

# MEHmed

## MEDITERRANEAN ENVIRONMENTAL CHANGE MANAGEMENT

### MASTER STUDY 6: ECOSYSTEM BUILDING

Coordinator



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

info@mastermehmed.com  
www.mastermehmed.com

PROJECT NUMBER: 598826-EPP-1-2018-1-ES-EPPKA2-CBHE-JP

Partners

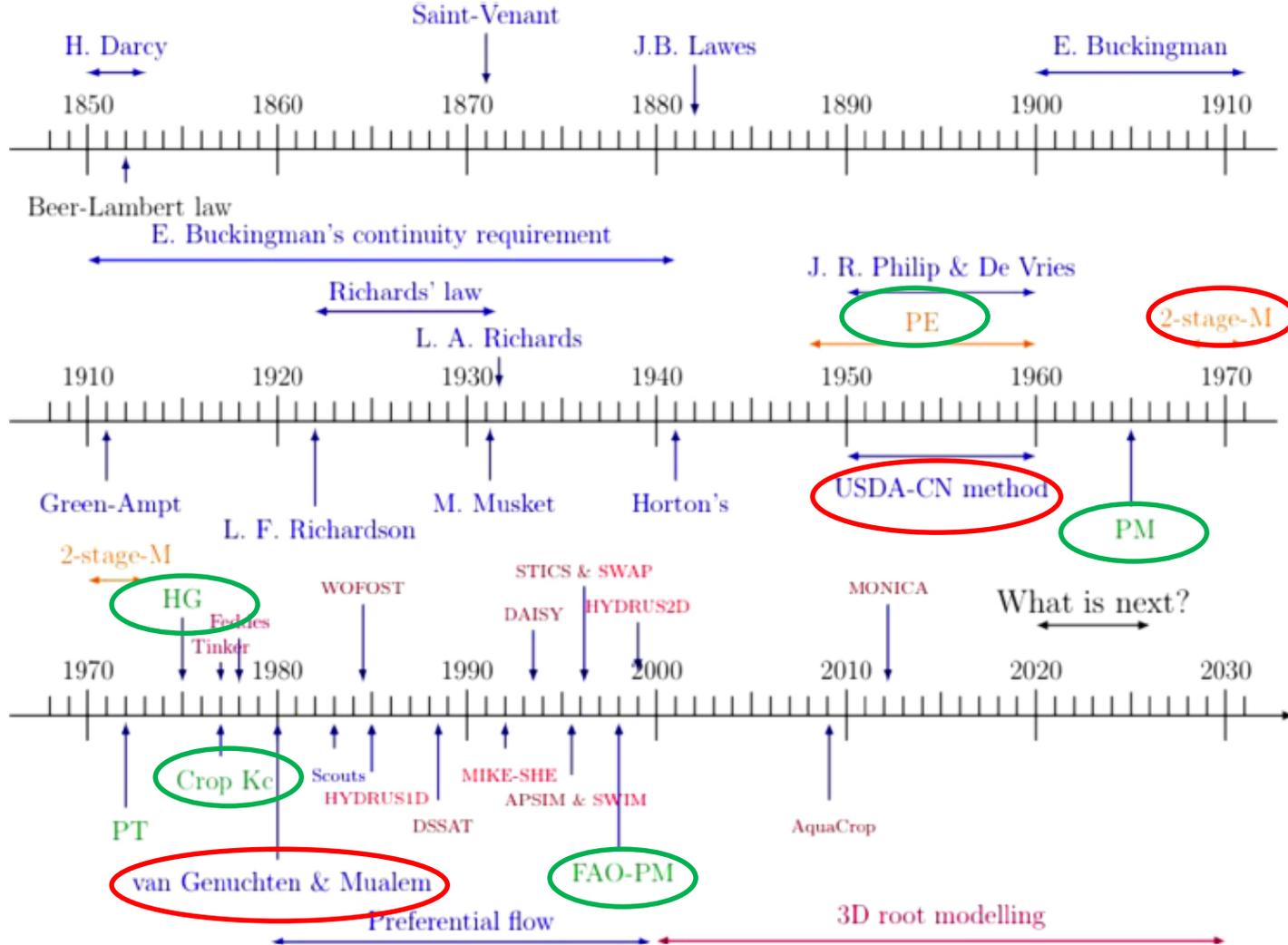




# Méthodes d'estimation de l'évapotranspiration

Asma Lasram

ISA CM



Terero et al., 2020

Infiltration      Evaporation      Transpiration      Absorption racinaire  
 Model de culture    Modèle hydrologique  
 PE:Penmann/PT:Presley Taylor/Hg:Hargreaves/PM:Penmann-Montheith

# Méthodes d'estimation de l'évapotranspiration

- Par mesure

- Méthode de bilan hydrique (lysimètre)

- Méthodes micrométéorologiques

- Aérodynamique

- Bilan d'énergie

- Directe : Eddy covariance, rapport de Bowen

- Méthode physiologique végétale

- Flux de sève

- Chambre de culture

# Méthodes d'estimation de l'évapotranspiration

- Par mesure

- Méthode de bilan hydrique (lysimètre)

- Méthodes micrométéorologiques

- Aérodynamique

- Bilan d'énergie

- Directe : Eddy covariance, rapport de Bowen

- Méthode physiologique végétale

- Flux de sève

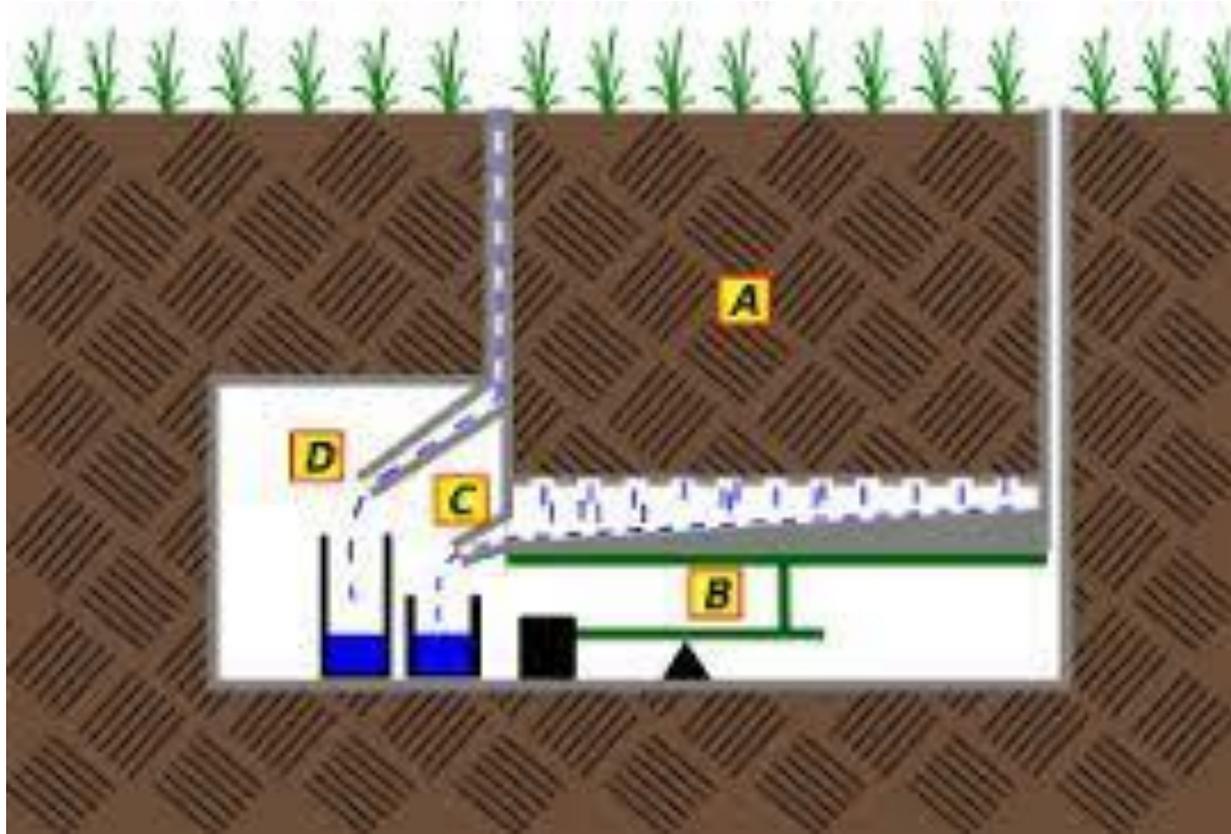
- Chambre de culture

Culture ligneuse

# Méthodes d'estimation de l'évapotranspiration

- Par modèles agrométéorologiques
  - Approche analytique
    - Equation PM
  - Approche empirique
    - Coefficient  $K_c$
    - Bilan hydrique
- Par télédétection

# Lysimètre



$$ET_0 = P + I - D$$

# Inconvénients du Lysimètre

- Permet d'estimer uniquement la mesure de l'évapotranspiration culturale
- Coût élevé
- Sensible aux différences de masse dans/hors
  - Sol
  - Culture
- Emplacement fixe et permanent
- Échelle spatiale : petite (3-30 m<sup>2</sup>)
- Échelle temporelle (heures à 1 jour)

## Avantages des méthodes micrométéorologiques

- In situ, ils sont donc non intrusifs ;
- elles peuvent être appliquées sur une base temporelle quasi-continue ;
- les mesures effectuées en un point représentent un ensemble d'échanges de masse et d'énergie réellement moyennés, avec une échelle de longueur de 100 m à 2 km.

## Restrictions des méthodes micrométéorologiques

- Applicables l'intérieur de la couche limite à flux constant, au-dessus de la végétation
- Applicables en dehors du couvert végétal et de la sous couche de rugosité
- Il faut un effet de bord adéquat
- Homogénéité horizontale dans la source-puits
- Topographie plate.
- Conditions stables

# Méthode aérodynamique



- Estimer avec la mesure d'un profil de vitesse du vent en se basant sur la loi de diffusion de Fick

- $E = K_w \frac{\Delta e}{\Delta z}$

$$K_m = k^2 z^2 \frac{\partial \bar{u}}{\partial z}$$

k: von Karman's constant (0.40)  
z: height

- On considère que  $K_m = K_w$

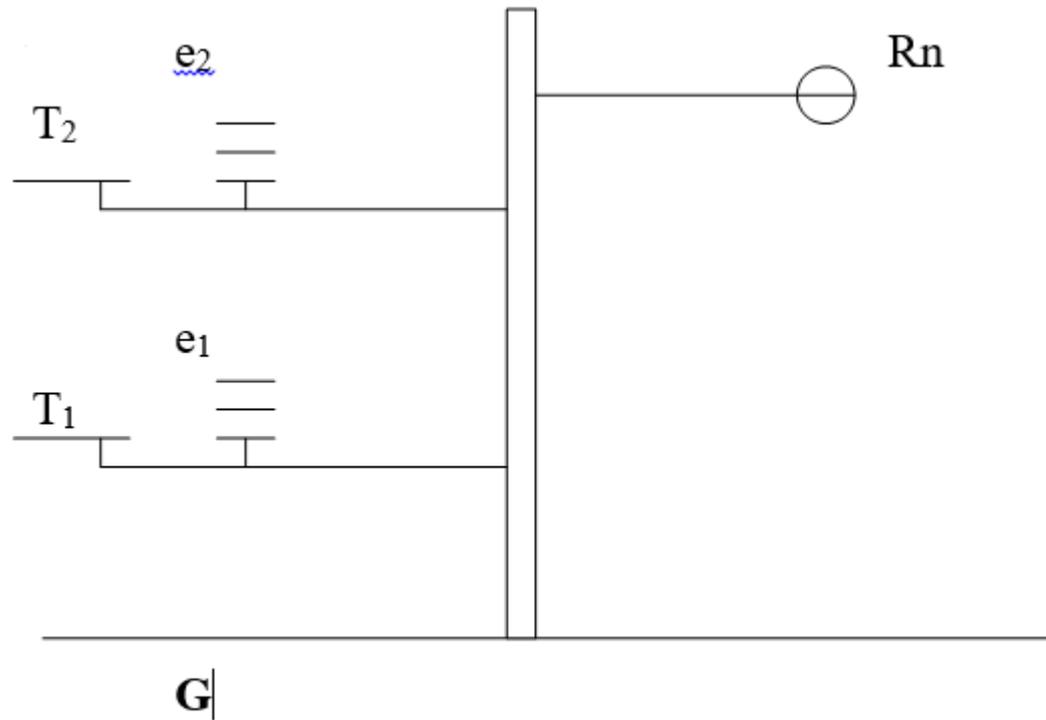
# Méthode de bilan d'énergie



$$K = \frac{R_n - G}{\overline{\rho_a} \left( C_p \frac{\partial \theta}{\partial z} + \frac{\varepsilon}{P} \lambda \frac{\partial e}{\partial z} \right)}$$

# Méthode directe

## Rapport de Bowen



$$\beta = H/LE$$

$$LE = \frac{R_n - G}{1 + \beta}$$

$$\beta = \gamma \frac{T_2 - T_1}{e_{a2} - e_{a1}}$$

# Méthode directe

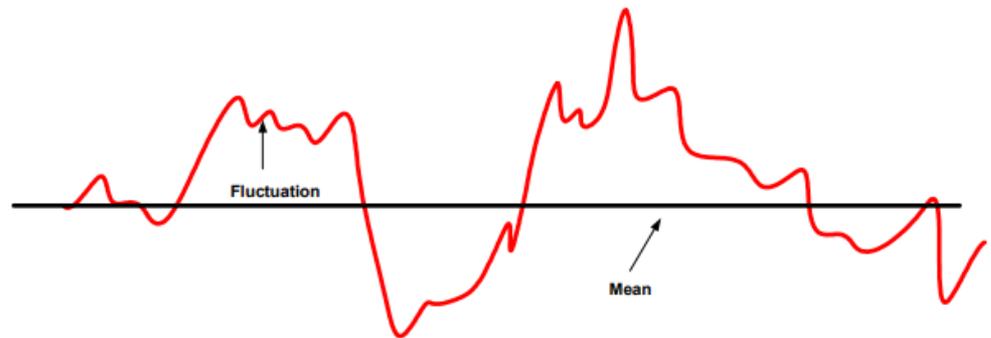
## Eddy covariance

- Basée sur la décomposition de Reynolds:
  - le produit de la moyenne de deux variables fluctuantes est une fonction du produit des moyennes individuelles plus une covariance

$$\overline{xy} = \overline{x}\overline{y} + \overline{x'y'}$$

$$\overline{x'} = 0$$

$$\overline{x+y} = \overline{x} + \overline{y}$$



# Méthode directe

## Eddy covariance

$$F_x = \overline{w'x'} = \overline{(w' + \bar{w})(x' + \bar{x})} = \bar{w} \bar{x} + \overline{w'x'}$$

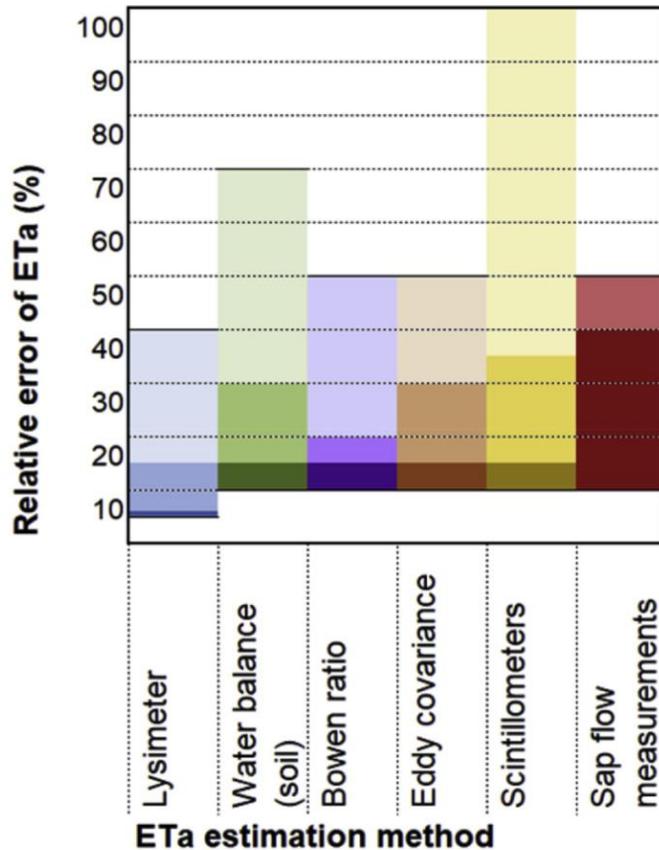
$$F_x = \overline{w'x'}$$

- $x$  peut représenter la température, la concentration en CO<sub>2</sub> ou l'humidité relative et  $w$  représente la composante verticale de la vitesse de vent.
- On fait l'hypothèse d'une vitesse verticale est nulle.

$$LE = L \cdot \overline{w'q'} \quad \text{et} \quad H_s = \rho C_p \cdot \overline{w'T'} \quad \text{en ( w. m}^{-2}\text{)}$$

Avec  $q$  l'humidité absolue mesurée en  $\text{Kg.m}^{-3}$

# Erreurs d'estimation

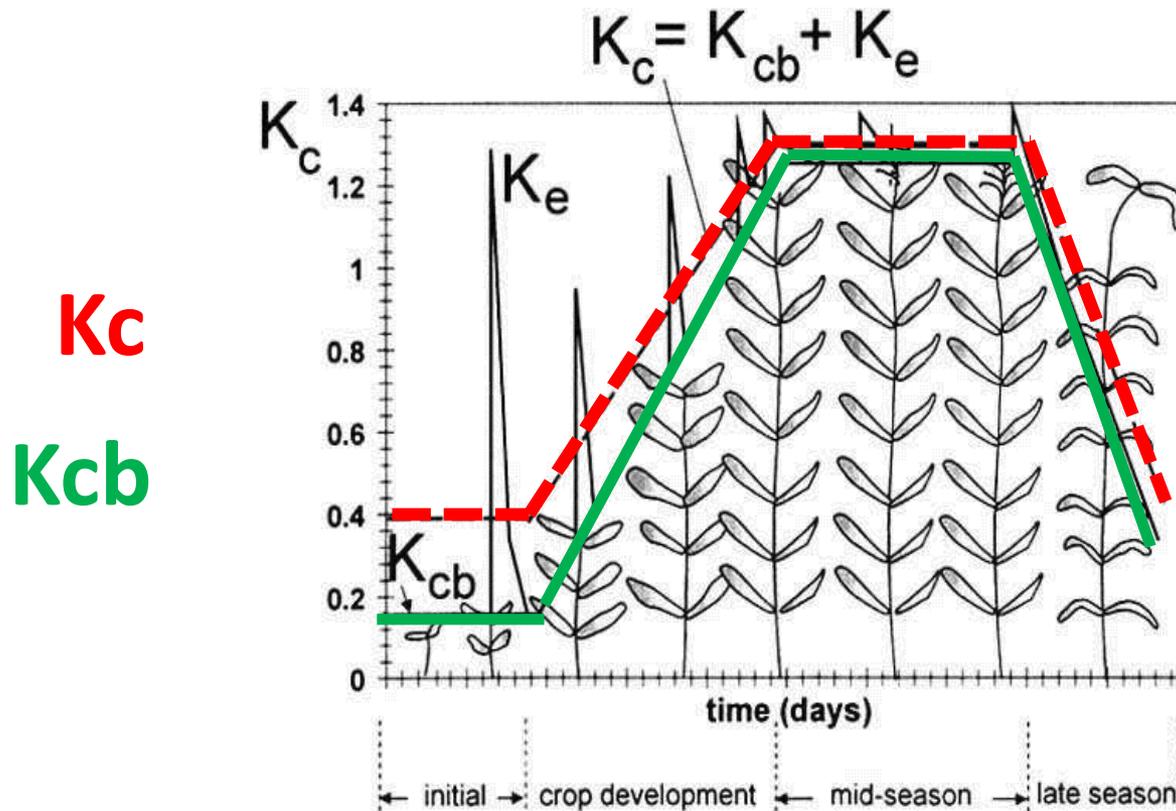


- La mesure de la consommation en eau et du rendement est lourde, ponctuelle, et entachées d'imprécisions selon l'expertise de l'opérateur

ETa	Novice	Typical	Expert
Lysimeter	Light Blue	Medium Blue	Dark Blue
Water balance (soil)	Light Green	Medium Green	Dark Green
Bowen ratio	Light Purple	Medium Purple	Dark Purple
Eddy covariance	Light Brown	Medium Brown	Dark Brown
Scintillometers	Light Yellow	Medium Yellow	Dark Yellow
Sap flow measurements	Light Red	Medium Red	Dark Red

# Méthode du coefficient cultural

Evapotranspiration (ET<sub>c</sub>) = Evaporation(E) + Transpiration (Tr)

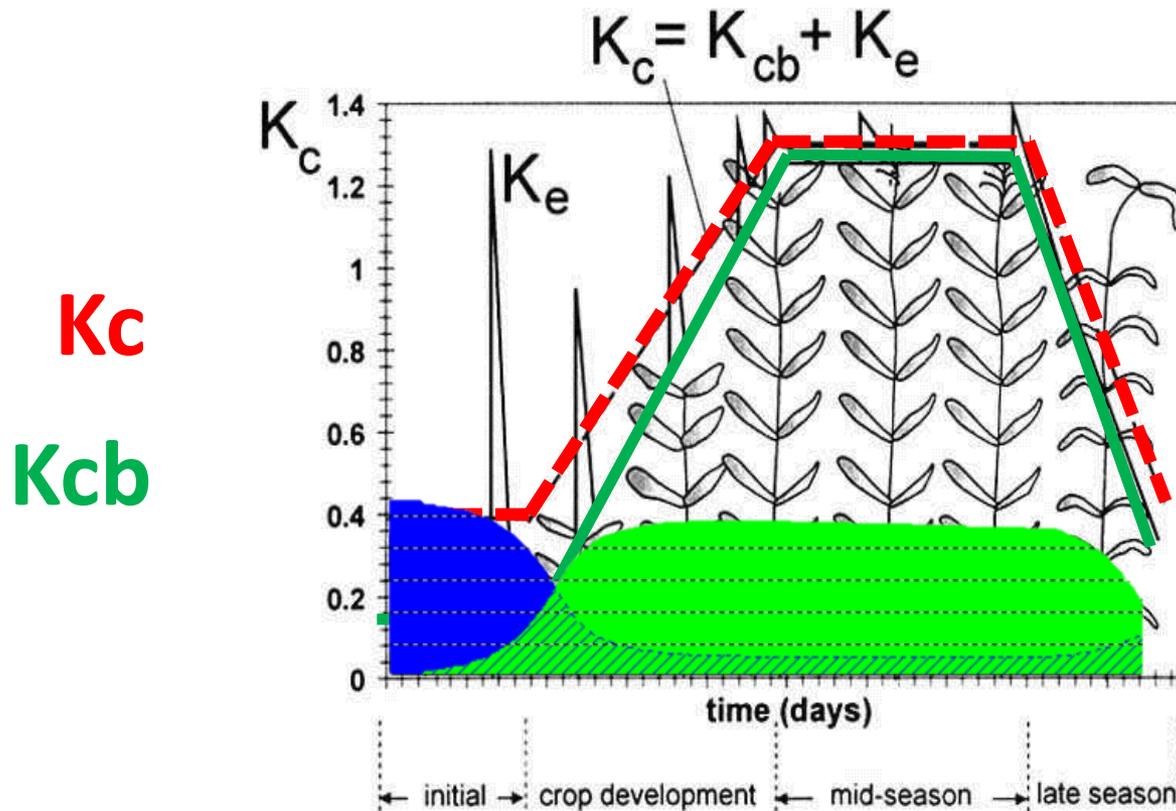


$K_{cb}$ : coefficient de base (lié à la transpiration de la culture)

$K_e$ : coefficient d'évaporation du sol (état d'humectation de la surface du sol)

# Méthode du coefficient cultural

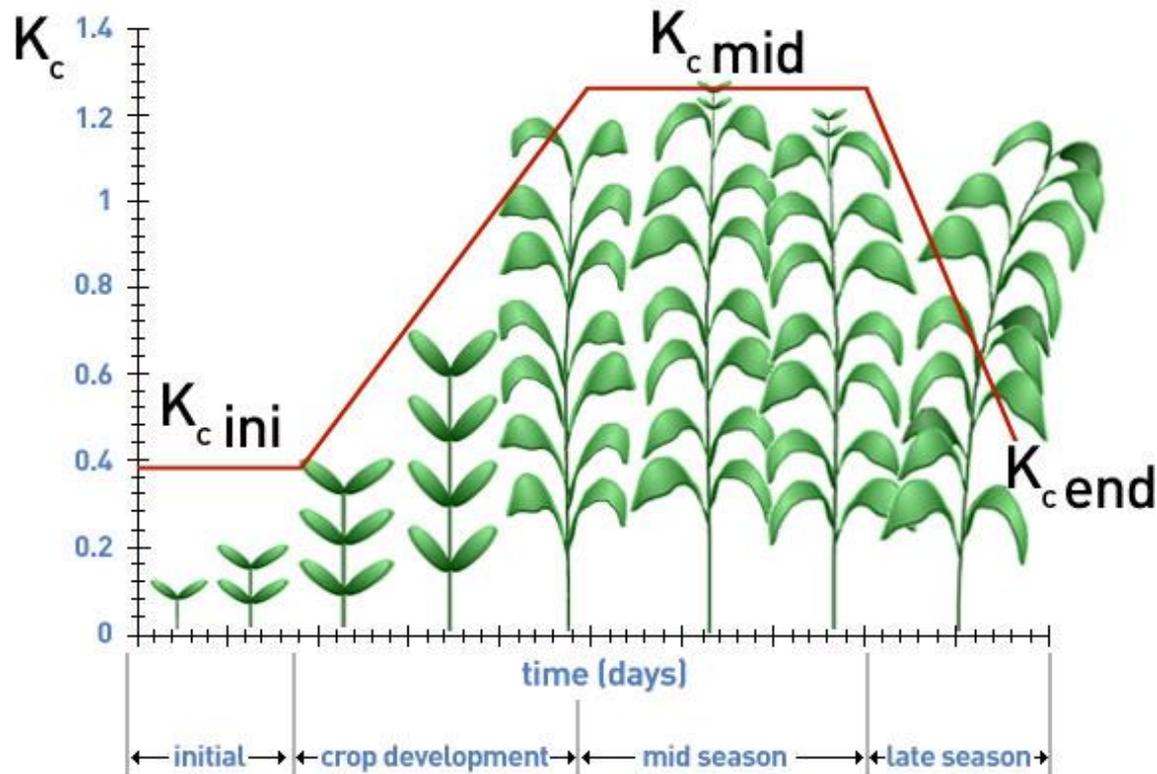
Evapotranspiration (ETc) = Evaporation(E) + Transpiration (Tr)



$K_{cb}$ : coefficient de base (lié à la transpiration de la culture)

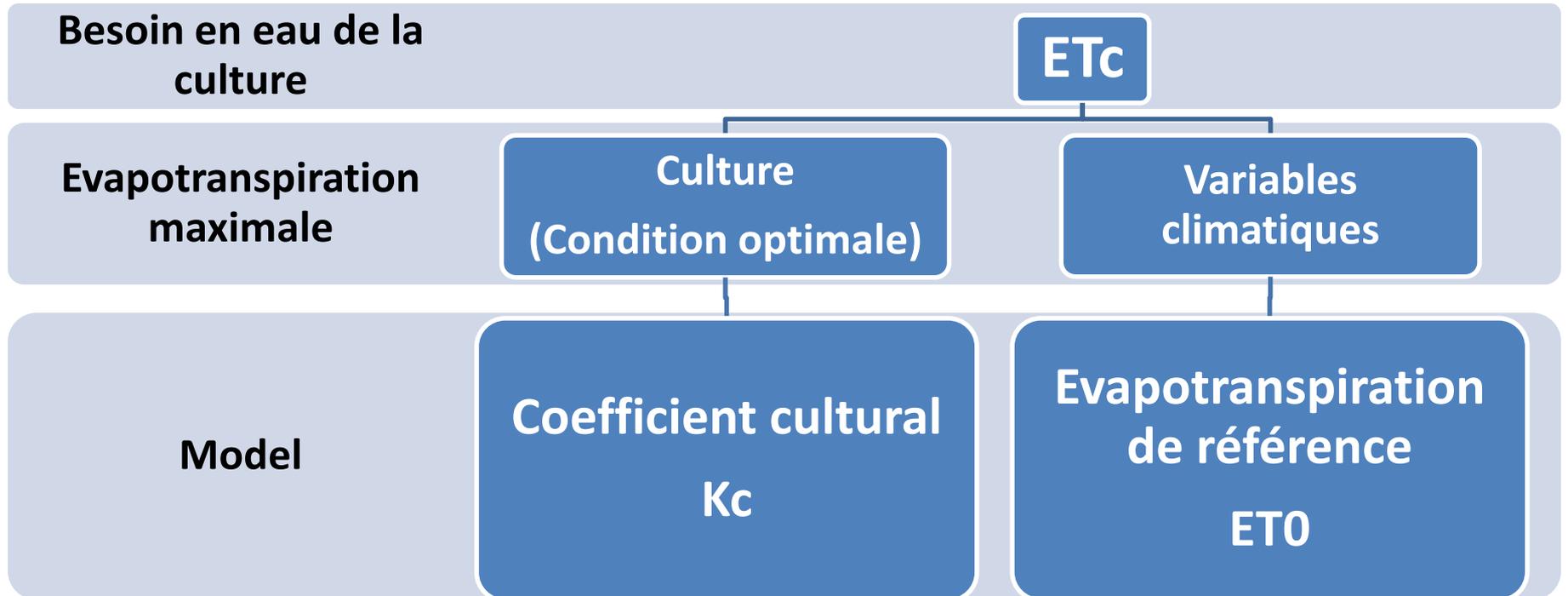
$K_e$ : coefficient d'évaporation du sol (état d'humectation de la surface du sol)

# Coefficient culturale ( $K_c$ ): L'approche du coefficient moyen



On détermine les durées des quatre phases de développement : initiale, croissance rapide, pleine végétation et sénescence.

# Besoin en eau de la culture



$$ET_0 \times \begin{array}{c} K_c \text{ factor} \\ \text{well watered crop} \\ \text{optimal agronomic conditions} \end{array} = ET_c$$

# Méthode du coefficient cultural

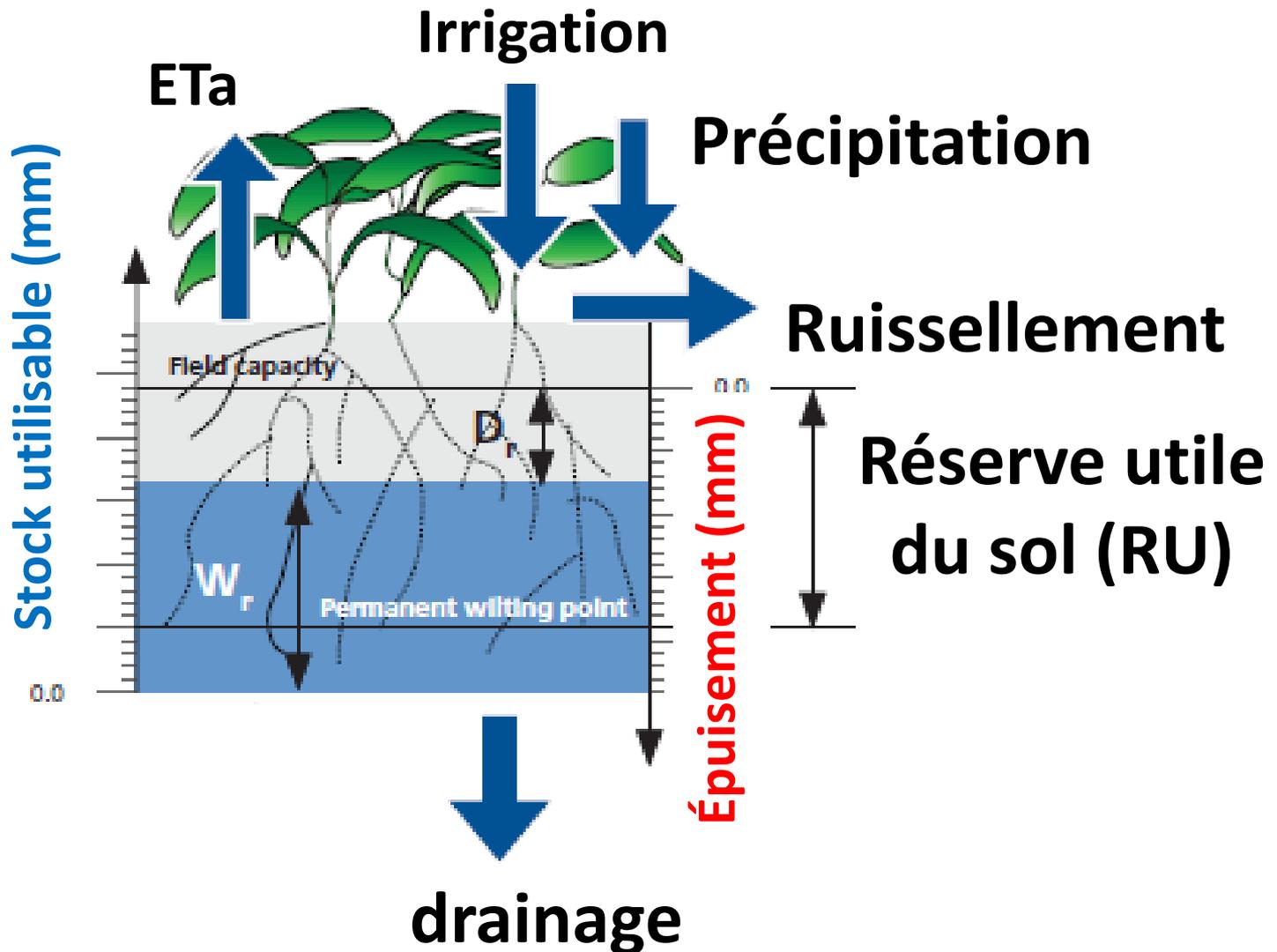
En cas de stress hydrique

Evapotranspiration (**ETa**) = Evaporation(**E**) + Transpiration (**Tr**)

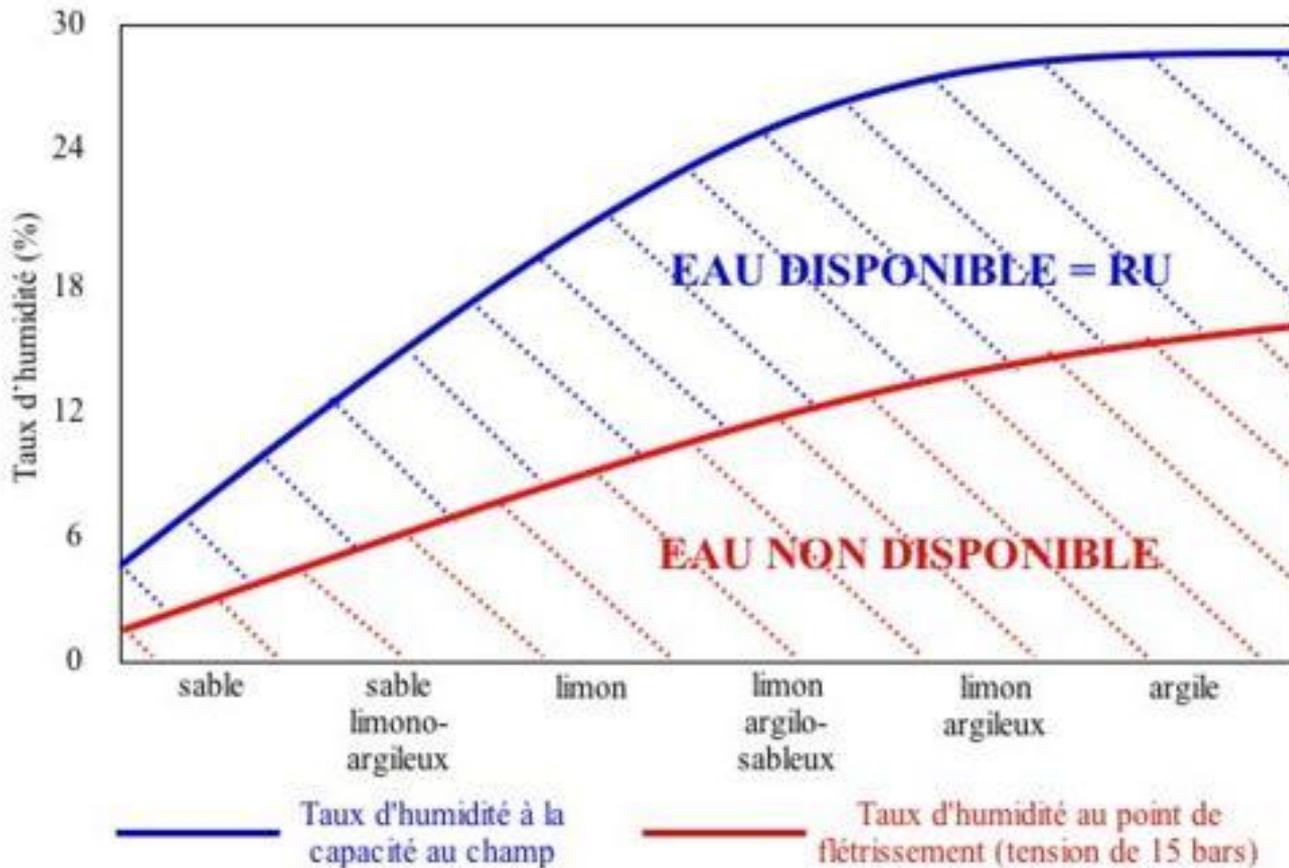
$$E = K_e * ETO$$

$$Tr = K_s * K_{cb} * ETO$$

# Bilan hydrique: réserve utile (RU)

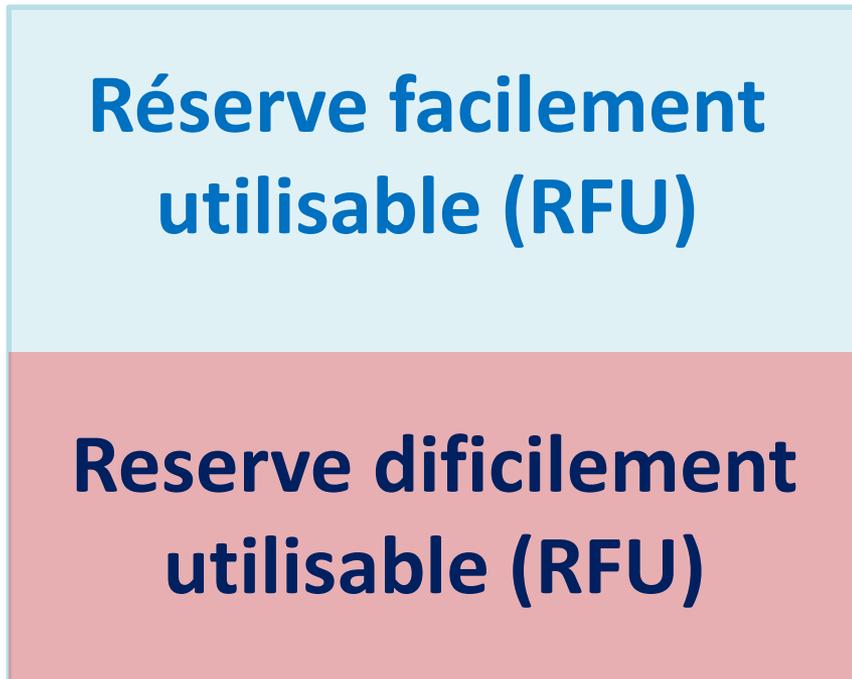


# Réserve utile et texture du sol



Source: [www.afidol.org](http://www.afidol.org)

# Coefficient d'épuisement: RFU/RU



**Réserve facilement utilisable (RFU)**

**Reserve difficilement utilisable (RFU)**

**Capacité au champs**

**Reserve utile du sol (RU)**

**Point de flétrissement permanent**

# Coefficient d'épuisement

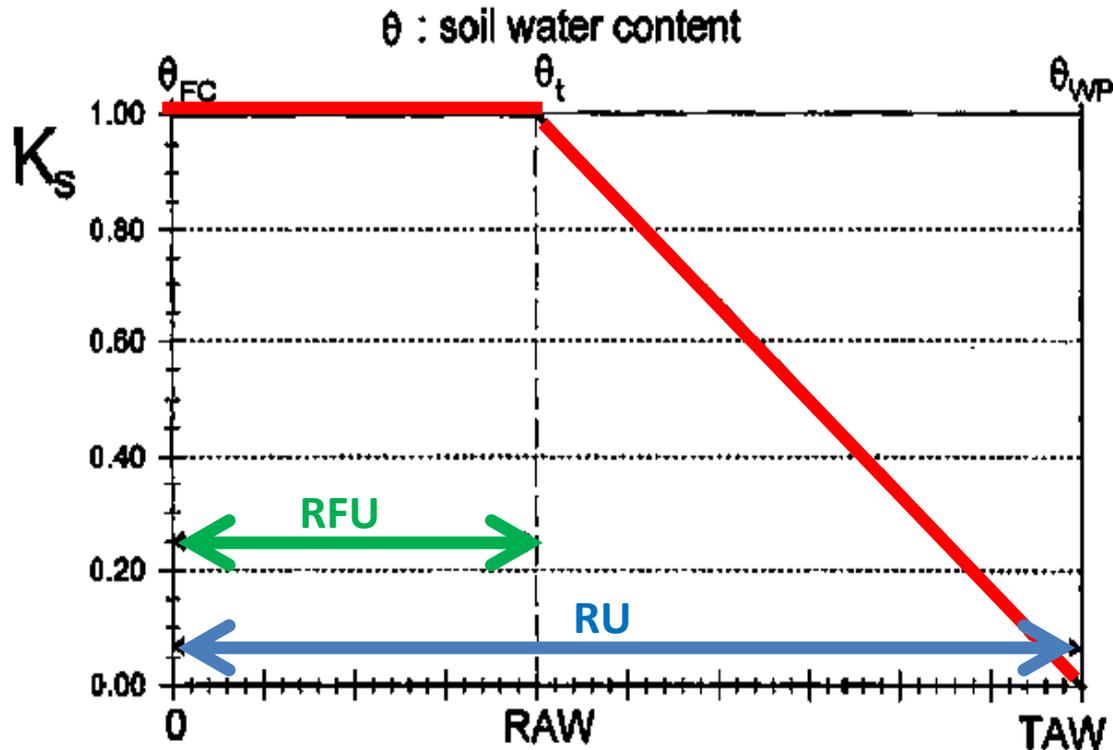
Il varie de 0.3 à 0.7 en fonction:

**-La texture du sol:** plus petit pour les sols à fine texture (sols argileux) par rapport aux sols à texture grossière (sol sableux)

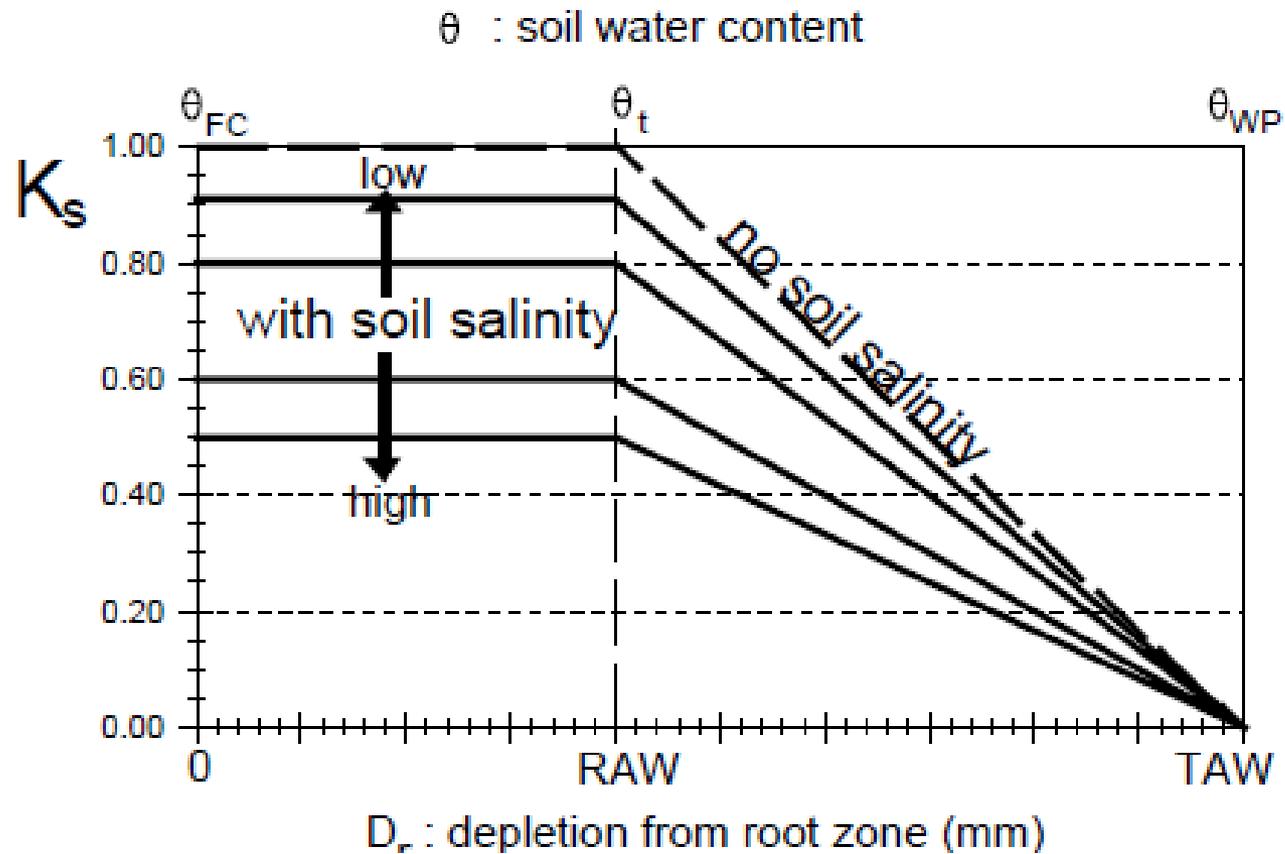
**-L'enracinement de la plante:** plus petit quand l'enracinement est superficiel

**-La demande climatique:** plus petit quand la demande climatique est élevée

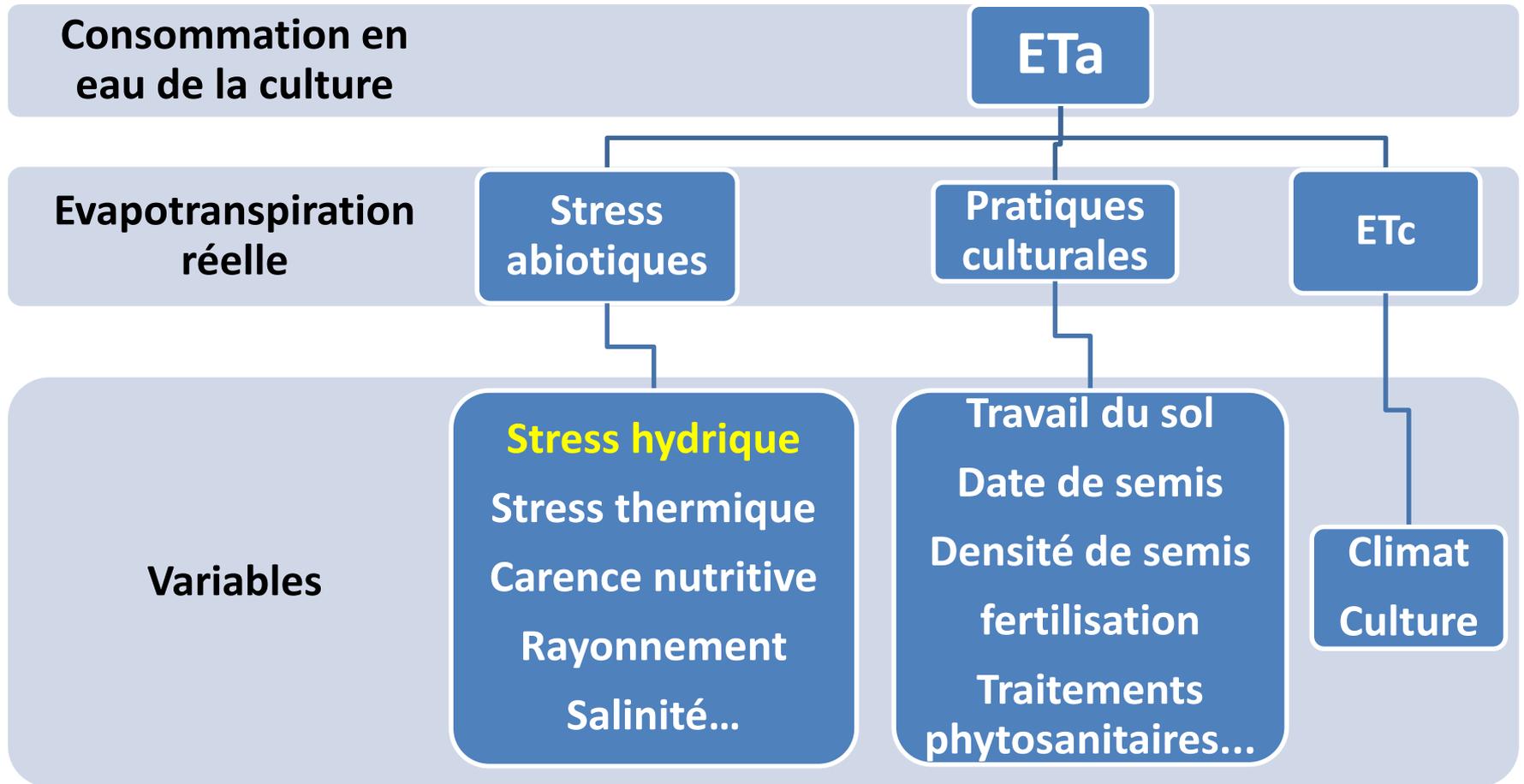
# Coefficient de stress $K_s$



# Coefficient de stress $K_s$



# Consommation en eau de la culture



**Merci pour votre attention**