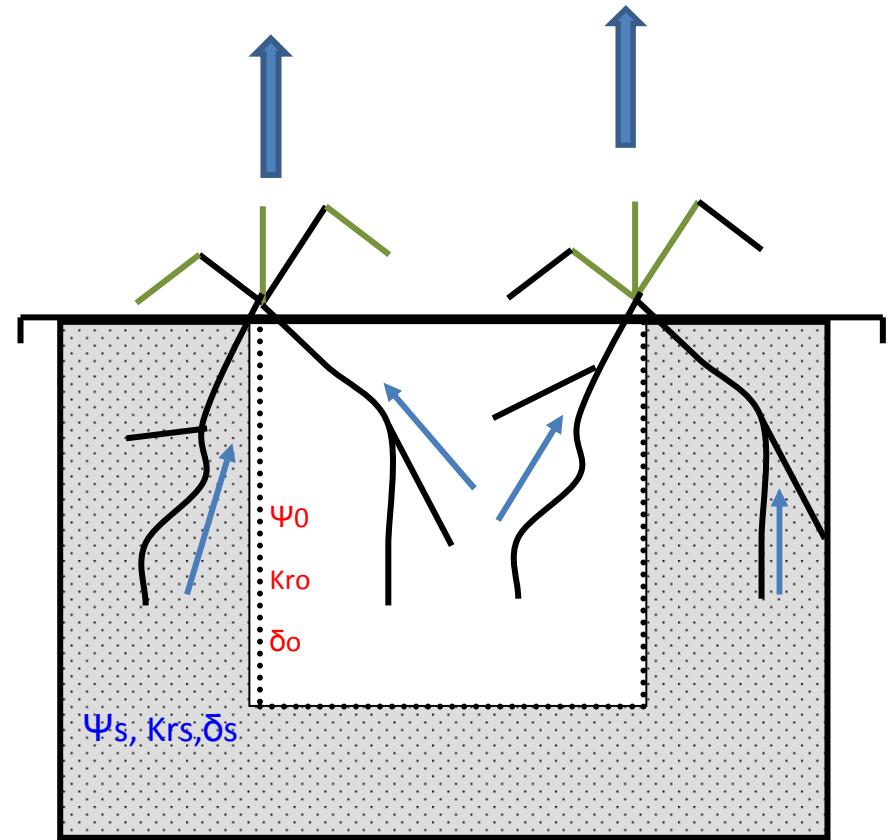
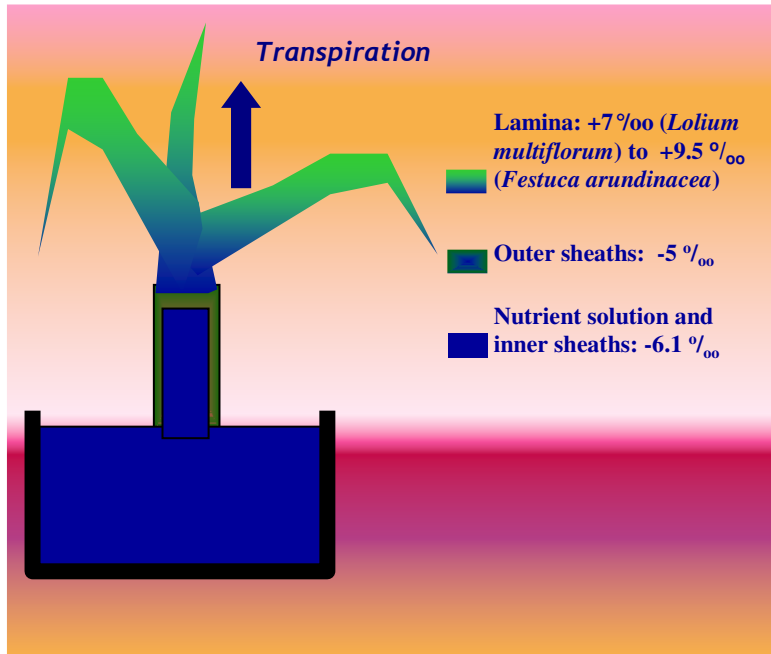


# Racinator



De quel profondeur les plantes  
prélèvent elles leur eau ?

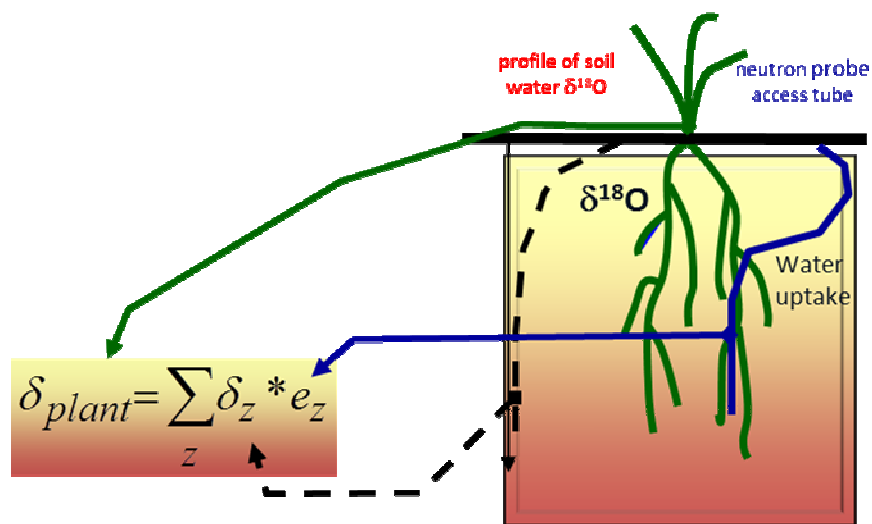




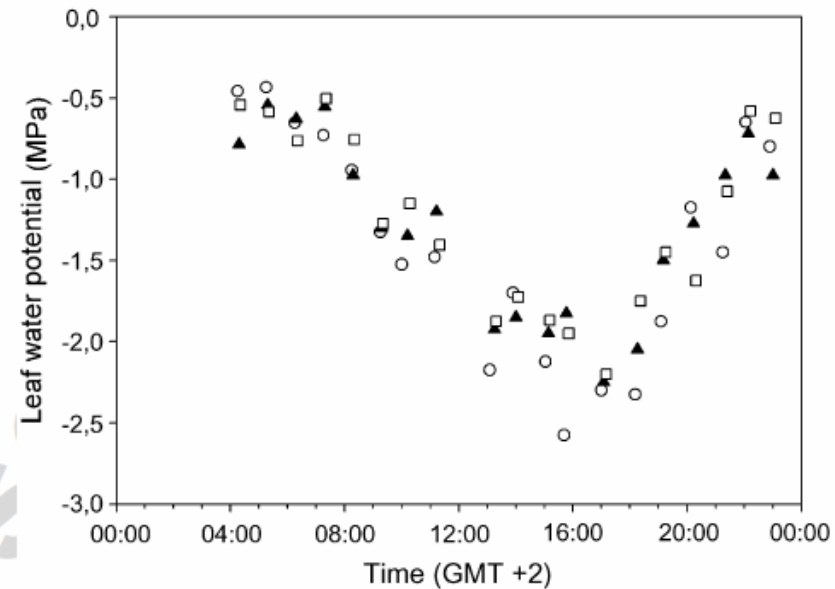
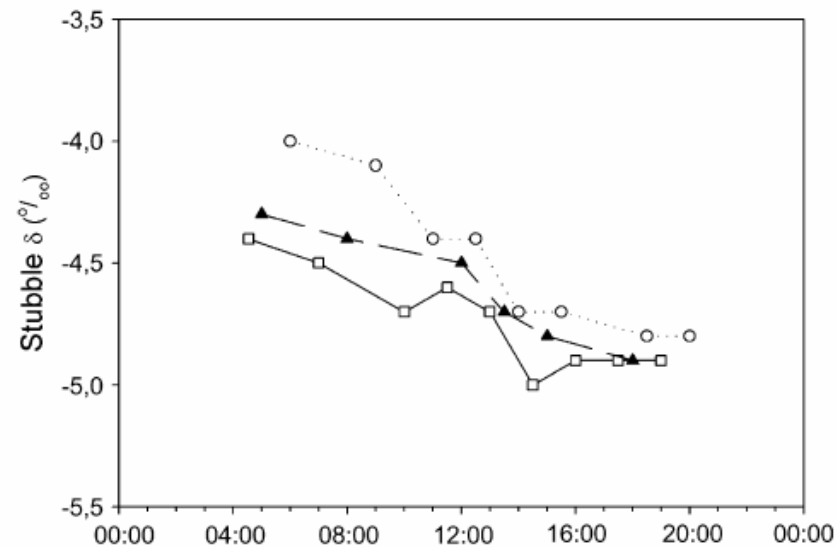
Bariac, Durand, Ghesquière

## D'où l'eau est elle extraite ?

Au champ (forte variabilité de la résistance dans le sol)



1. La profondeur d'extraction augmente en fonction de la transpiration.
2. Contradictoire avec l'hypothèse de résistances constantes.



# Variations génétiques de la profondeur d'extraction d'eau au sein d'une population

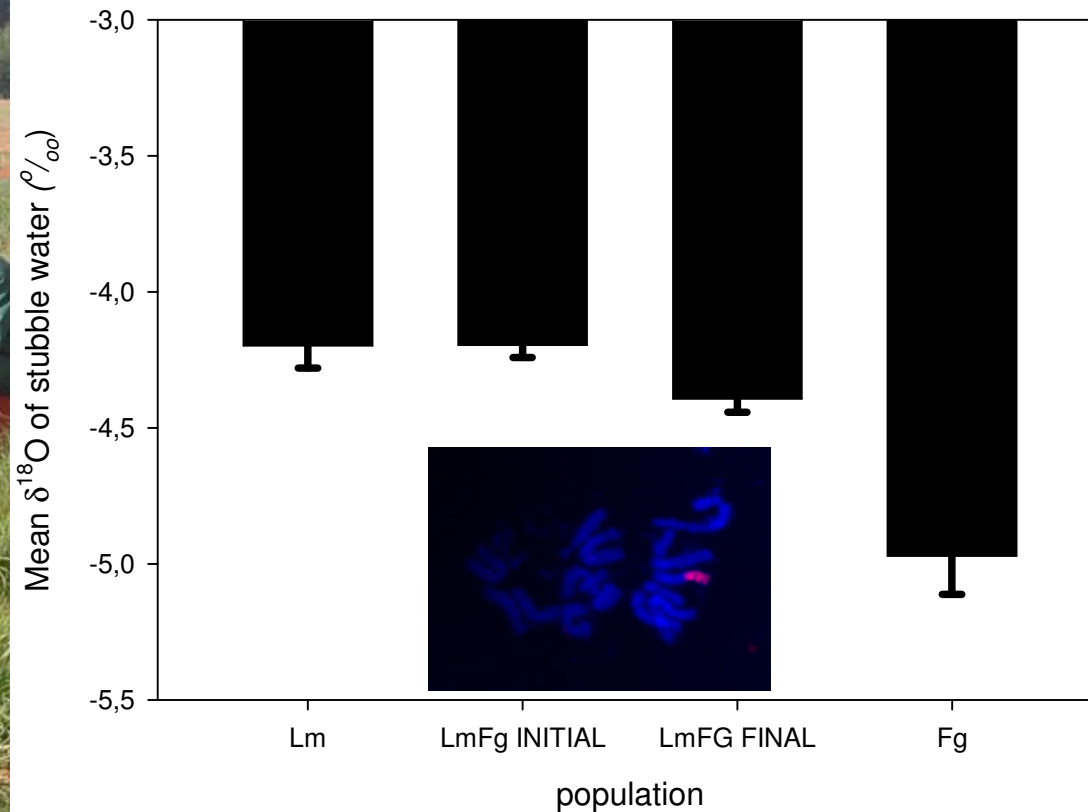
Semis

Exploitation  
durant 18 mois

Prélèvement et  
clonage de plantes

Culture en  
pépinière durant  
18 mois

Prélèvement de  
talles et mesure de  
la signature  
isotopique de l'eau



# AscHyd



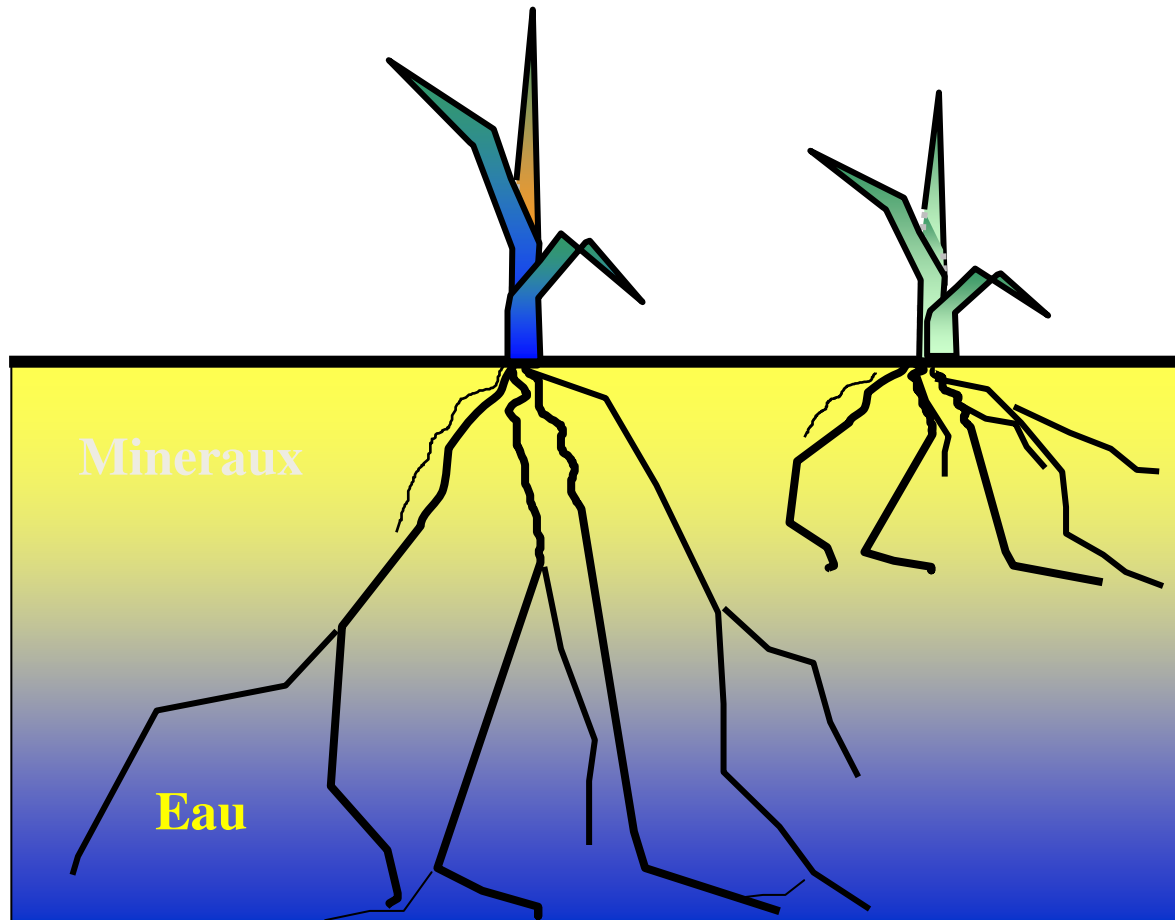
## Les interactions avec l'azote

- Alimentation en azote et conduction hydrique.
- L'extraction de l'eau des horizons pauvres en azote minéral.
- L'impact l'état hydrique sur l'absorption en azote.



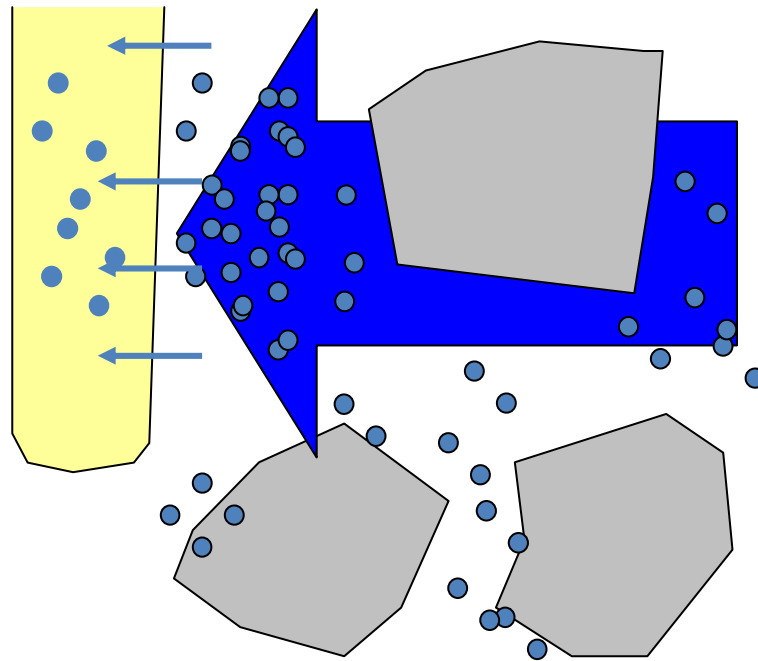


## Combinaison de contraintes



# Absorption d'azote

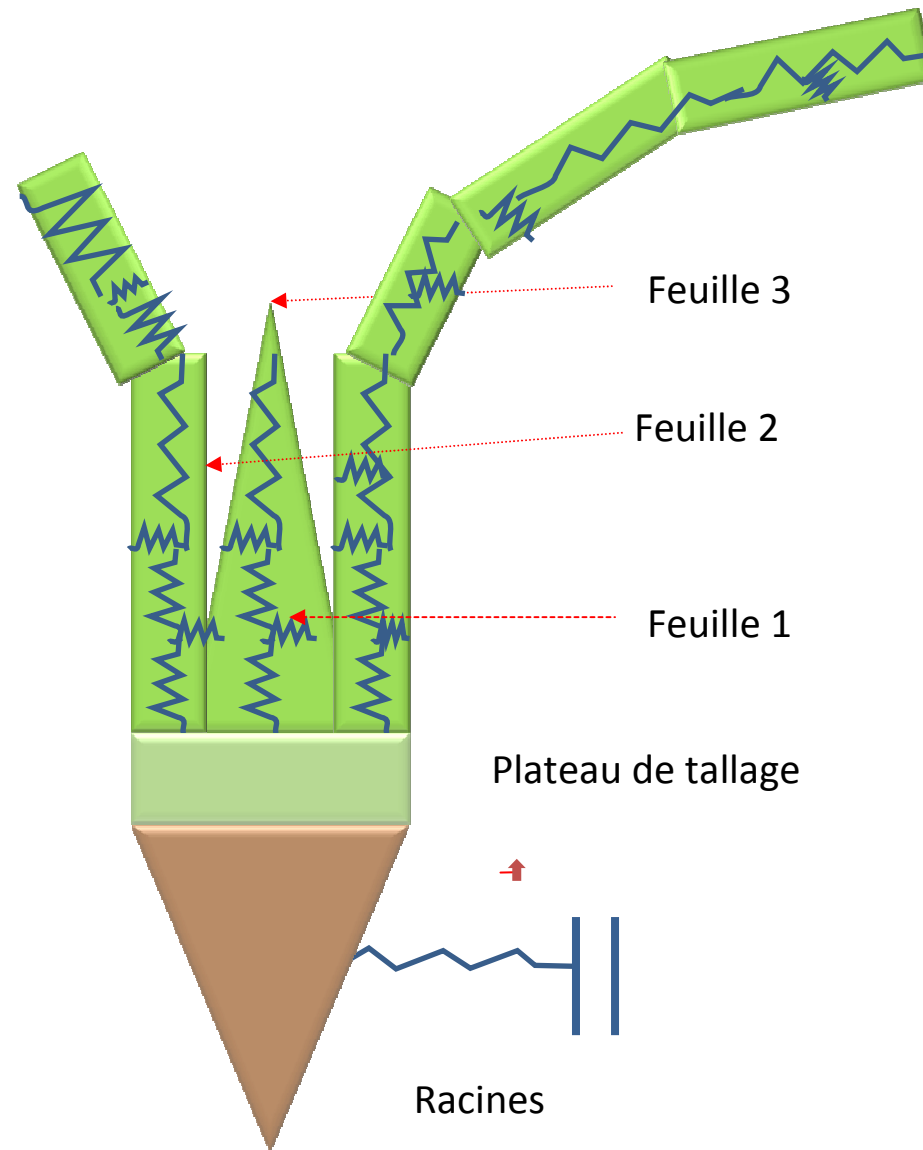
Racine







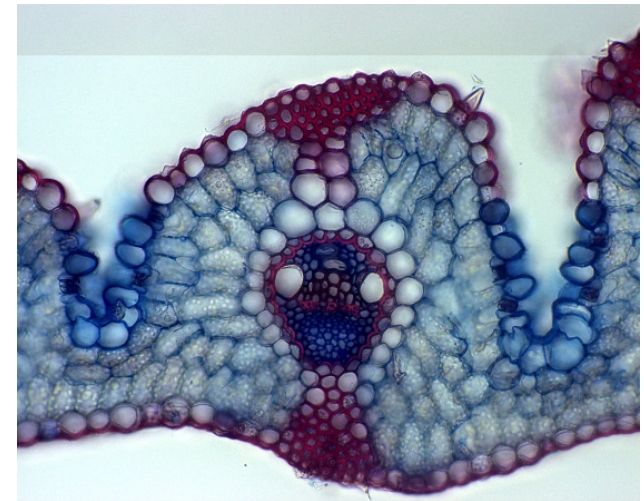
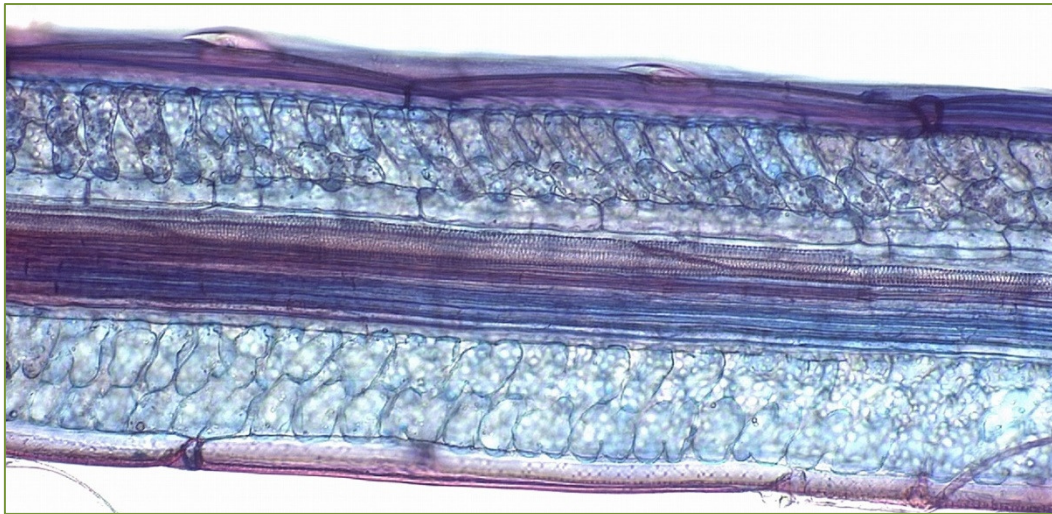
# L'effet de la contrainte hydrique sur la morphogénèse



# L'effet de la contrainte hydrique sur la morphogenèse

## L'eau et la morphogenèse.

l'architecture hydraulique d'une feuille en croissance. **les résistances axiales et radiales.**



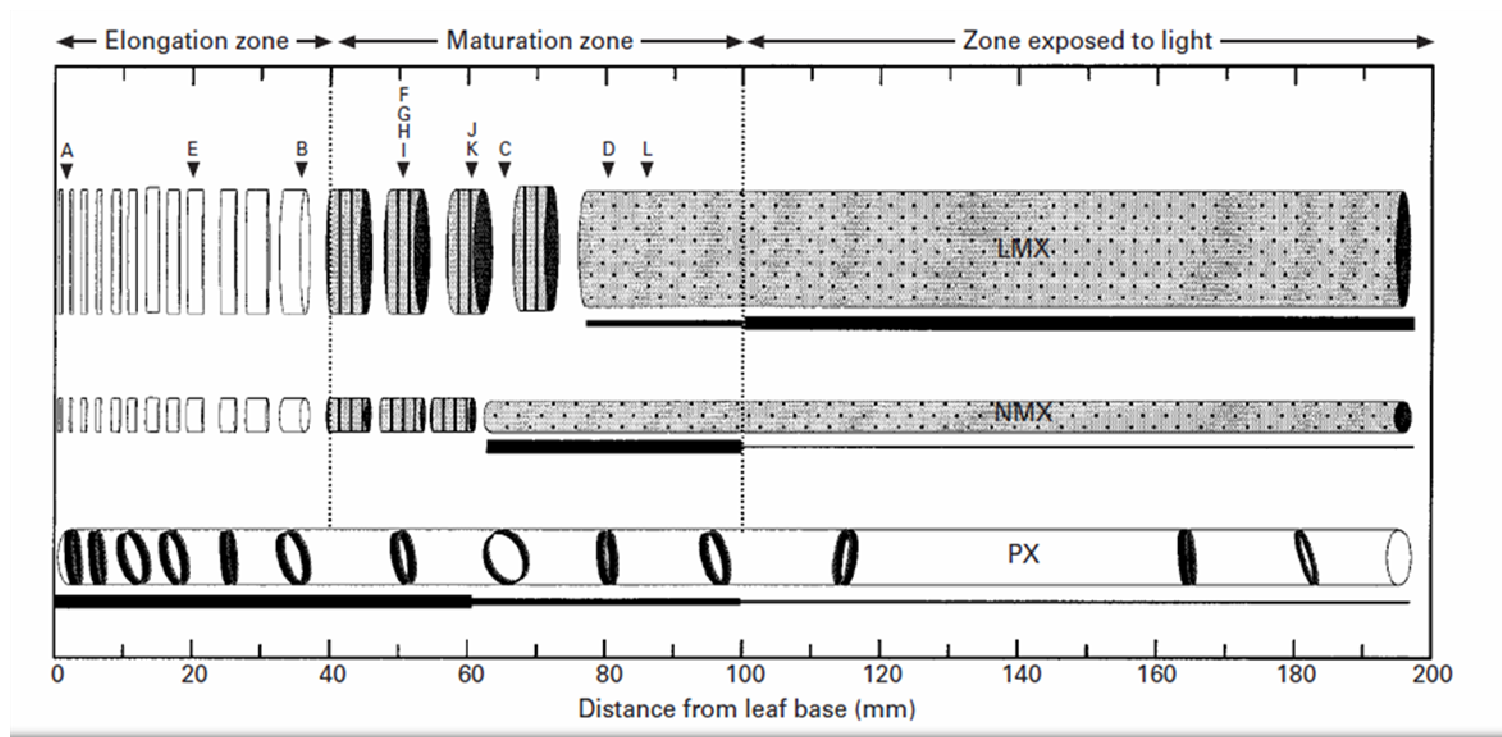
Coupes longitudinale et transversale de limbe de *estuca arundinacea*. Schreb. Photo S Carré



# L'effet de la contrainte hydrique sur la morphogénèse

## L'eau et la morphogénèse.

l'architecture hydraulique d'une feuille en croissance. **la résistance axiale.**



variation de l'état des vaisseaux le long de la feuille en croissance. P Martre



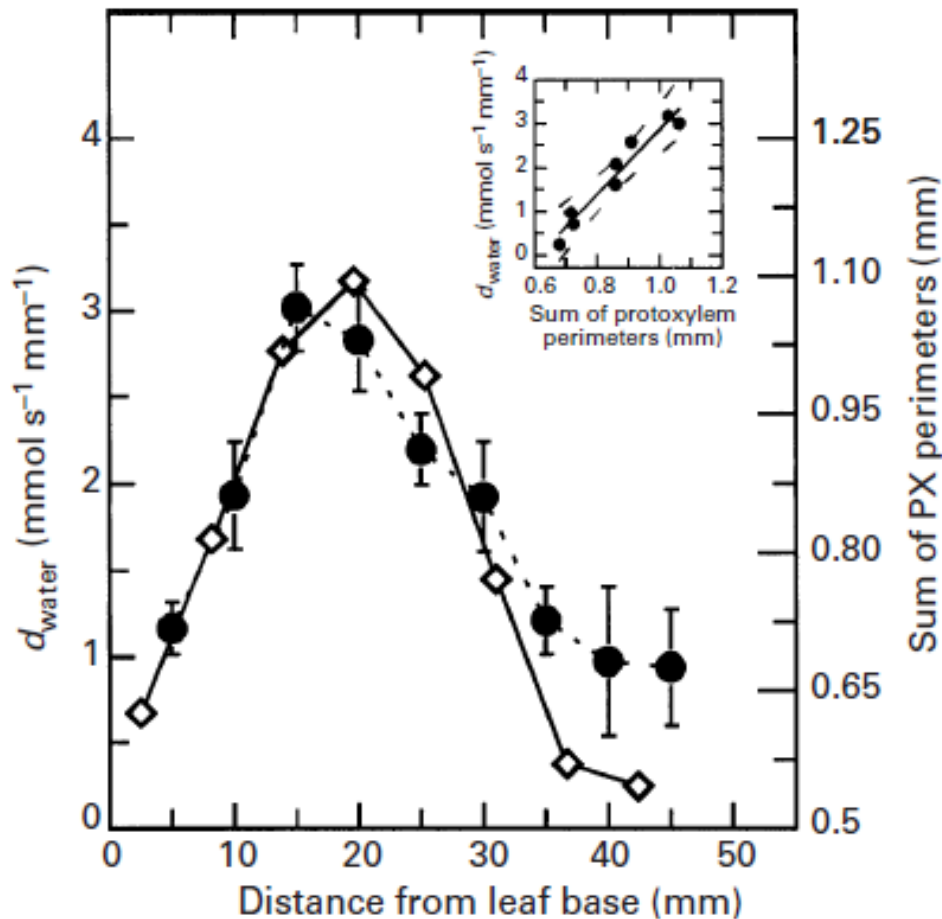


# L'effet de la contrainte hydrique sur la morphogenèse

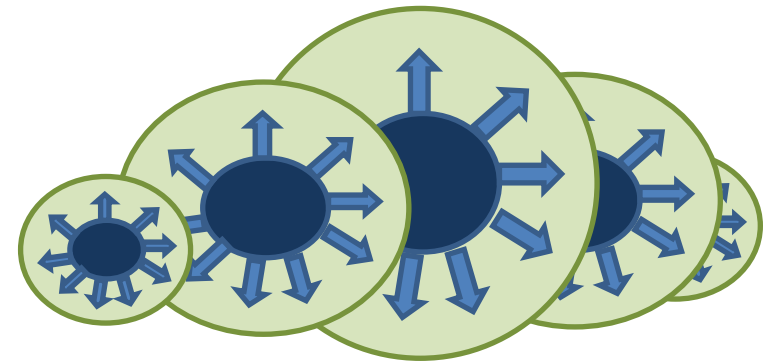
L'eau et la morphogenèse.

- La circulation de l'eau dans une feuille en croissance: l'architecture hydraulique.

**Variations de surface d'échange et/ou de résistance radiale ?**



$$(dl/dt)_x = Cx_x * (\Psi_{x_x} - \Psi_{c_x}) * Kr_x ?$$



# L'effet de la contrainte hydrique sur la morphogénèse

## Le modèle rhéologique : parois plastiques ou élastiques ?

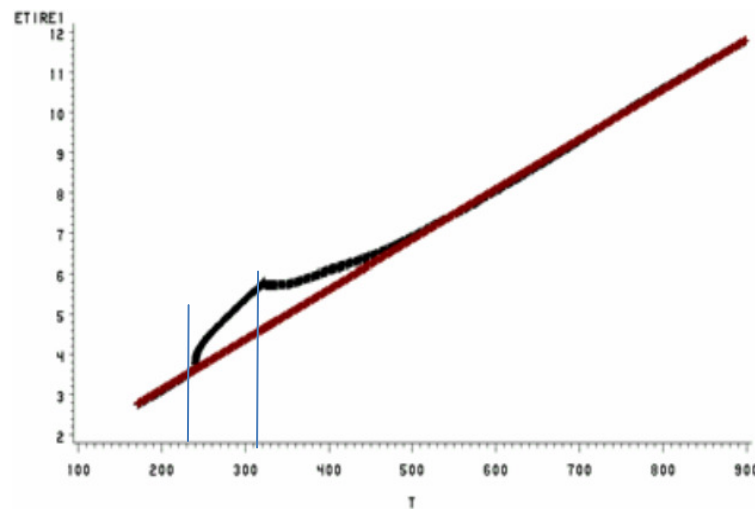
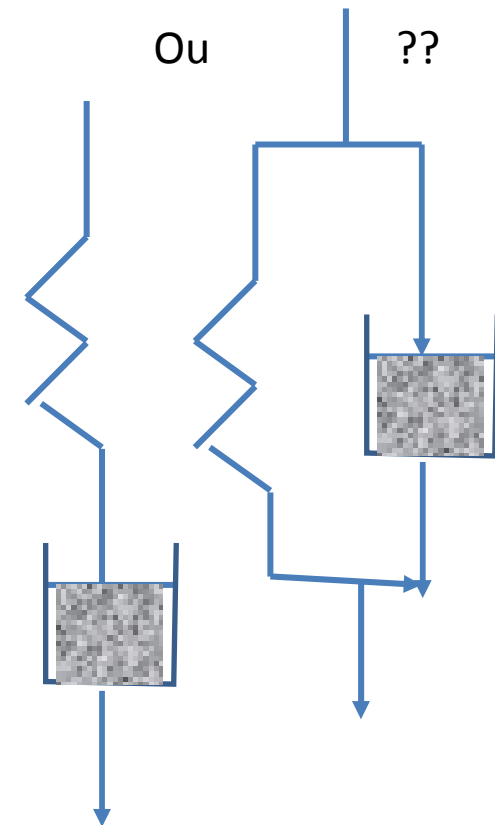


Figure 12. Déplacement linéaire (mm) de la pointe d'une feuille de fétuque élevée soumise à une sollicitation mécanique de  $5 \cdot 10^{-2}$  MPa de la minute 230 à la minute 320. D'après Coutand et al. 1997.

$dl/dt$  ou  $dl/l$   
??

P



Coutand, Moulia

# L'effet de la contrainte hydrique sur la morphogénèse

L'effet hydraulique peut-il expliquer la sensibilité de la morphogénèse au déficit hydrique ?

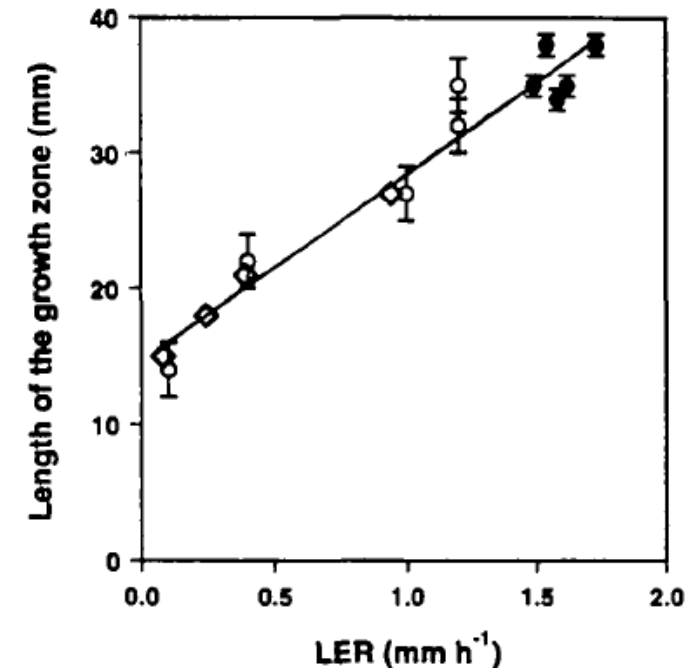
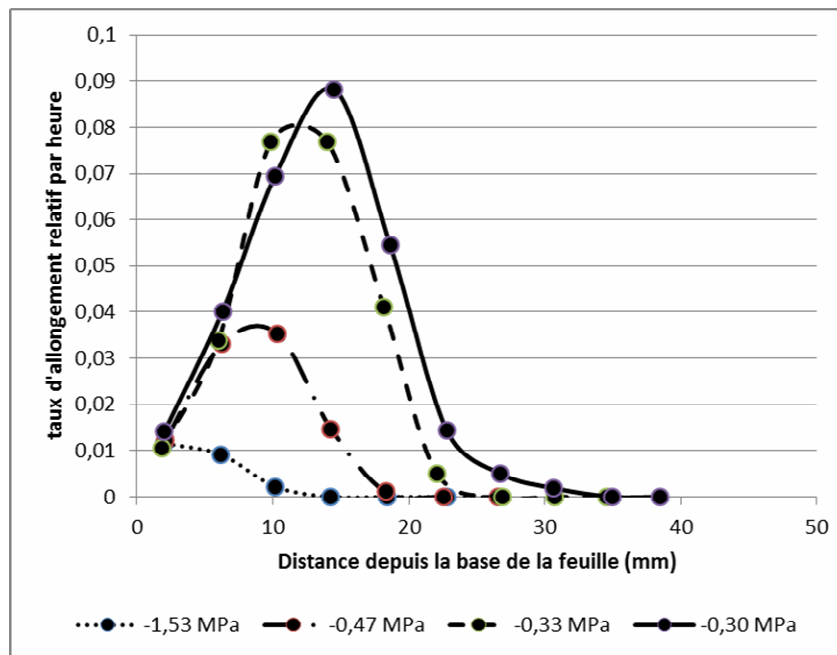


Figure 13. Variations du taux de croissance relatif (REGR) des tissus le long de la feuille en croissance d'une feuille de fétuque élevée privée d'irrigation et subissant un déficit hydrique croissant (de -0.3 au jour 1 à -1.53 MPa au jour 5). D'après Durand et al. (1995).

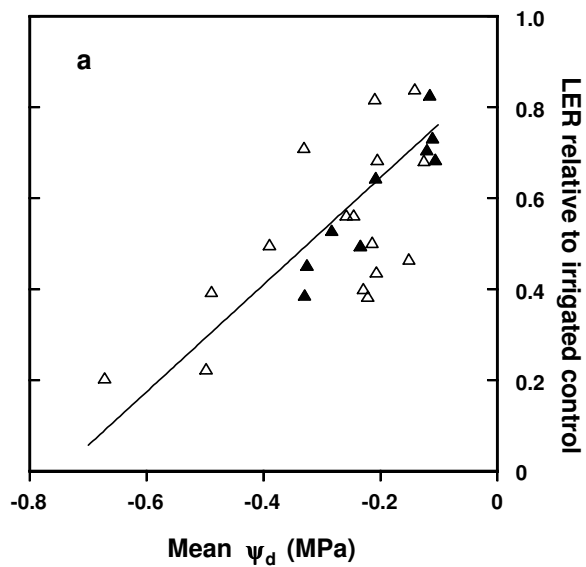
# Variations génétiques de l'effet de la contrainte hydrique sur la productivité



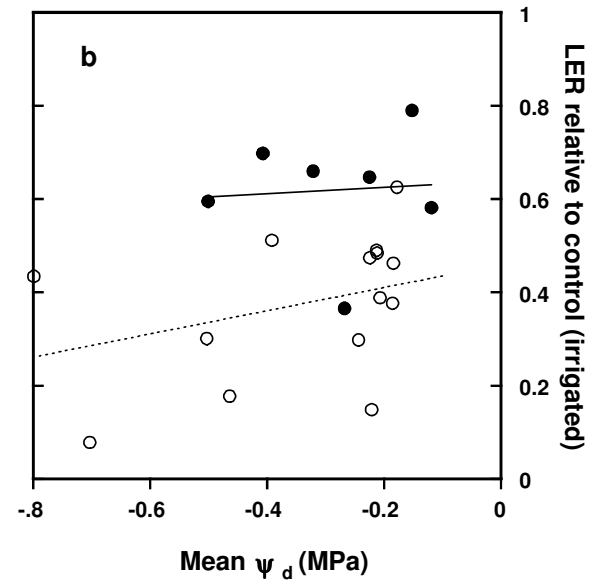
Simuler la genèse de  
l'architecture  
hydraulique et la  
croissance d'une talle.

La variabilité génétique de la morphologie peut elle rendre  
compte de la variabilité de la réponse au déficit hydrique ?

- *Festuca arundinacea*

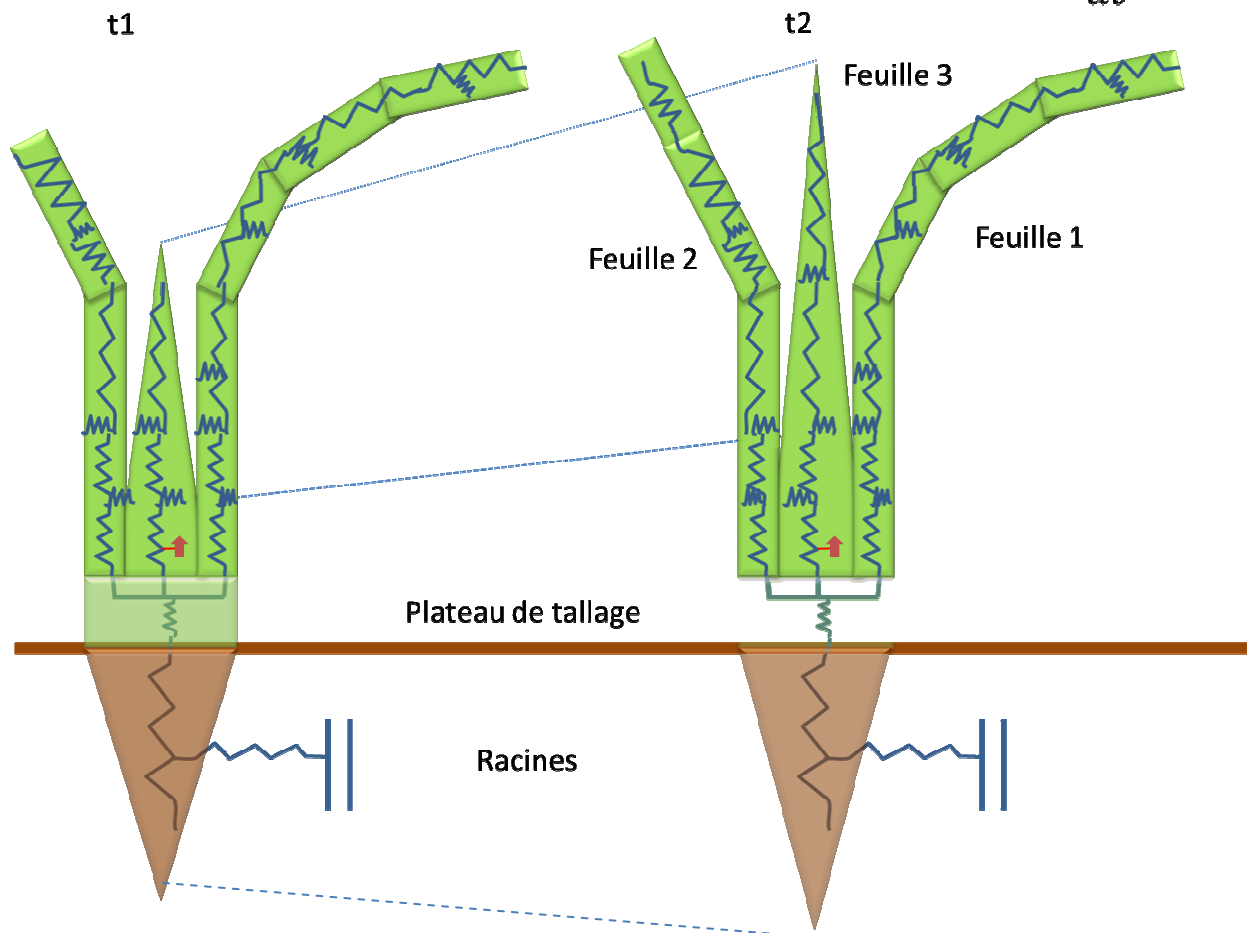


- *Lolium perenne*

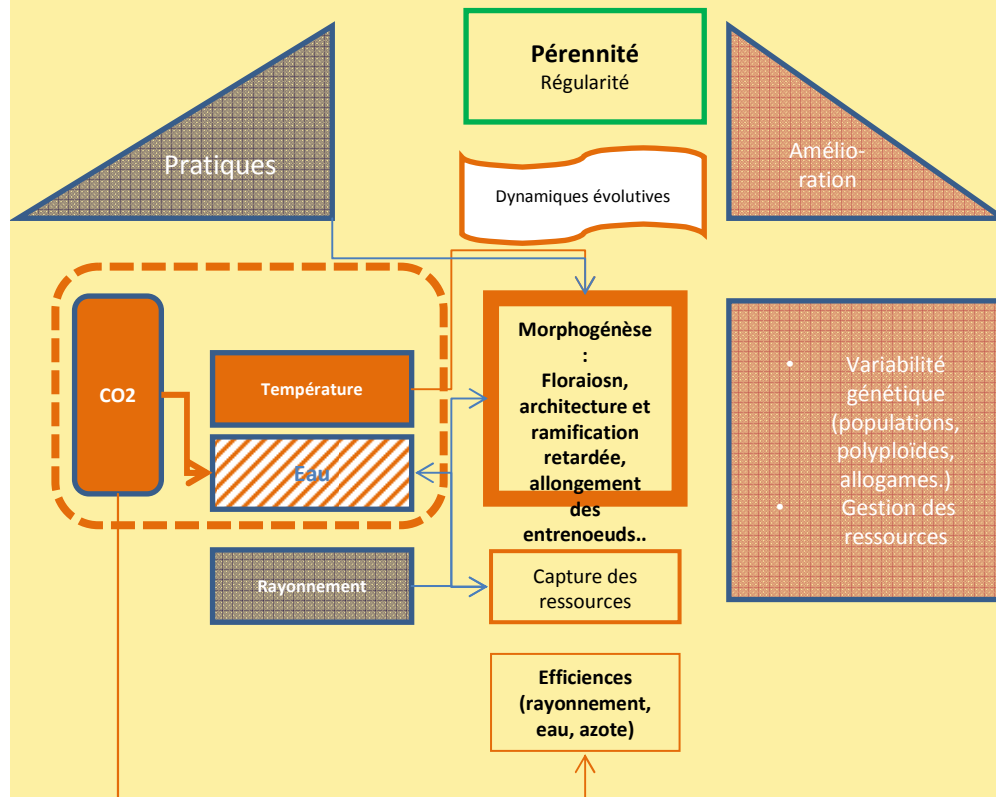


Simuler la genèse de l'architecture hydraulique et la croissance d'une talle.

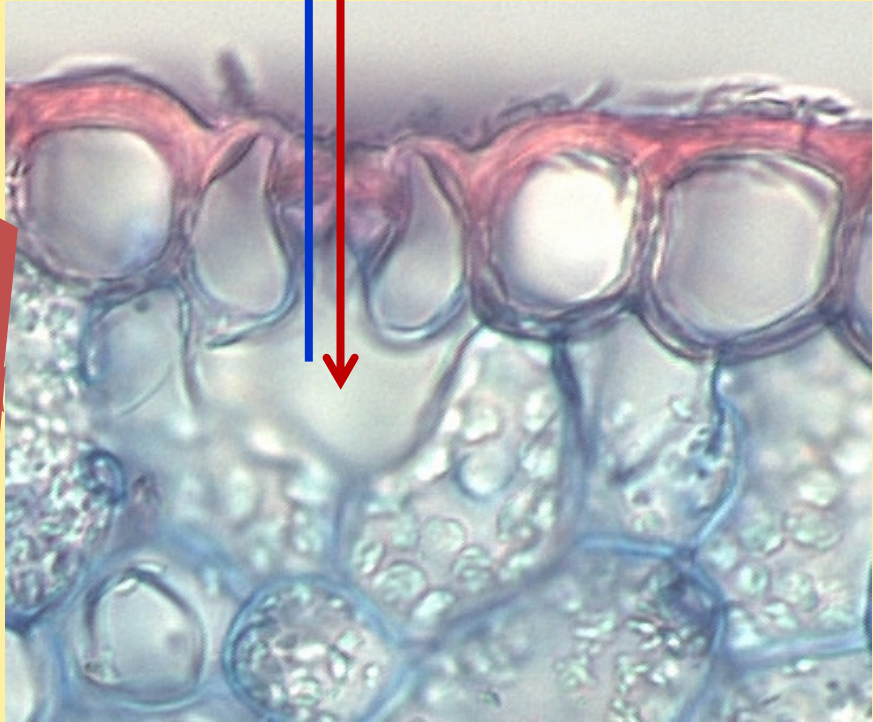
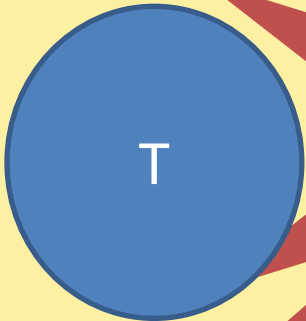
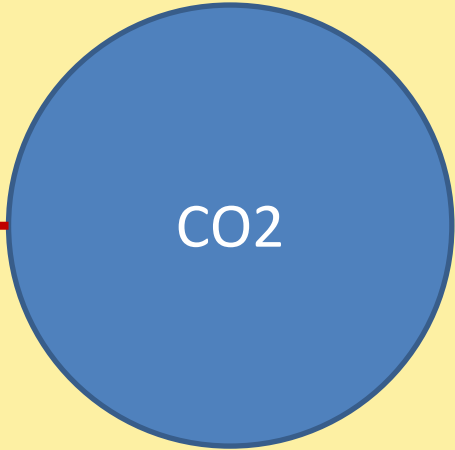
$$\begin{cases} \frac{dM}{dt} = k_M(\psi_{XM} - \psi_C)(1 - at)M \\ \frac{dZC}{dt} = atk_M(\psi_{XM} - \psi_C)M + k_{ZC}(\psi_{XZC} - \psi_C)ZC \\ \frac{dZM}{dt} = k_{ZC}bt(\psi_{XZC} - \psi_C)ZC \end{cases}$$



● Questions scientifiques principales ayant justifié le recrutement de CR à P3F sur la réponse intégrée au stress climatiques.

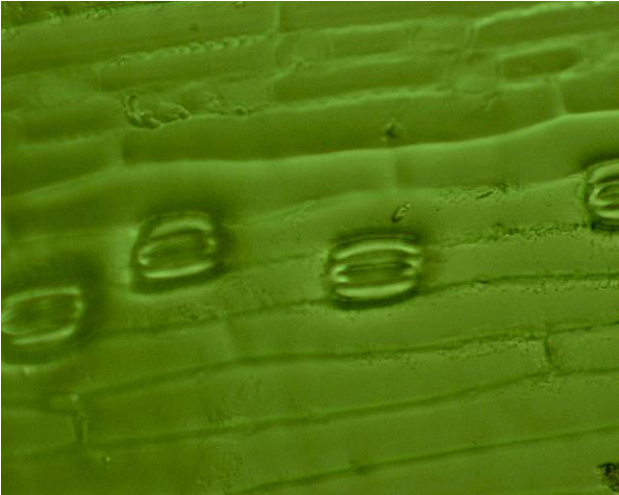


- **Réponses de la phénologie ?**
- **Réponses de la morphogénèse** (eg: ramification différée, allongement d'entre-noeuds...) et interactions de T et eau sous divers niveaux de CO2 ?
- **Variabilité génétique** de ces réponses et des efficacités ?
- Intégration dans un système **de prairie virtuelle** (*virtual grassland*, *SisFRT...*)
- **Qu'hérite une population** de génération n du fonctionnement de la génération précédente n-1 ?

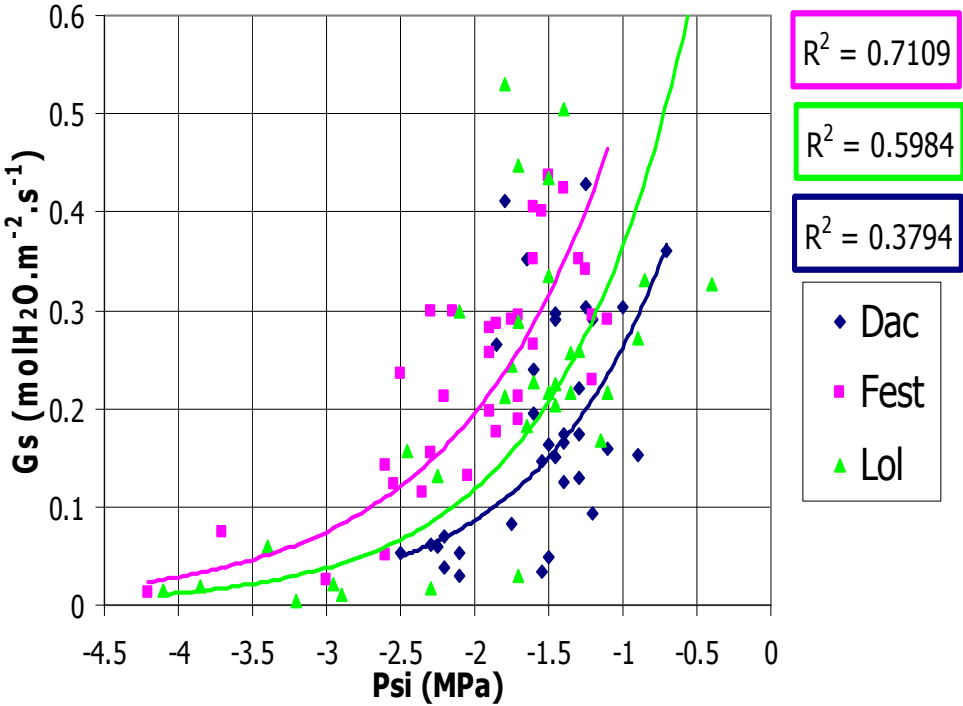


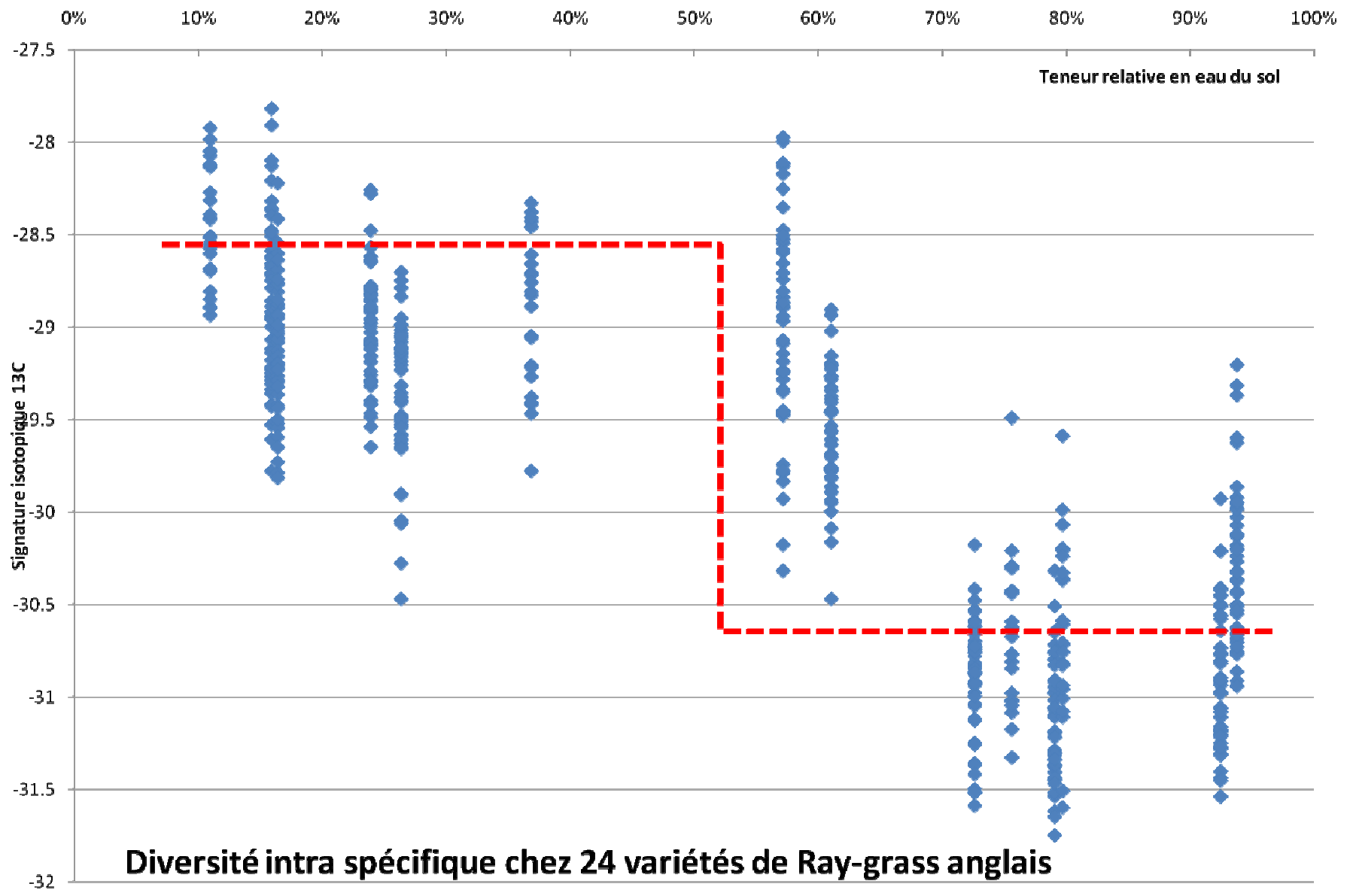


Diversité interspécifique



**Fig 3: Conductance stomatique en fonction du potentiel hydrique**





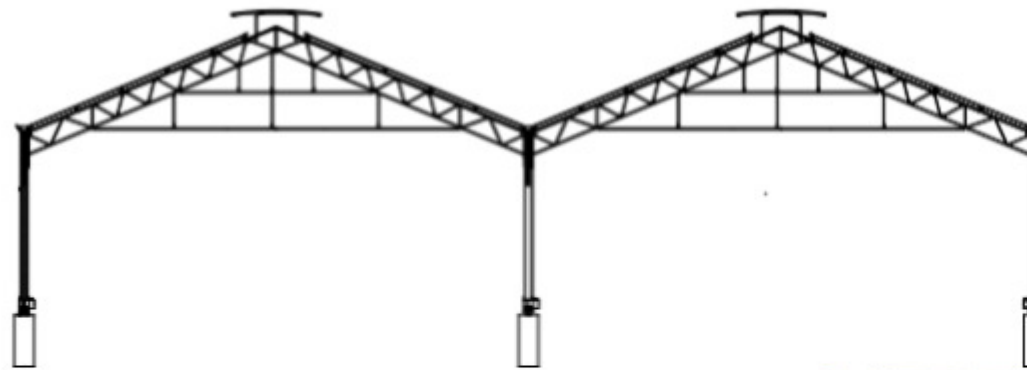
Effilolium...

# De Validate...



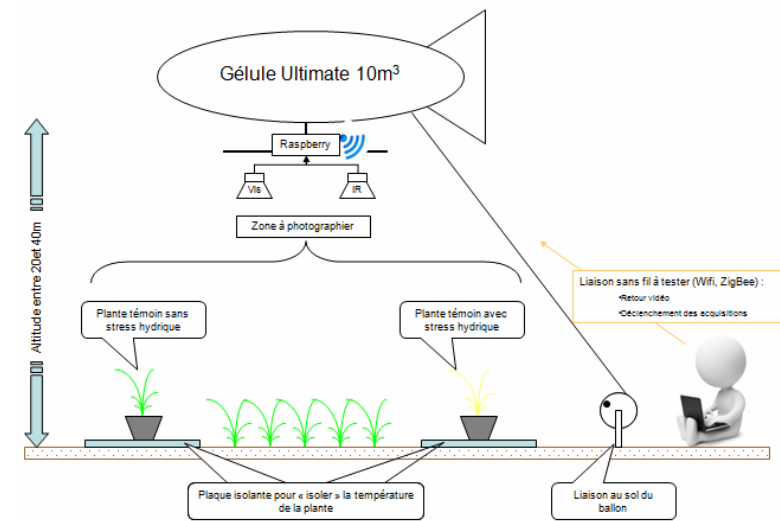
# À ...Siclex

## 5.1 STRUCTURE



- ◆ **Poteaux**  
Profil IPE galvanisé à chaud  
A chaque poteau, il est prévu un système anti soulèvement pour éviter le déboitement des roues sur le rail.
- ◆ **Fermes**  
Profil Treillis avec entrain en U, galvanisé à chaud
- ◆ **Pannes et lisses**  
Profilé acier galvanisé





Interaction entre la diversité entre plantes et la diversité entre espèces sur les réponses du peuplement à la contrainte hydrique



# MERCI

M Gillet, C Varlet Grancher, G Lemaire, F Gastal

H Gautier, B Moulia,, D Combes, Florence Tabourel , L Combe, A Escobar Gutiérrez, E Frak, G Louarn, A Chabbi  
A Eprinchard, JP Terrasson, C De Berranger, M Poupard, L Cousson, Gilles Millet, P Pousot, C Cantot, I Boissou,  
S Carré, C Perrot, E Roy, E Rivault, A Philipponneau

B Onillon, P Martre, V Gonzalez Dugo

R Schäufele, C Fournier, M Ruiz Ramos, R Barillot, T Kunrath, P Errecart, L Strullu

URP3F

A Mazzanti, M Agnusdei, M Colabelli

J Sheehy, H Schnyder

T Bariac

N Brisson, P Cruiziat, M Vauclin, JP Laurent, Michel Lafarge, H Cochard, L Hazard, F Volaire, C Picon Cochard

