

# Peuplement et ressources

- Nutrition carbonée d'un peuplement végétal
- Alimentation hydrique d'un peuplement
- Peuplement végétal cultivé et nutrition minérale
- Le partage des ressources au sein d'un peuplement

# Peuplement et ressources

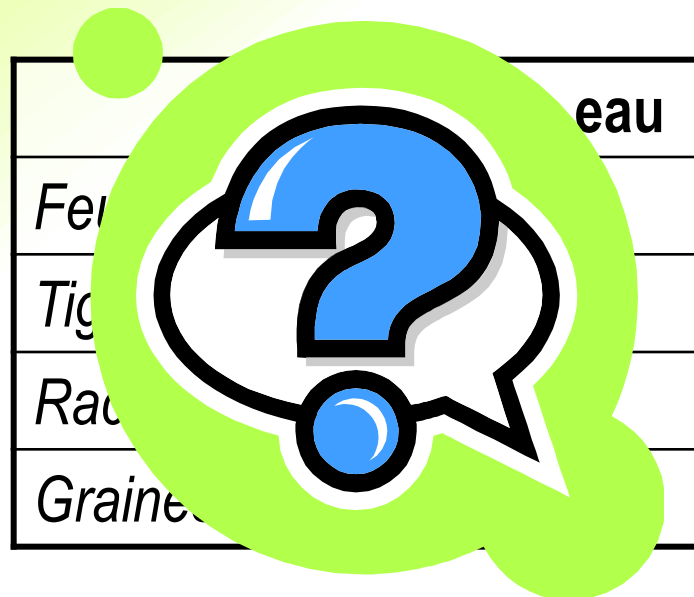
- Nutrition carbonée d'un peuplement végétal
- Alimentation hydrique d'un peuplement
  - L'eau dans le complexe sol-plante-atmosphère
  - Les régulations des transferts d'eau
  - Évaluer la contrainte hydrique d'un peuplement
  - Gérer la contrainte hydrique de la culture
- Peuplement végétal cultivé et nutrition minérale
- Le partage des ressources au sein d'un peuplement

A close-up photograph of a single, clear water droplet hanging from the edge of a light green leaf. The background is a soft, out-of-focus green, suggesting a natural, outdoor setting. The lighting is bright, highlighting the droplet's surface and the texture of the leaf.

# L'eau dans le continuum sol-plante-atmosphère

# Alimentation hydrique

## Principales fonctions de l'eau ?





## Qualifier l'état hydrique d'un végétal

- Potentiel hydrique ( $\Psi$ ) : énergie nécessaire pour libérer l'eau (état « énergétique » de l'eau)
  - Permet de déterminer le sens des flux d'eau dans le Continuum S-P-A. Les flux sont orientés vers les potentiels les plus négatifs.
  - Varie de 0 (eau libre) à -100MPa (air très sec)
  - On a la même unité pour évaluer l'eau dans toutes les composantes du continuum.



## Etat de l'eau dans le continuum S-P-A

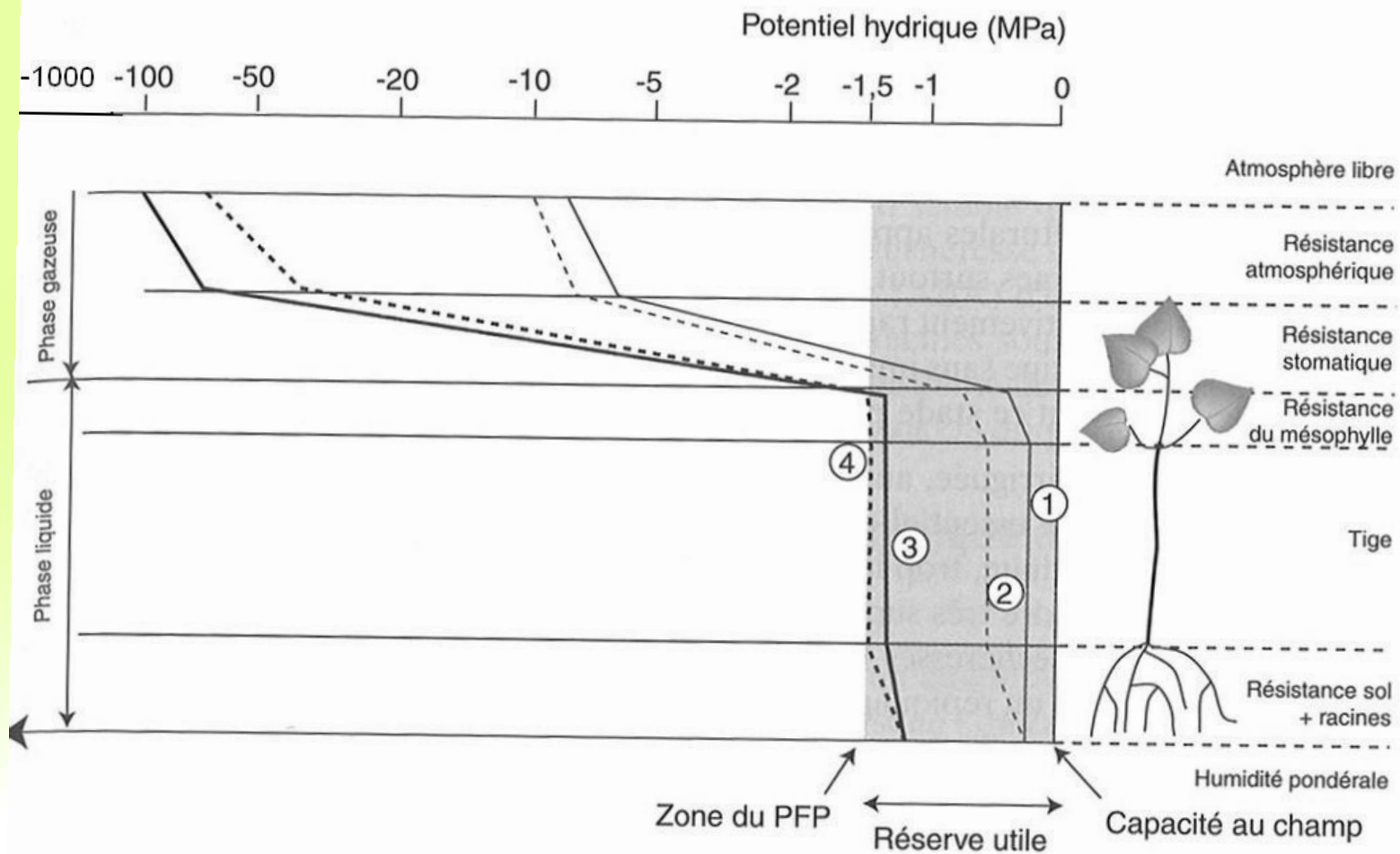
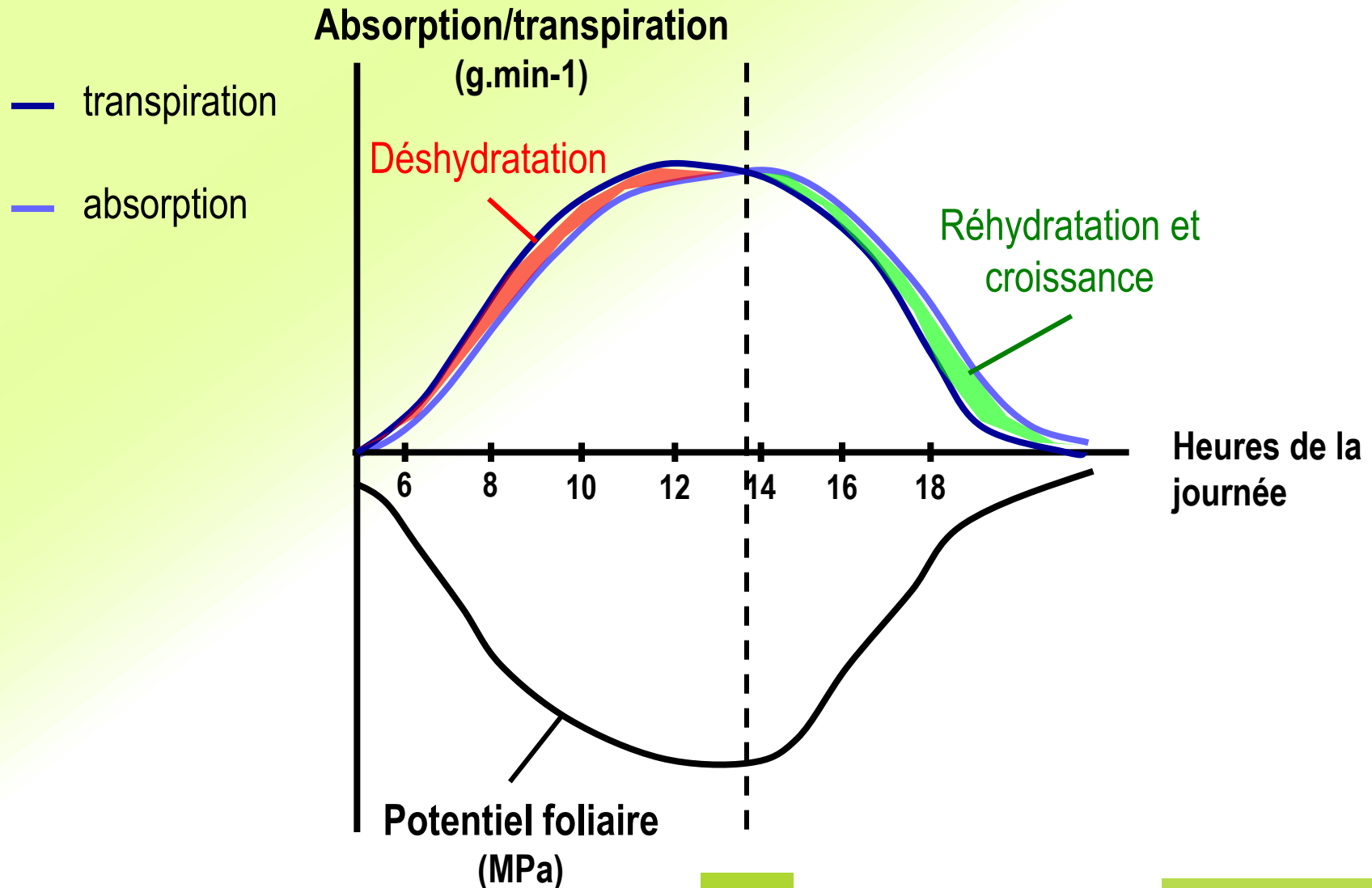


Schéma des phénomènes hydriques dans le CSPA. Sol humide, évaporation faible (1), évaporation forte (2). Sol sec, évaporation faible (3), évaporation forte (4) (d'après Guyot, 1997).

# Alimentation hydrique

## Variation de volume au cours de la journée



## Cas d'un couvert :

- Racines puisent de l'eau → vers feuilles : contact avec atmosphère et vaporisation via les stomates
- Régulation de l'eau par ouverture et fermeture des stomates :
  - Ouverture : plante comme une nappe d'eau
  - Fermeture : 0 transpiration

**DONC** : relation eau-sol-atmosphère est gouvernée par des considérations énergétiques



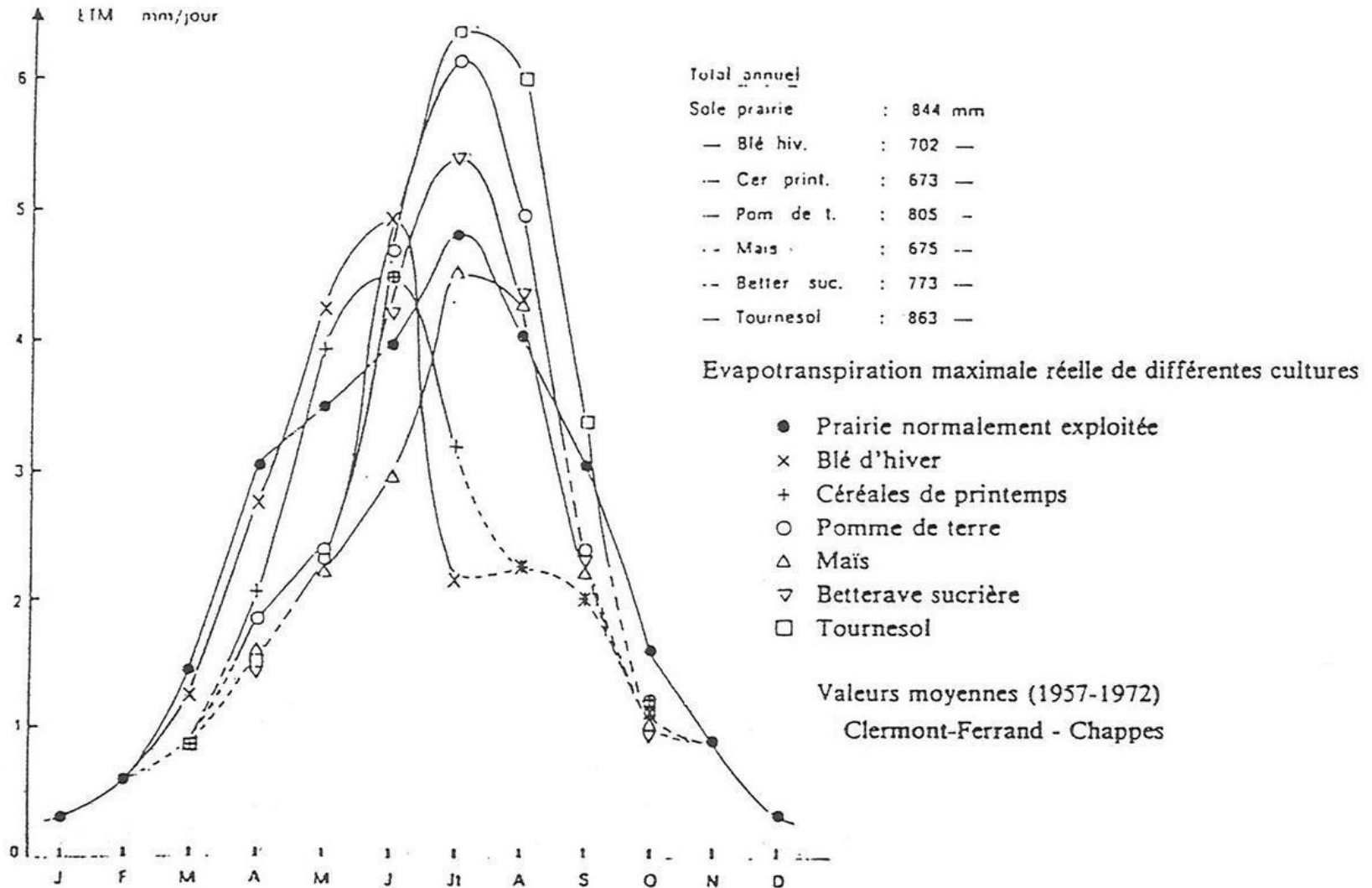


## Notions clés

- **ETR** EvapoTranspiration Réelle
  - Dépend de culture considérée, stade phénologique, capacité du sol à fournir l'eau nécessaire, conditions météorologiques
- **ETM** EvapoTranspiration Maximum (eau non limitante)
  - Dépend culture considérée, stade phénologique, conditions météorologiques
  - **Niveau de satisfaction des besoins en eau =  $ETR/ETM$**
- **Q max** Débit maximum (dépend capacité racinaire)
- **ETP** EvapoTranspiration Potentielle (formule de Penman)
  - ETM max de référence (ETM max d'un couvert modèle)
  - Dépend de conditions météorologiques (rayonnement, vitesse du vent, humidité de l'air et température de l'air)
  - = **demande** climatique

# Alimentation hydrique

## Importance du positionnement du cycle



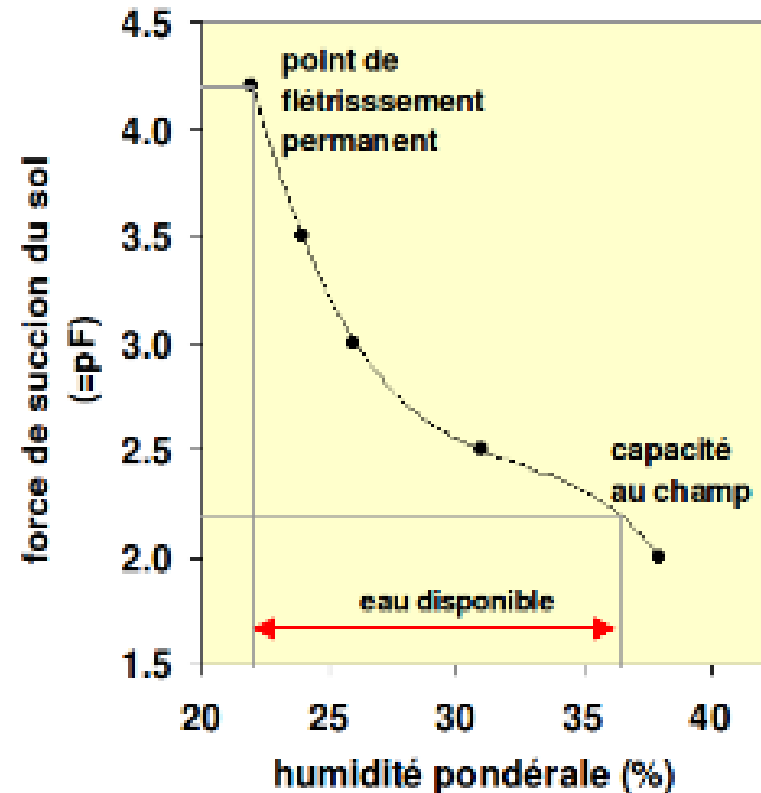
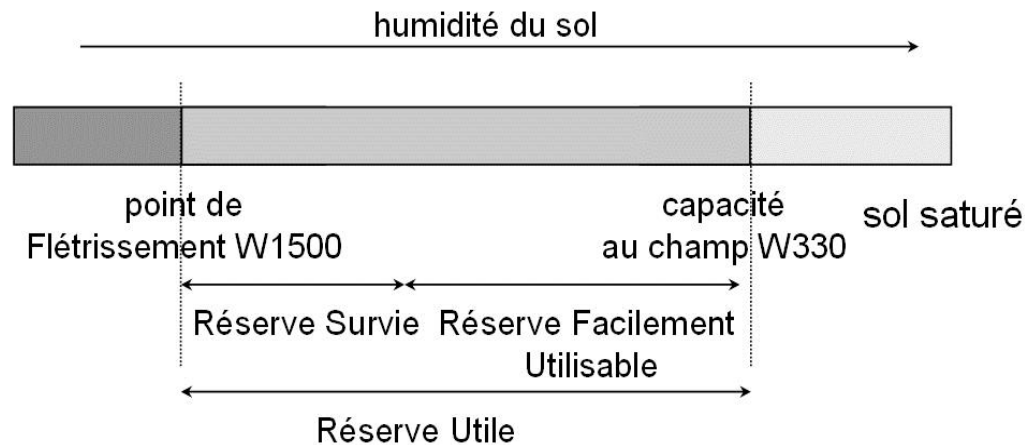
## L'offre du sol: notion de réserve utile

- **Réserve utile** : gamme d'humidité du sol utilisable par les plantes (exprimée en profil d'humidité ou de potentiels ou en stock)
  - Dépend des humidités caractéristiques du sol (saturation, capacité au champ, point de flétrissement permanent)
  - Dépend de : texture, porosité, propriétés hydrodynamiques du sol, profondeur d'enracinement
- **Capacité au champ**
- **Pfp**

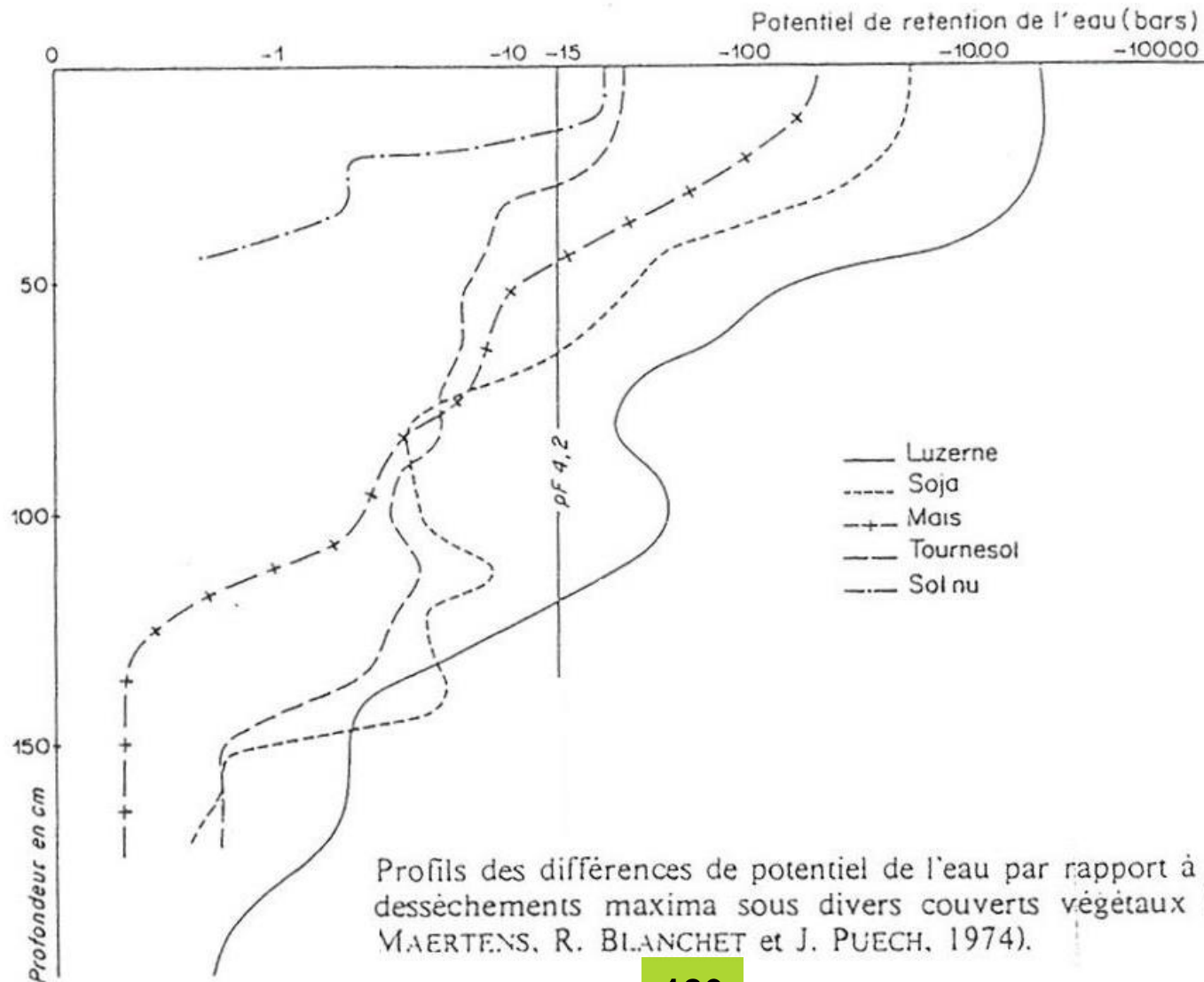


# Alimentation hydrique

## L'offre du sol: notion de réserve utile



## Capacité à exploiter le profil de sol



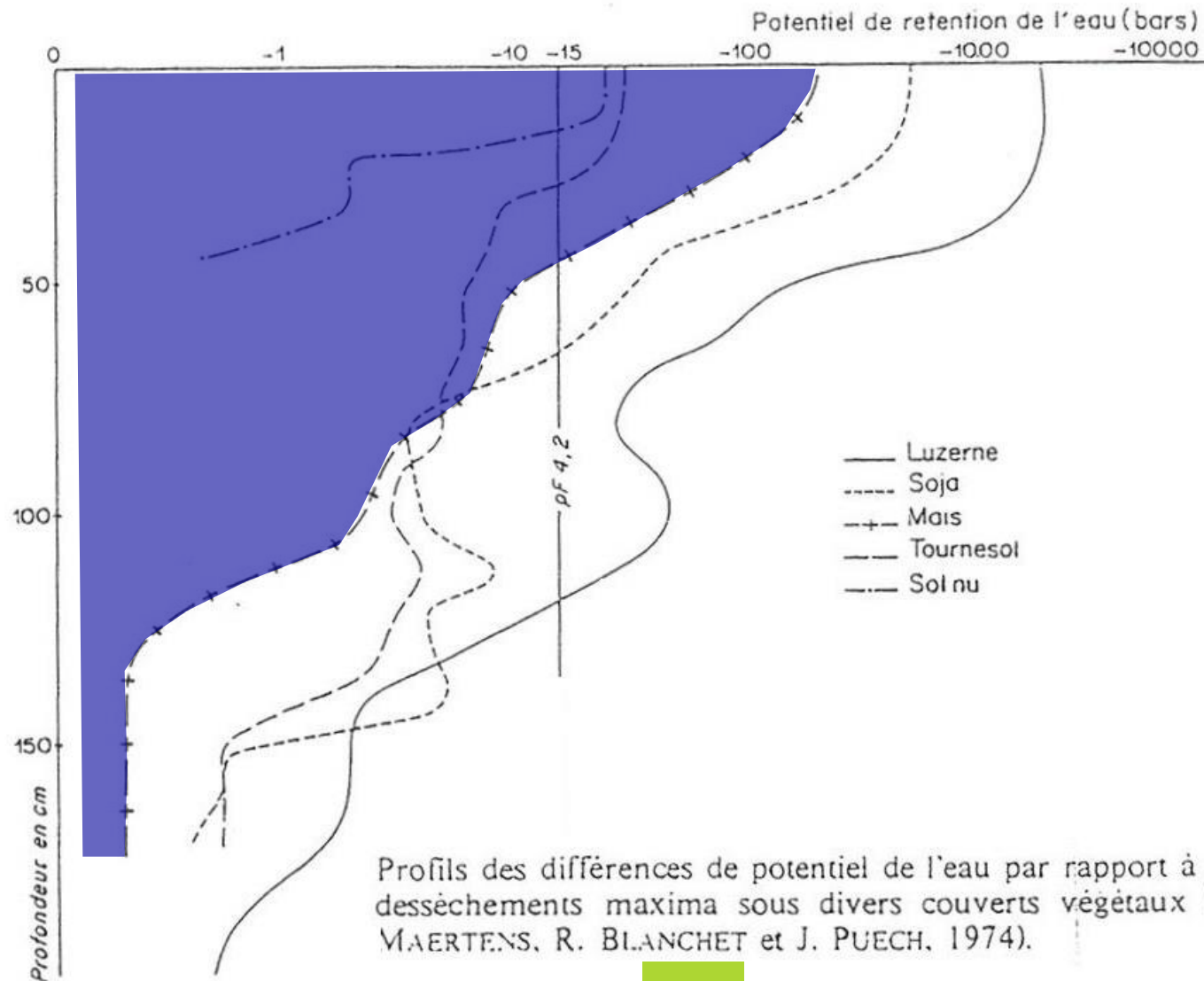
## Notion d'eau transpirable par la plante

- **TTSW** : Total Transpirable Soil Water
  - Elle dépend de : texture, porosité, propriétés hydrodynamiques du sol, profondeur d'enracinement
  - **Et des densités racinaires pour chaque horizon !**



# Alimentation hydrique

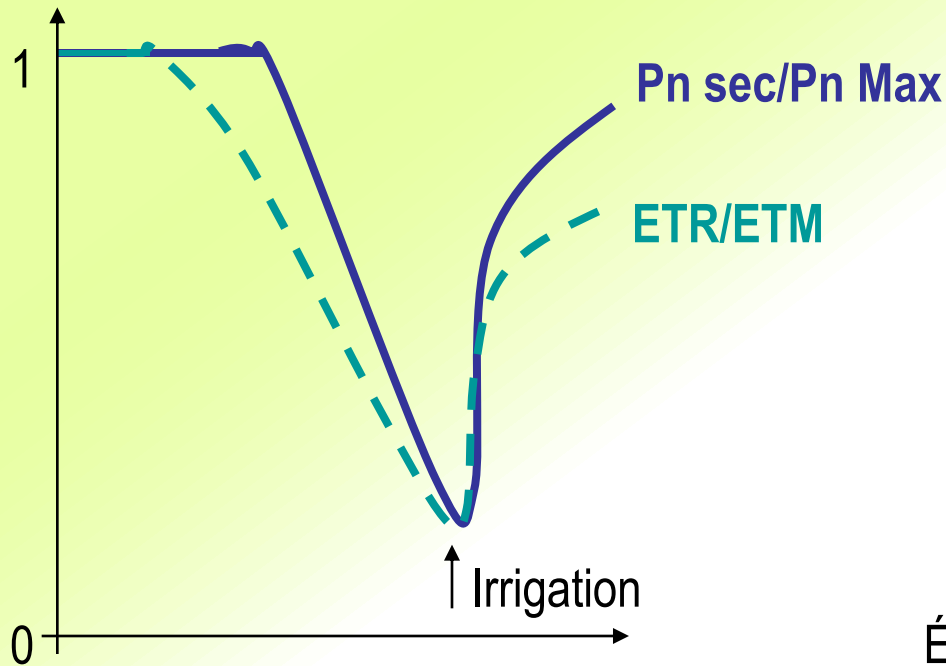
## Stock d'eau transpirable par la plante



# Les régulations des transferts d'eau

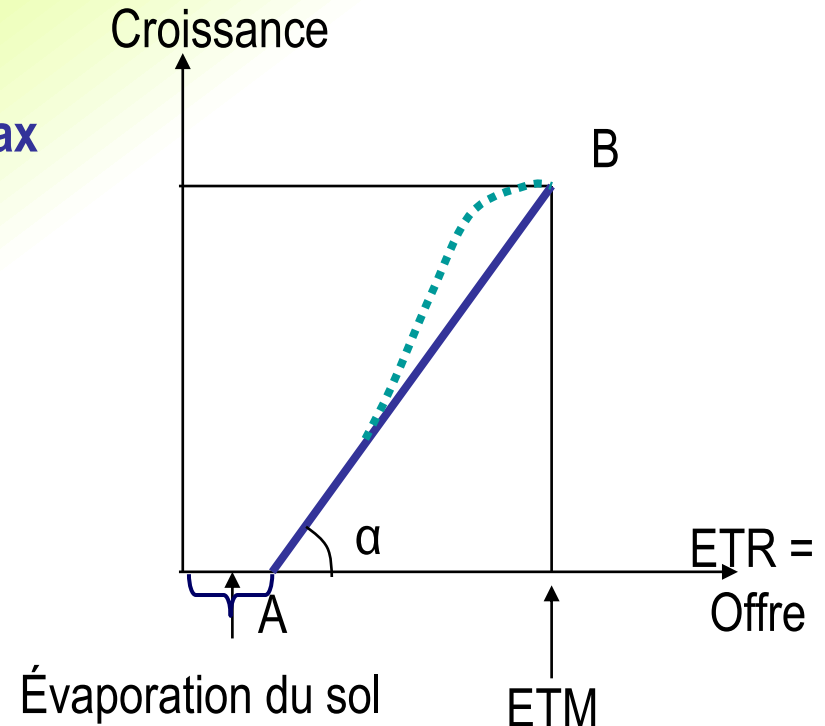


### Stress hydrique et croissance



Robelin 1979 Temps en jours

**Variation relative de la photosynthèse  
et de la transpiration**

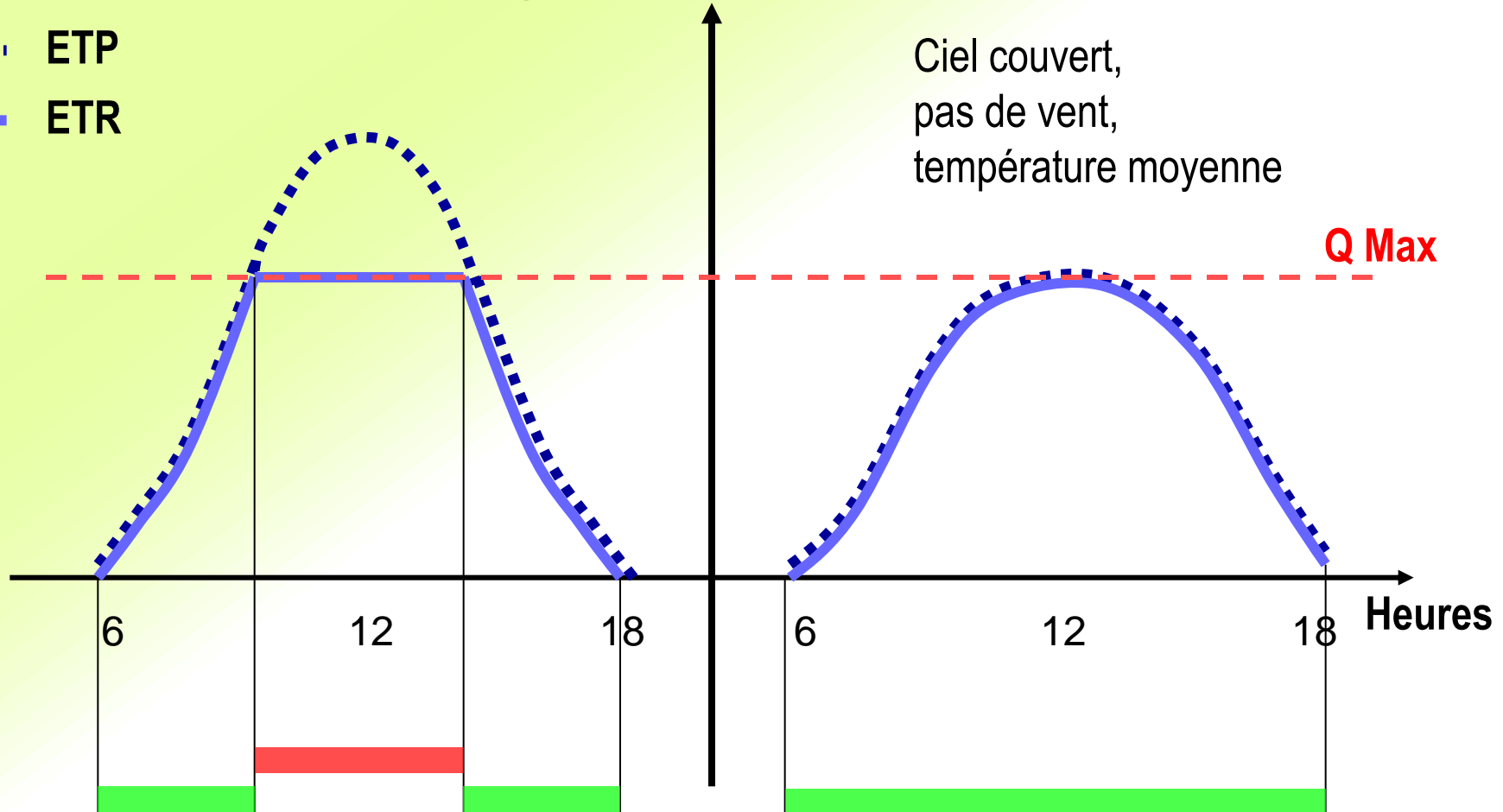


Gillet 1980

**Influence de l'offre  
sur la croissance**

### La demande climatique varie

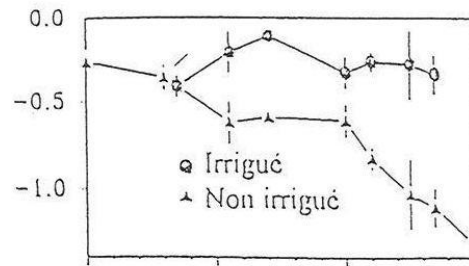
... ETP  
— ETR



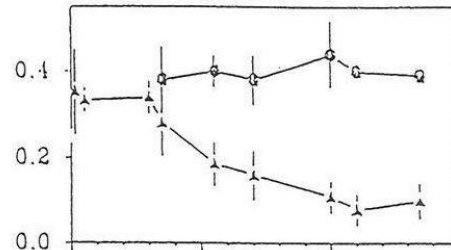
■ Fermeture des stomates  
■ Travail actif, stomates ouverts

### Régulation stomatique de transpiration

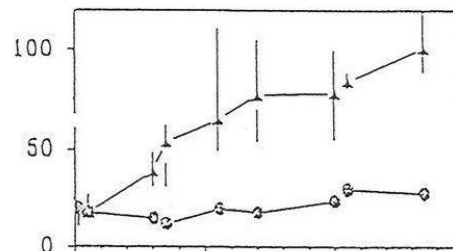
Potentiel hydrique  
du sol  
MPa



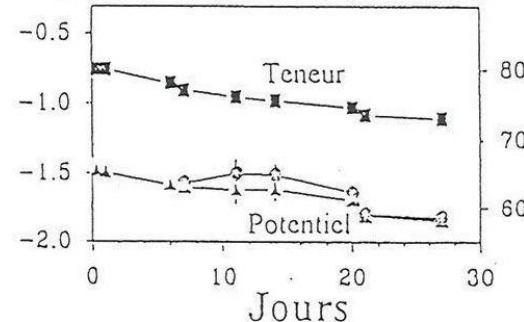
Conductance  
stomatique  
 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$



Concentration en  
ABA du xylème  
 $\text{mol m}^{-3}$



Potentiel hydrique  
foliaire et teneur en  
eau relative de la  
feuille MPa



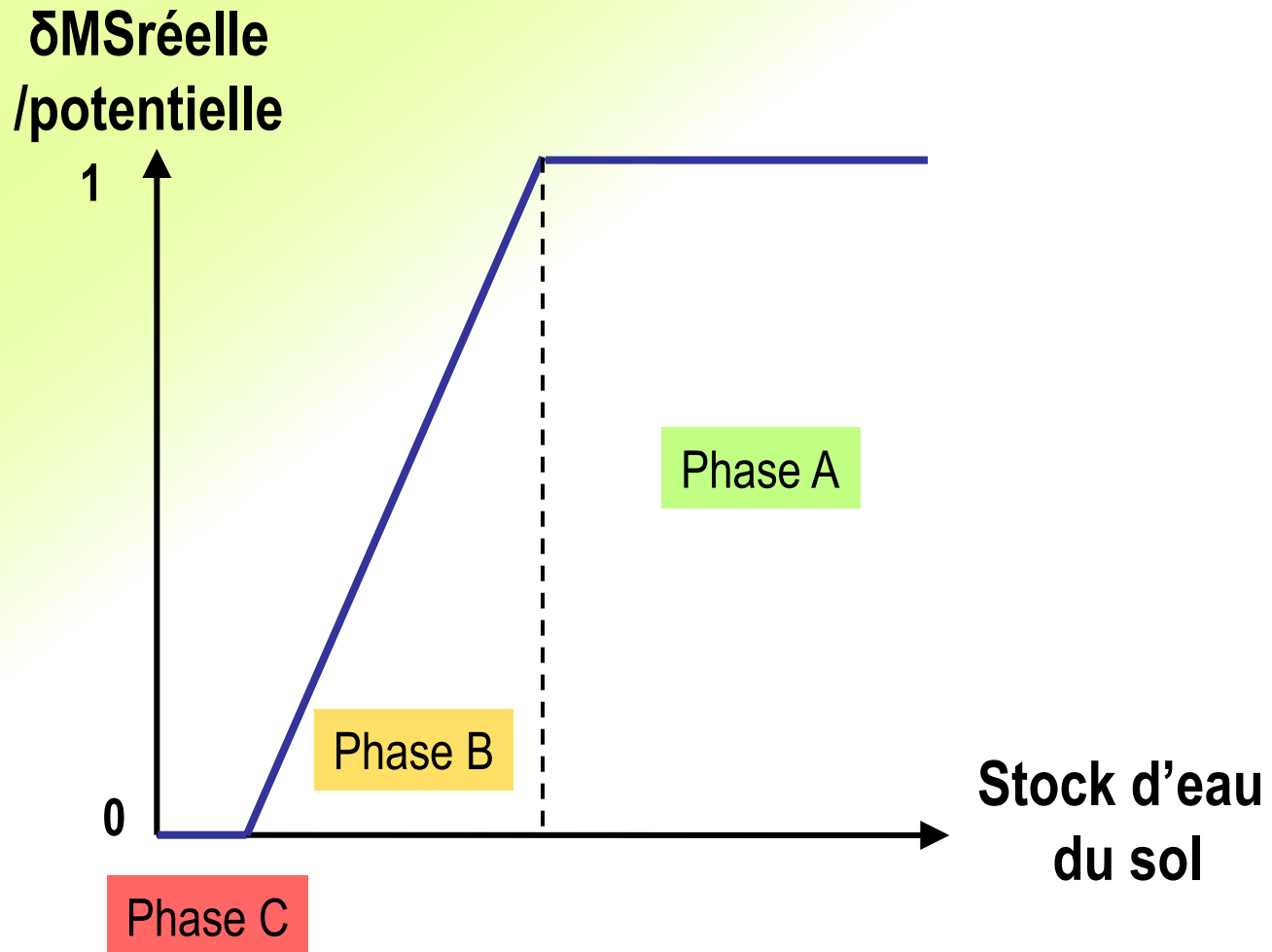
L'assèchement du sol induit une diminution du potentiel du sol

La régulation stomatique est rapidement mise en place

L'ABA est le premier signal de stress

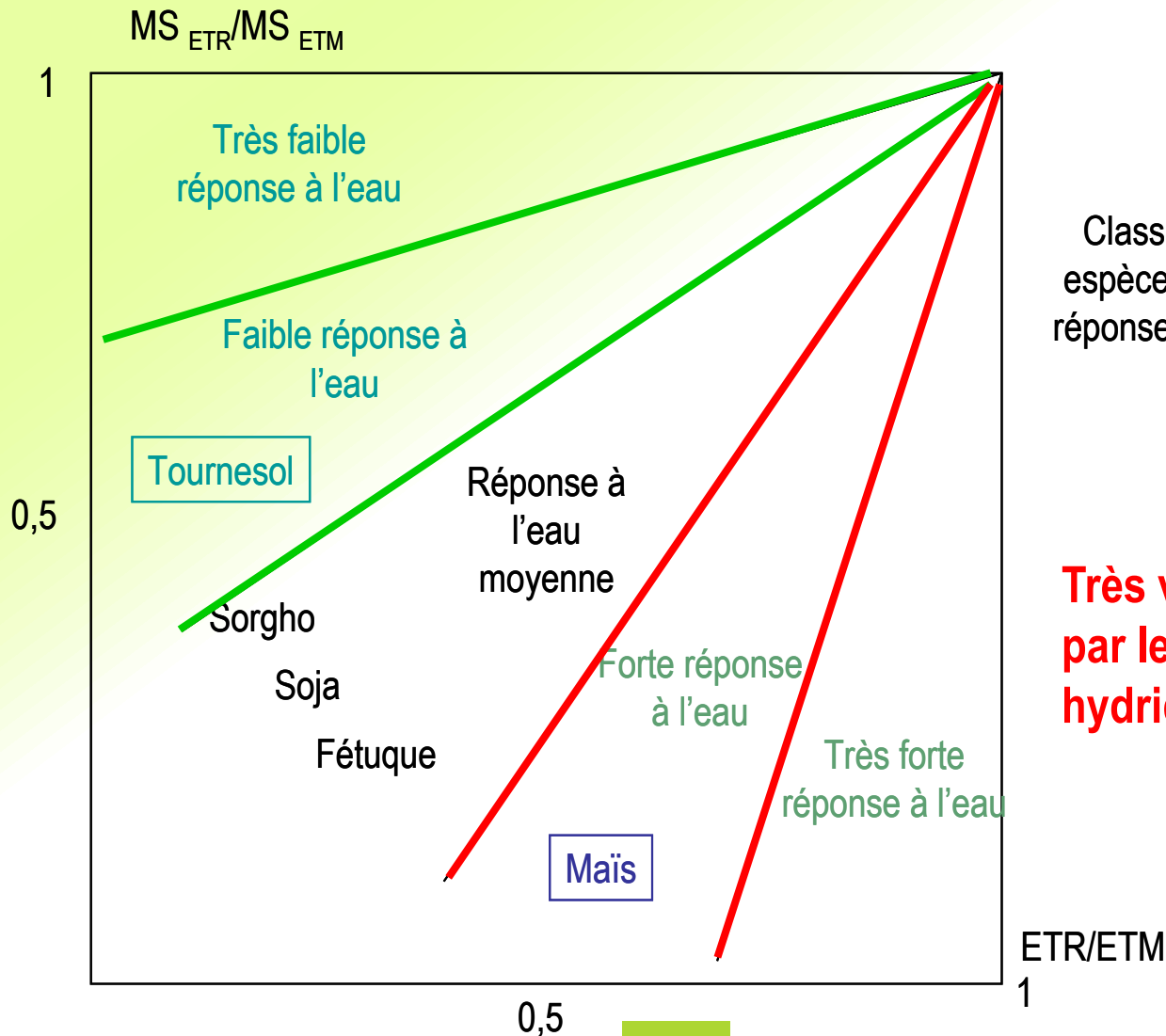
L'assèchement de la feuille est évité autant que possible

### Fonction de stress





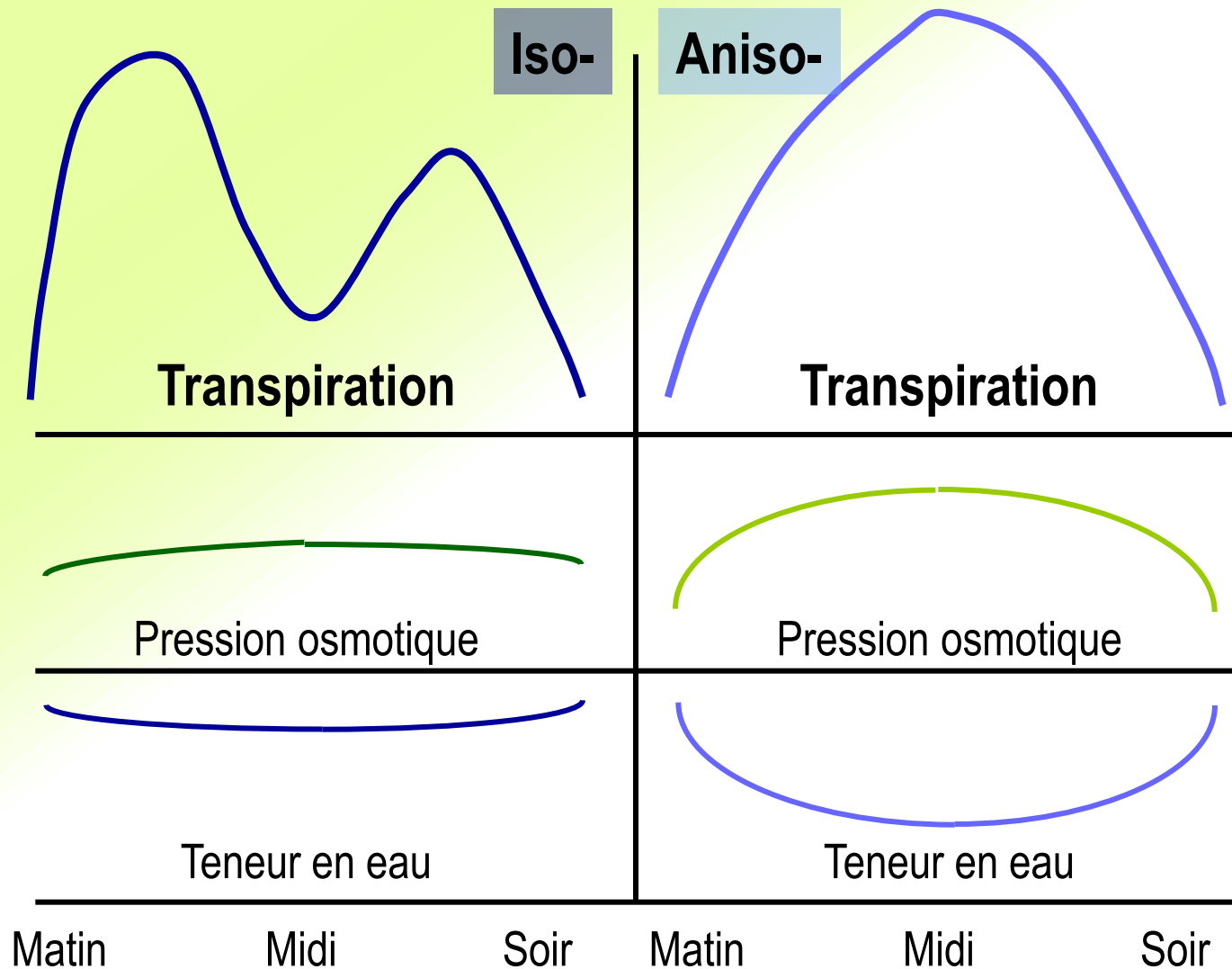
### Valorisation de l'eau



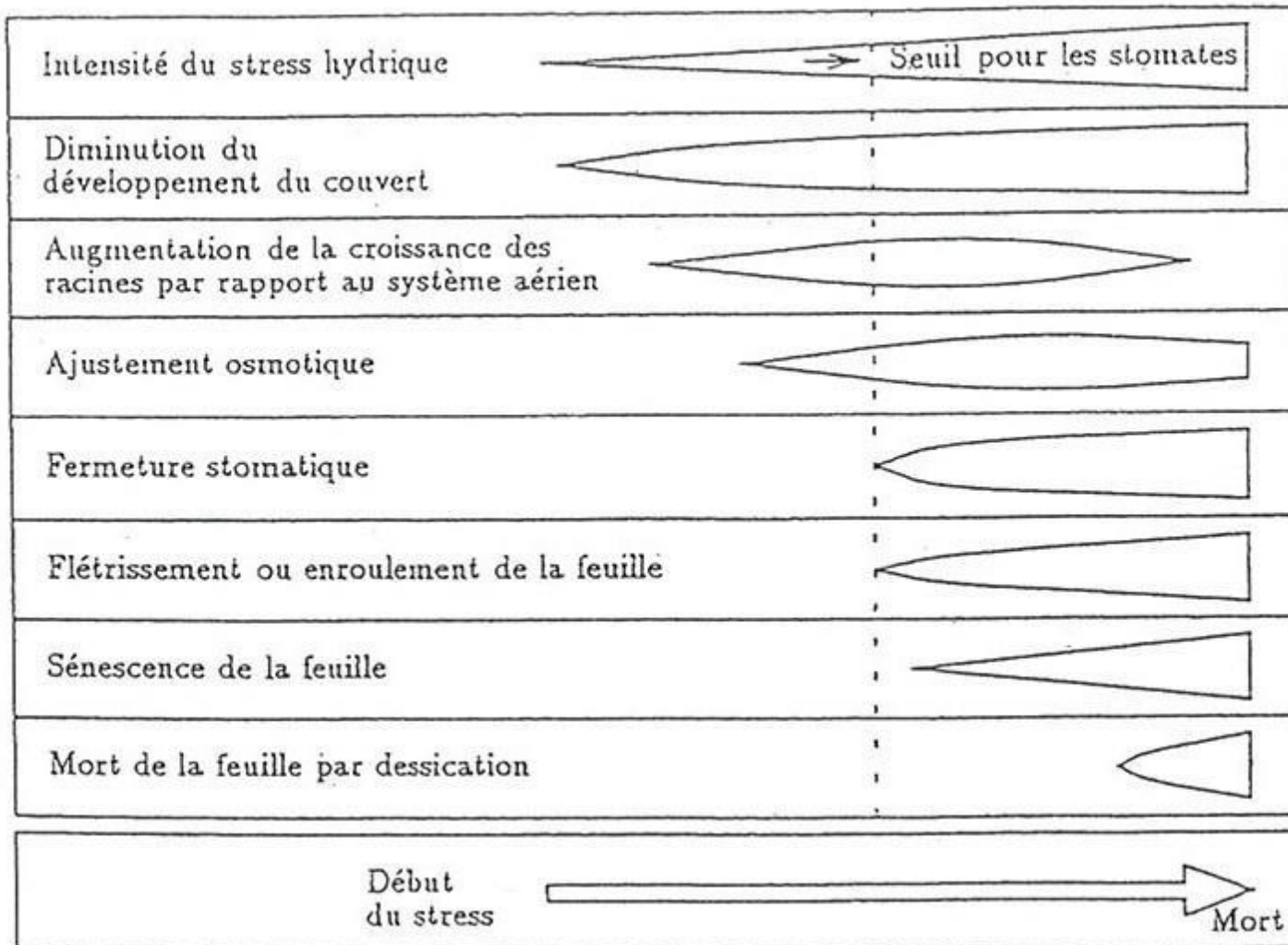
Classement des espèces selon leur réponse à l'irrigation

**Très vite affectées par le stress hydrique**

### Plantes iso et aniso-hydriques



### Les étapes de la régulation





The image shows a wide expanse of a golden wheat field. The foreground is filled with detailed stalks of wheat, showing their heads and stems. The field extends to a flat horizon line. Above the horizon, the sky is a clear blue, populated with soft, white cumulus clouds. A semi-transparent white banner is positioned horizontally across the middle of the image, containing the text.

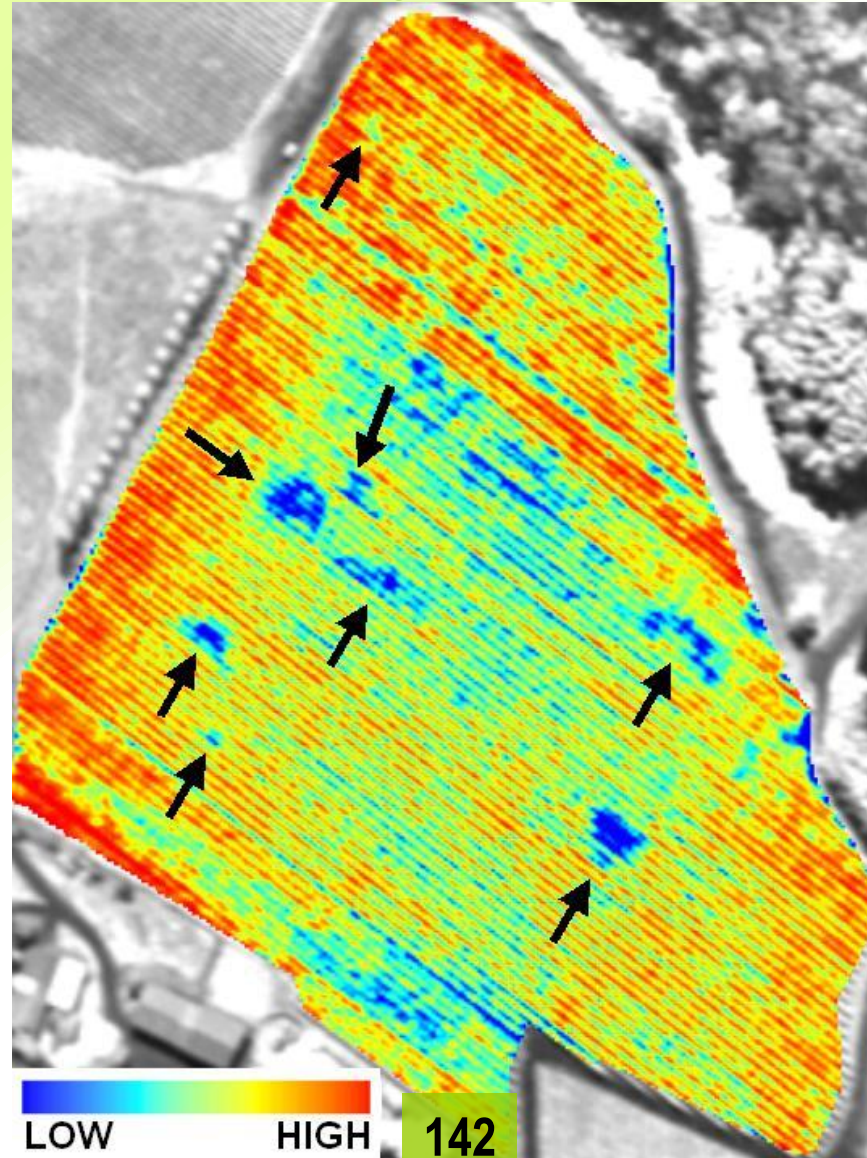
# Evaluer la contrainte hydrique



### Différents indicateurs

- Indicateurs directs d'état hydrique de la plante :
  - Teneur en eau des feuilles (peu pratique)
  - Potentiel hydrique foliaire (de base, de tige...)
- Indicateurs indirects d'état hydrique de la plante :
  - Conductance/résistance stomatique
  - Température foliaire (radiothermométrie)
  - Diamètre de tronc
  - Transpiration réelle (flux de sève, lysimètre...)
- Indicateurs des conditions d'alimentation de la plante
  - Bilan hydrique du sol
  - Potentiel hydrique du sol (tensiomètres)
  - ...


## Mesure des émissions IR par satellite





- Gestion de l'irrigation se fait souvent grâce à :
  - Un suivi tensiométrique (watermarks...)
  - Un bilan hydrique



The background image is a tropical scene. The top half shows a dense line of palm trees against a bright, slightly cloudy sky. The bottom half shows a body of water, likely a pond or a slow-moving river, which reflects the palm trees and the sky. The water is calm, with some small ripples and reflections of the surrounding greenery.

# Gérer la contrainte hydrique d'une culture



### Optimiser l'efficacité d'utilisation de l'eau

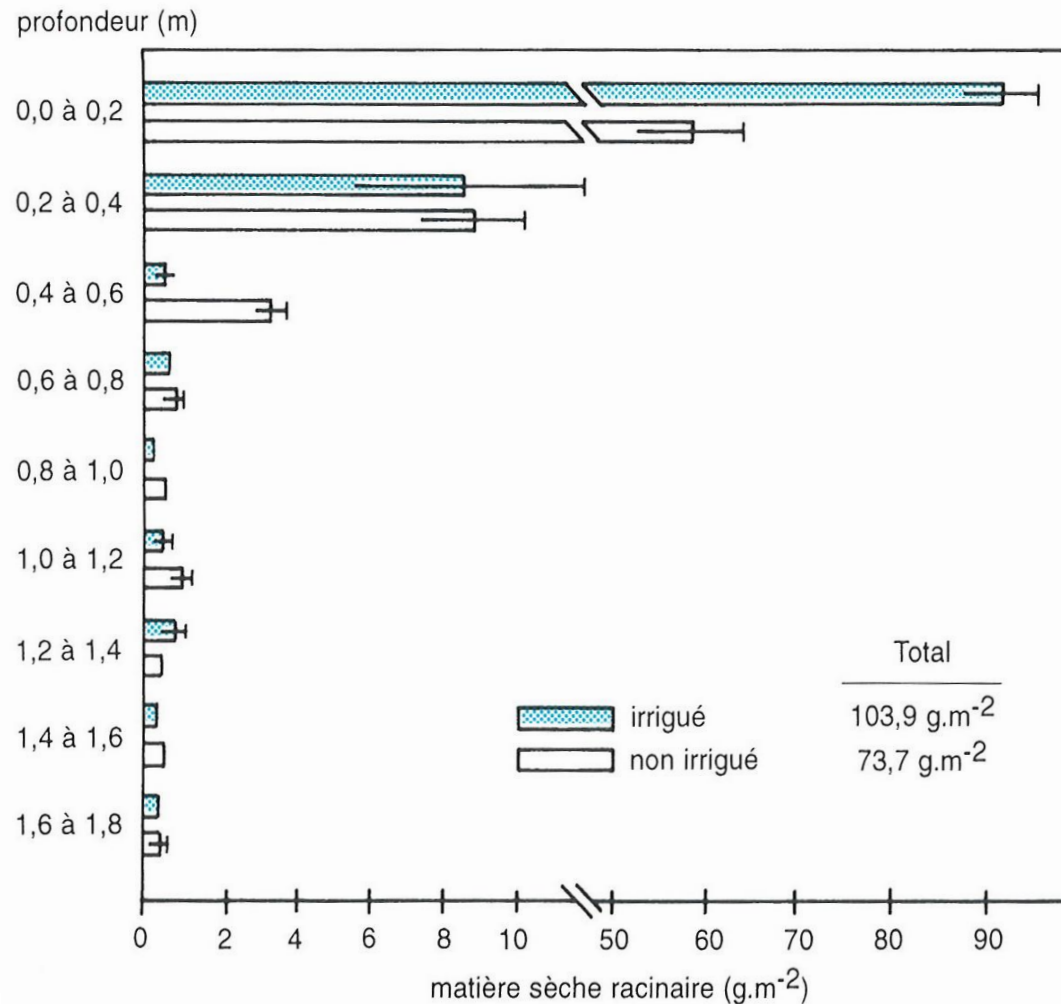
- Efficacité d'utilisation de l'eau (WUE) : masse d'eau consommée par les plantes (ETR) / matière sèche produite
  - Dépend (un peu) des caractéristiques de l'espèce (résistance aux transferts de CO<sub>2</sub>)
  - Dépend du stade de développement de la culture (évaporation)
  - Dépend surtout des conditions de milieu



### Optimiser le rapport entre offre et demande

- Augmenter l'offre ( $Q_{max}$ ) :
  - Améliorer l'enracinement (travail du sol, implantation, drainage)
  - Irriguer (attention à ne pas aller contre l'enracinement !)



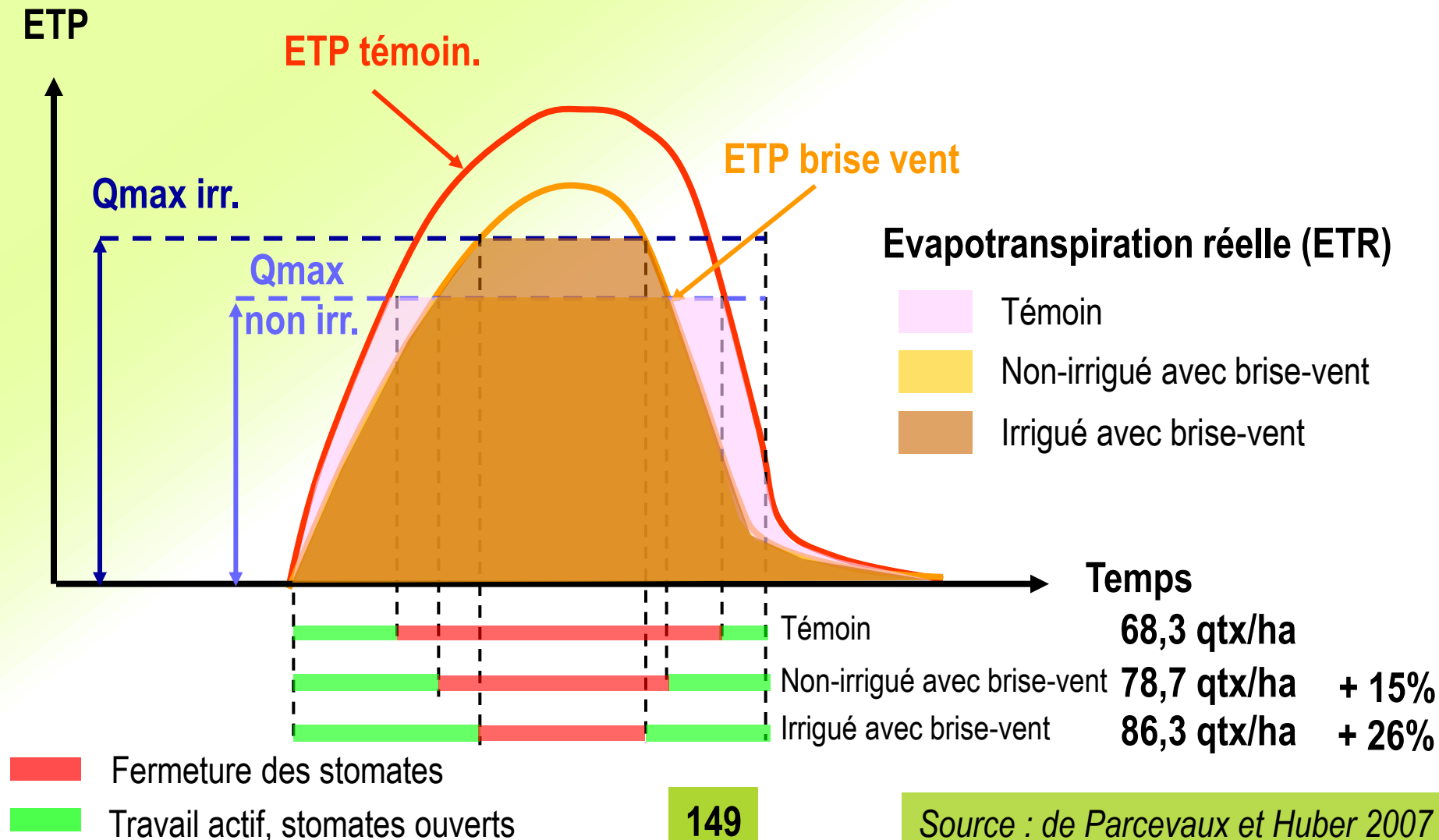


### Optimiser le rapport entre offre et demande

- Augmenter l'offre ( $Q_{max}$ ) :
  - Améliorer l'enracinement (travail du sol, implantation, drainage)
  - Irriguer (attention à ne pas aller contre l'enracinement !)
  - Limiter l'évaporation du sol (mulch, travail superficiel)
- Optimiser la demande :
  - Décaler le cycle de croissance
  - Réduire le rayonnement incident en milieu de journée
  - Réduire le vent (haies)
  - Diminuer la surface foliaire

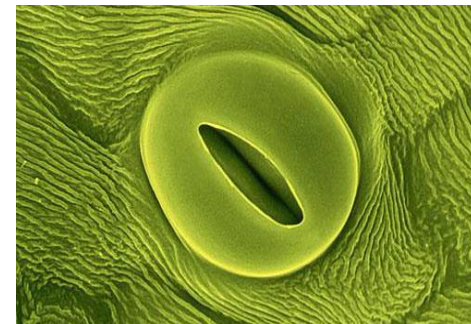


## Optimiser le rapport entre offre et demande



### Stratégies naturelles d'adaptation

- L'esquive :
  - Réalisation du cycle en dehors des périodes arides
  - Cycles plus courts
- L'évitement (de la déshydratation) :
  - Éviter les pertes d'eau (épines, sénescence et abscission précoce des feuilles, renforcement cuticule, métabolisme CAM...)
  - Augmenter l'absorption (croissance racinaire augmentée, ramification, amélioration de la conductance stomatique, évitement cavitation...)
- La tolérance (à la déshydratation) :
  - Ajustement osmotique
  - Dormance...



## Optimiser le rapport entre offre et demande

- Améliorer la résistance à la sécheresse :
  - Choix des cultures
  - Sélection variétale
  - OGM?

