

(Évapotranspiration)

Introduction :

La détermination des besoins en eau d'une culture nécessite la connaissance de divers paramètres concernant, aussi bien la plante elle-même que les données climatiques ou pédologiques de la région.

Définition : L'évapotranspiration est la somme de **la transpiration du couvert végétal** (à travers les stomates des plantes) et de **l'évaporation des sols**. On désigne comme **évapotranspiration réelle (ETR)** la valeur de ce flux à un instant donné ou de sa moyenne sur une période donnée, pour une station donnée. Lorsque la disponibilité en eau n'est pas limitative, ce flux tend vers une limite appelée **évapotranspiration potentielle (ETP)**. Ce dernier concept introduit par Thornwaite en 1948, essentiellement théorique, ne dépend principalement que des facteurs météorologiques (RH, T, vent et rayonnement solaire global incident). L'**ETP** peut être évaluée à partir de données de capteurs simples associés à des formules empiriques plus ou moins complexes (Turc, Penmann...)

1. Pourquoi déterminer les besoins en eau des cultures ?

Connaître la valeur des besoins en eau des cultures est à la base de :

- projet d'irrigation : conception des réseaux d'irrigation (calcul du débit de dimensionnement des ouvrages),
- gestion des réseaux d'irrigation : prévision à court terme (programmation des apports d'eau), - pilotage des irrigations,
- planification de l'utilisation des ressources hydrauliques : volume d'eau nécessaire pour l'irrigation, surfaces irrigables au vu des ressources, etc.

2. Besoin en eau d'irrigation (BI) :

Le besoin d'irrigation, noté **(BI)** est défini comme étant le volume d'eau qui devra être apporté par irrigation en complément à la pluviométrie et éventuellement d'autres ressources telles que les remontées capillaires (l'apport d'une nappe phréatique), la réserve en eau initiale dans le sol, et la fraction de lessivage (lorsque la salinité influe sur la disponibilité en eau pour les plantes). Le calcul de ces besoins d'irrigation repose sur un bilan hydrique, qui exprime la différence entre les besoins en eau de la culture et les apports d'eau d'origine naturelle,

3. Comment déterminer les besoins en eau des cultures ?

D'après Doorenbos et Pruitt (1975) l'estimation de l'évapotranspiration en vue de la programmation de l'irrigation doit se faire en se fondant sur le calcul de **l'évapotranspiration maximale (ET_m)** et de la pluie efficace (P_e).

4. Besoin en eau de culture (l'évapotranspiration maximale) (ETm) :

En matière d'irrigation, on cherche à placer les plantes dans des conditions de production optimales et on base l'irrigation sur la valeur de **l'évapotranspiration maximale (ETm)** qui est une valeur ponctuelle liée à l'évapotranspiration de référence l' **ET0** qui est relative à une région par un coefficient cultural **kc**, donnée par la formule de base de l'approche climatique : **$ETm = kc \times ET0 = kc \times ETref$**

ETm : évapotranspiration maximale d'une culture (mm),

kc : coefficient cultural,

ET0 : évapotranspiration de référence (mm).

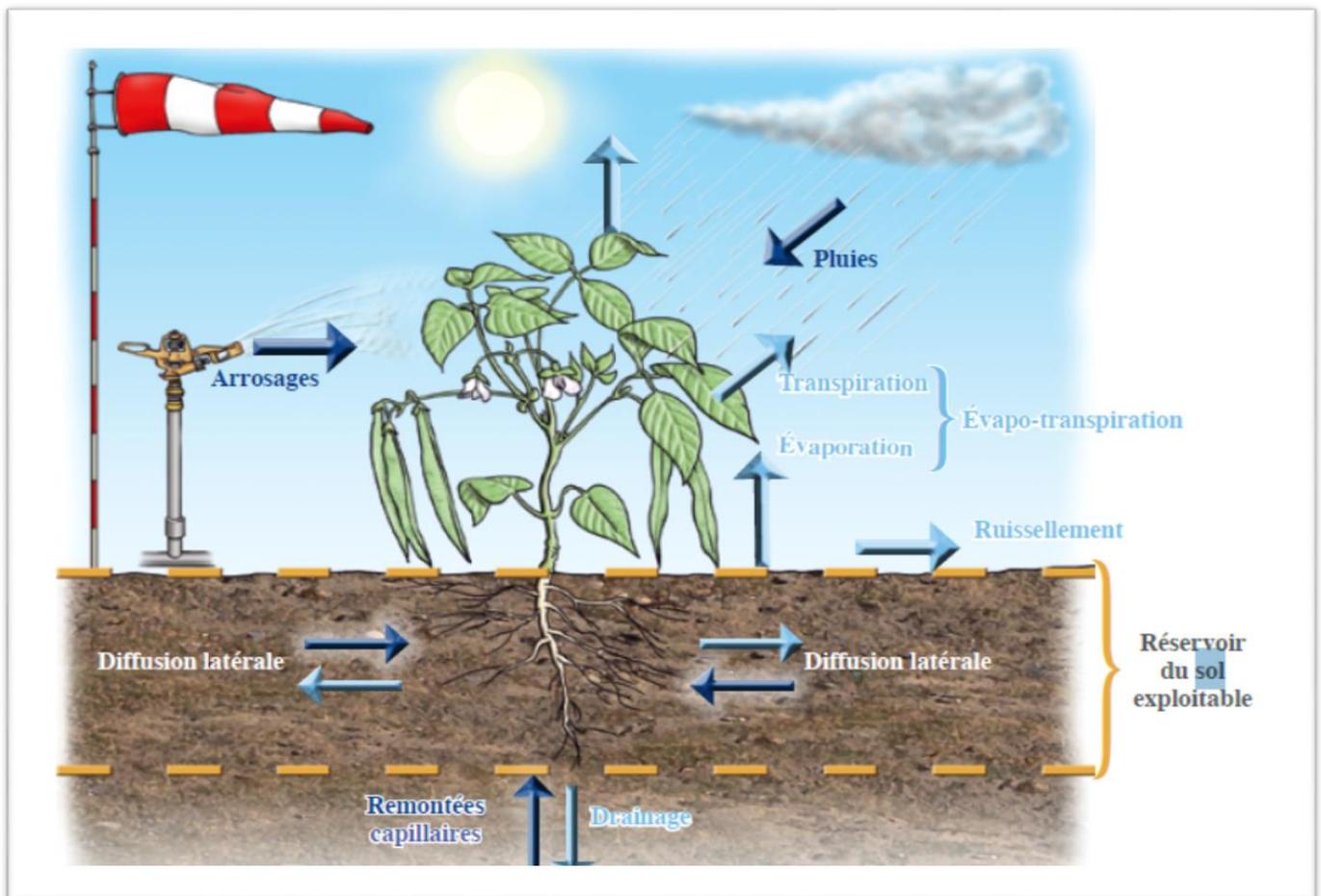
1. Comment évaluer les besoins en irrigation d'une culture quelconque ?

Pour atteindre des objectifs de production satisfaisants, une culture doit être dans des conditions hydriques optimales.

Ces conditions seront assurées si l'on a bien défini :

- les besoins en eau qui dépendent du stade de la culture et des conditions climatiques.
- le stock d'eau et la capacité de stockage du sol.

Réserve du sol + Pluie + Irrigation



Donc les besoins en eau de la plante sont assurés par :

2. Les conditions climatiques:

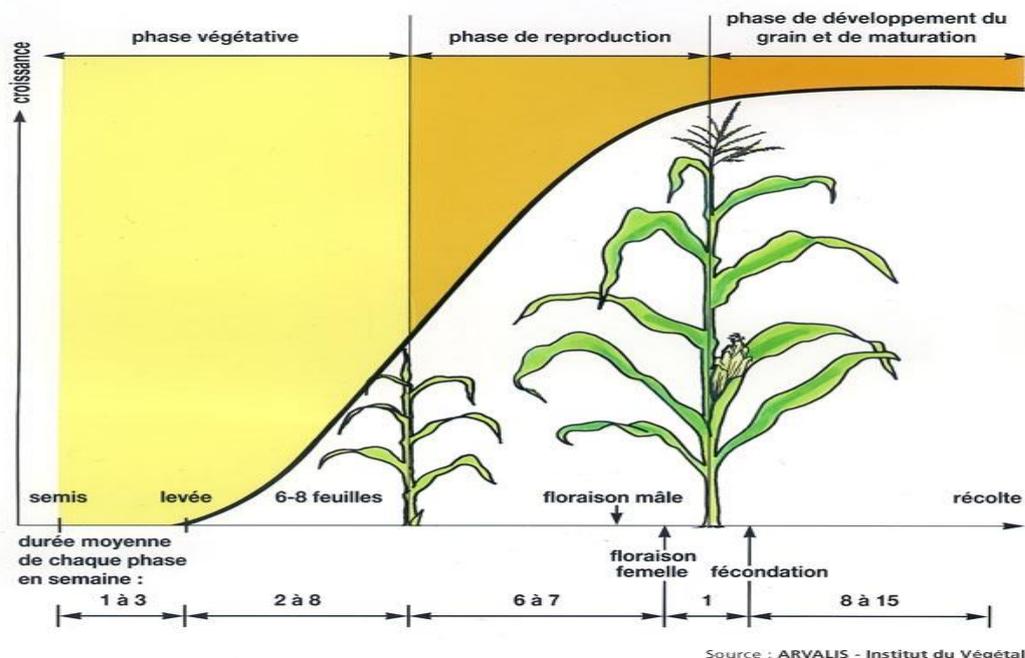
La consommation en eau des cultures dépend de différents éléments climatiques :

1-la température, 2-l'humidité de l'air, 3-le vent, 4-l'ensoleillement.

Ces données climatiques permettent, pour un **lieu et une période donnés**, de quantifier l'évaporation du sol et **la transpiration des plantes** que l'on désigne par l'**ETref ou ET0**. (Evapo- Transpiration de référence), exprimée en millimètres par jour (mm/j).

Selon Doorenbos et Pruitt (1975) le climat est l'un des facteurs qui influe le plus sur le volume d'eau que la culture perd par évapotranspiration. Les pratiques agronomiques, les techniques d'irrigation, les engrais, les infestations dues aux insectes et aux maladies peuvent aussi influencer le taux d'évapotranspiration.

La culture et son stade végétatif :



Germination ou reprise des plants, croissance, maturité, ... à chaque phase de la croissance d'une plante, les besoins en eau varient. Pour chaque culture et selon les différentes périodes de son développement végétatif, il a été défini un coefficient cultural, **kc**.

Pour une culture, le besoin en eau maximal de référence est l'**ETM (ÉvapoTranspiration Maximale)**.

$$ETM = kc \times ETref$$

5. Choix du coefficient cultural

Les facteurs qui influent sur la valeur de kc sont : les caractéristiques de la culture, les dates de plantation ou de semis, le rythme de son développement et la durée de son cycle végétatif, les conditions climatiques, en particulier au début de la croissance et la fréquence des pluies ou des irrigations.

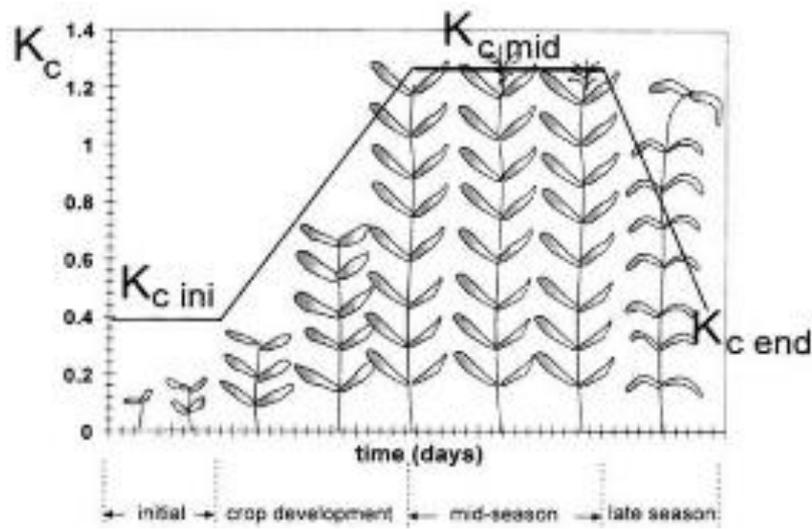


Figure: Courbe de coefficients culturaux et définition des phases
(Doorenbos et Pruitt, 1975)

La courbe de k_c sur l'ensemble de la période de croissance a été présentée initialement par Doorenbos et Pruitt (1975). Elle permet de distinguer les 3 valeurs de k_c (initial, mi-saison, et d'arrière saison). Les valeurs les plus élevées du k_c sont observées au printemps et en automne, lorsque le sol est encore humide. Les valeurs les plus basses sont notées en été (Allen et al, 1998 in traité d'irrigation).

En choisissant le k_c approprié pour une culture donnée et pour chaque mois du cycle végétatif, il faut tenir compte du rythme de son développement, l'époque de plantation ou de semis, les conditions climatiques notamment le vent et l'humidité, et également la particularité de la formule utilisée pour le calcul de l'ET₀,

Voici quelques valeurs indicatives de KC (d'après la FAO):

Coton	du semis au démarrage KC	0,5
	démarrage/ floraison	0,8
	floraison/récolte	1
Tomates	après repiquage	0,75
	floraison	1,1
	fructification	0,9
Oignons	pleine croissance	1
	maturation	0,7
Riz	pratiquement en permanence (sauf maturation 0,9) (14)	1,2
Mais	au semis	0,4
	croissance (de 20 à 50 jours)	passé de 0,4 à 1,1
	floraison/ épisaison	1,15
	maturation	0,6
Sorgho	semis	0,4
	croissance	0,4 à 1,0
	épisaison	1
	maturation	0,5

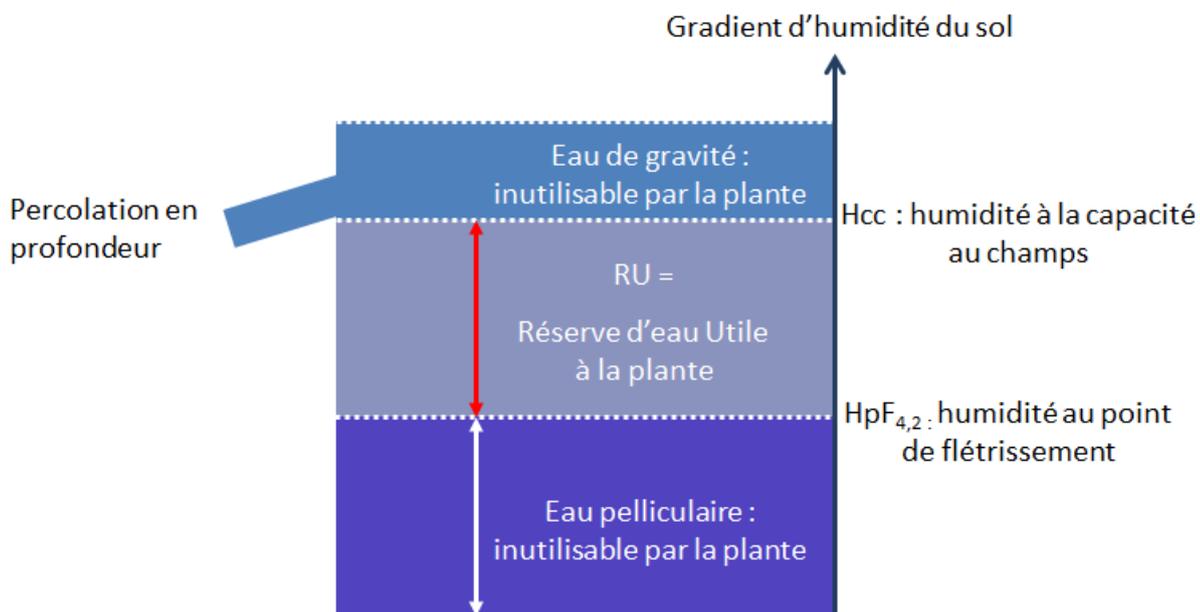
3. Réserve du sol :

Un sol met en réserve de l'eau à la manière d'une éponge. **La réserve utile (RU)** est la quantité totale d'eau du sol utilisable par une culture. Elle dépend de la nature du sol mais aussi de la profondeur du sol colonisée par les racines et de la charge en cailloux. Elle se divise en 2 parties :

la réserve facilement utilisable (RFU) par la plante, qui varie de 1/2 à 2/3 de la RU (selon la nature de sol).

Le reste, la **réserve difficilement utilisable (RDU)**, dans laquelle on peut puiser dans le cadre d'une stratégie de pilotage particulière où l'on cherche à rationner la culture, pendant une période déterminée.

Au-delà, l'eau est trop liée aux particules du sol et n'est plus du tout accessible aux cultures.

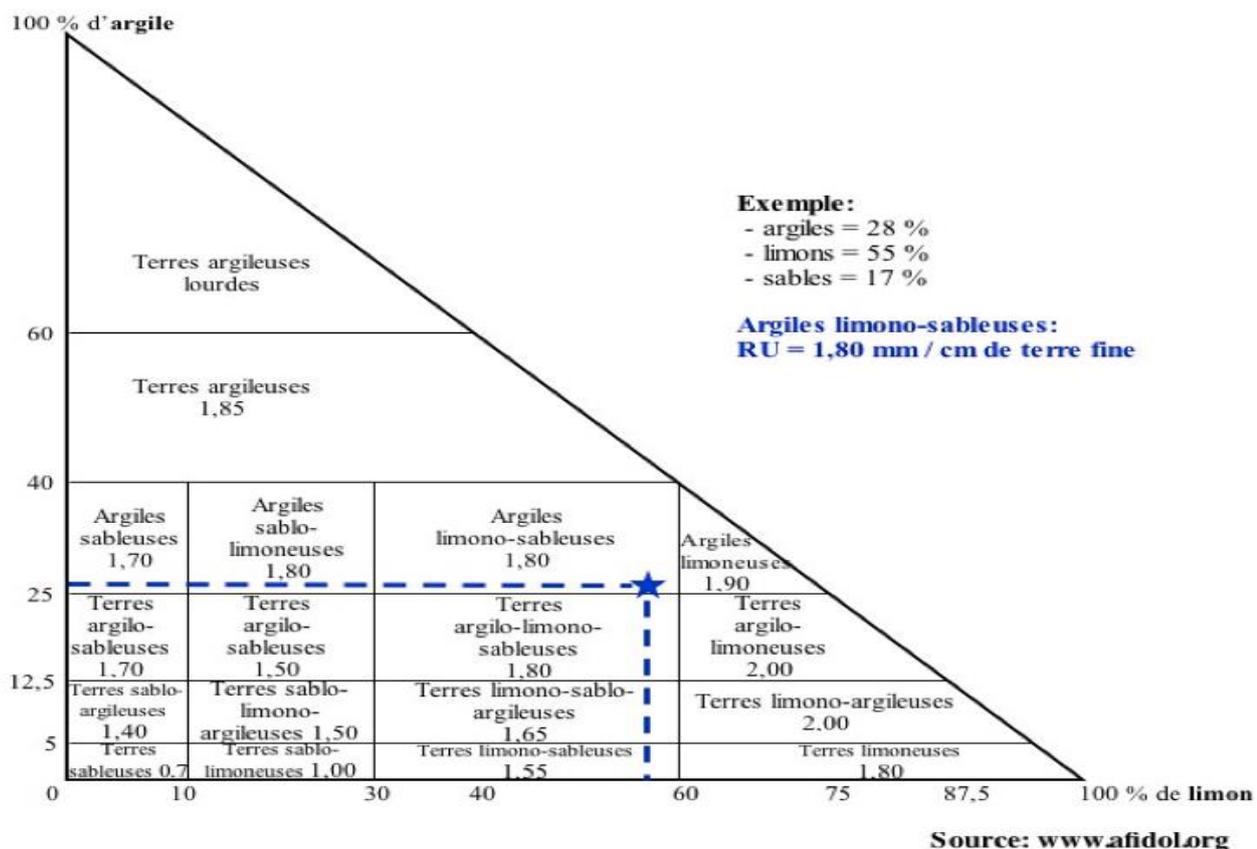


Comment détermine-t-on les stocks d'eau dans le sol ?

Une analyse granulométrique (réalisée par un laboratoire) permet de caractériser un sol selon sa texture et de connaître sa capacité de réserve en eau. Elle s'exprime en millimètre par mètre (mm/m) de profondeur de sol.

La Réserve Utile dépend de la texture du sol (tableau ci-dessous) et s'exprime en mm d'eau par mètre de profondeur de sol.

Ordres de grandeur de la réserve utile pour différents types de sols



Type de sol	RU (mm/m)
Sableux	70
Argilo-sableux	120
Sablo-argileux	135
Argile sableuse	170
Argile	180
Argile limoneuse	180
Limon sablo-argileux	190
Limon argileux	220
Tourbes	350

1.2.2.2. Les méthodes d'estimation de l'ET₀ (L'évapotranspiration de référence (mm)).

L'ET₀ est considérée comme une donnée climatique, ne dépend que des conditions atmosphériques, de l'énergie disponible à la surface évaporante et la résistance aérodynamique de couvert végétal. Ils existent des méthodes expérimentales pour la mesure directe de l'ET₀, basées sur le bilan hydrique, le bilan d'énergie et la méthode lysimétrique. Devant la difficulté de la mise en place de ces dispositifs, différentes formules avec des degrés d'empirisme variables ont été développées depuis ces 50 dernières années pour estimer indirectement cette grandeur à partir de données climatiques. Elles sont classées en 4 groupes selon les paramètres utilisés, parmi ces formules on peut citer :

1- Les formules combinées :

- de Penman originale (1963),
- de FAO Penman-Monteith (1994).

2- Les formules basées sur la température :

- Blaney-Criddle (1950),
- Turc,
- Jensen-Haise,
- Hargreaves,
- Thornwaite.

3- Les formules basées sur la radiation :

- FAO-Radiation,
- Christiansen - Hargreaves (1969),
- Christiansen - Samani (1985).

- Les formules basées sur l'humidité relative de l'air :

- d'Ivanov (1954),
- d'Eagleman (1967), - FAO Class A.

Exemple 1

Mi-juin, par un temps ensoleillé, clair et sans vent, comment arroser (dose, fréquence) une culture de salade en plein champ sur un sol argilo-sableux qui comprend 30% de cailloux ? Avec une profondeur d'enracinement est de 40 cm

Cette date, la culture est en pleine croissance active, son **kc = 0,7**

Les données météo donnent **ETref = 5,5 mm/j**

Le besoin de référence est donc : **ETM = 5,5 x 0,7 = 3,8 mm/j.**

La profondeur d'enracinement est de 40 cm, la **RU** est de 120 mm/m pour un sol entièrement constitué de terre fine, mais compte tenu des 30% de cailloux, la **RU** n'est que de $120 - (30\% \times 120) \approx 84 \text{ mm/m}$.

Sur **les 40 cm** de profondeur exploités par la culture, la **RU** n'est plus que de $(84 \text{ mm/m} \times 0,4 \text{ m}) \approx 34 \text{ mm}$.

La **RFU = 1/2 à 2/3 RU ≈ 20 mm.**

Si l'on choisit d'arroser tous les 4 jours, la dose sera donc de $3,8 \times 4 = 15,2 \approx 15 \text{ mm}$. Elle peut être apportée en 1 fois.

Si la dose à apporter est supérieure à 20 mm, il faudra fractionner l'apport.