

Estimation des besoins en eau des cultures (l'évapotranspiration ; déficit pluviométrique ; réserve utilisable ; réserve facilement utilisable ; déficit agricole ; débits caractéristique) ; calcul d'équipement

INTRODUCTION

La notion d'évapotranspiration regroupe les deux processus précités, à savoir l'évaporation directe de l'eau du sol et la transpiration par les plantes.

Sur un sol présentant une couverture végétale, même partielle, les échanges par transpiration sont quantitativement plus importants que les échanges par évaporation directe.

Le processus de transfert d'eau dans le végétal :

Absorption par les racines

Circulation sous forme liquide dans le système vasculaire des racines, du tronc, des branches, des feuilles

Transpiration par les pores stomates des feuilles (= 90% de la transpiration totale)

- La transpiration est un produit direct de la photosynthèse, qui dépend du rayonnement solaire.
- La transpiration régule aussi la T°C de la plante (en s'évaporant l'eau emporte une partie de la chaleur de la plante)
- La transpiration est influencée par :
 - *Facteurs climatiques
 - *Nature, âge et développement du feuillage de la plante
 - *Humidité du sol

Si teneur en eau du sol < teneur min (« point de flétrissement ») alors les racines ne parviennent plus à tirer l'eau du sol => la transpiration cesse, le feuillage flétrit, la plante meurt.

1-LES ELEMENTS DE BASE POUR UNE ETUDE D'IRRIGATION

1-1 ÉVALUATION DES BESOINS DES CULTURES *ETM*

C'est la quantité d'eau à donner pendant toute la période de végétation ou les besoins en eau des cultures ou moment de déficit.

$ETM = ETP \cdot Kc$

Kc : coefficient culturale dépend de la nature de culture, phase de végétation, les conditions climatiques ; les valeurs de Kc dans la période de pointe s'écartent de l'unité donc nous prendrons $Kc = 1$

Exemple :

Une parcelle de 0,3 ha de tomates arrive à floraison au mois de janvier. L'ETP mesurée représente 37 mm la première semaine, 45 mm la deuxième semaine, 54 mm la troisième semaine et 42 mm la dernière semaine.

- Quel est alors le besoin en eau de la parcelle de tomates pour le mois? Le coefficient cultural de la tomate est de 1,1

POURQUOI DETERMINER LES BESOINS EN EAU DES CULTURES ?

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

- **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),
- **Planification de l'utilisation des ressources hydrauliques** : volume d'eau nécessaire pour l'irrigation, surfaces irrigables au vu des ressources, etc.

1-2 LE DEBIT CARACTERISTIQUE

C'est le débit maximal parmi les débits mensuels de la période de végétation c'est-à-dire le besoin max parmi les besoins mensuels exprimé en l/h/ha. La valeur de débit caractéristique était majorée 25% pour tenir compte des pertes inévitables.

$$qf = (da \cdot 1 \text{ ha}) / \text{Nbr du jour du mois}$$

$$Qc = qf + 0.25qf$$

1-3 LA DOSE D'IRRIGATION

La dose d'irrigation est la quantité d'eau nécessaire d'amené pour assurer le déficit de l'humidité du sol pendant la période de végétation.

1-4. LES REGIMES D'ARROSAGE

La dose d'irrigation est assurée par les doses d'arrosage pendant la période de végétation dans un délai déterminé selon les besoins en eau des plantes.

1-4. 1 La dose d'arrosage

C'est la quantité d'eau qui doit être déversé pendant un arrosage sur 1 ha pour la saturation du sol, exprimé en m³/ha ou en mm ; elle dépend de :

- Nature de la culture
- La phase de développement
- Capacité de la couche végétale (sol)
- La quantité des sels dans le sol
- Les conditions climatiques et hydrogéologiques

- Les procédés et les techniques d'irrigation

1-4. 2. La dose d'arrosage pratique dp

La dose d'arrosage pratique est la quantité d'eau qu'il faut donner au sol pour éviter d'arriver au point de danger

$$dp = 1/3 \cdot h \cdot H_{vr}$$

h : profondeur (mm).

H_{vr} : point de rétention

1-4. 3. La dose d'irrigation réelle dr

La dose d'irrigation réelle est la quantité d'eau dans le sol entre le point flétrissement et la capacité de rétention

$$dr = (H_{vr} - H_{vf}) \cdot h$$

h : profondeur (mm).

H_{vr} : point de rétention.

H_{vf} : point de flétrissement

1-4. 4. Nombre d'arrosage

$$N = A / dr$$

A : besoin de pointe d'un mois. / dr : dose réelle

1-4. 5. Espacement d'arrosage T

$$T = N / \text{Nbr de jour du mois}$$

1-4. 6. Module d'arrosage m

Ou débit pratique c'est le débit d'eau dont l'irrigation dispose pour le déverser sur le sol de parcelle à irriguer. Il est choisi selon :

- la méthode d'arrosage.
- la topographie de la parcelle.
- la perméabilité du sol.

M : varie entre 20 et 120 l/s

[Le module d'arrosage rationnel $m = (dr \cdot s) / t$]

1-4. 7. Unité parcellaire d'arrosage S

Le dimensionnement de parcelle repose sur :

- la méthode d'arrosage.
- la perméabilité du sol qui est correspond à la vitesse de filtration

$$S = m/k = (\text{module d'arrosage m}^3/\text{s}) / \text{vitesse de filtration (m/s)}$$

1-4. 8. Nombre d'unité parcellaire n

$$n = Sm/S$$

$$Sm = m / Q_c$$

S : la surface (ha)

m : le module d'arrosage (l/s)

Sm : la surface que le module peut arroser lorsqu'il coule de façon continue (l/s/ha)

1-4. 9. La durée théorique d'arrosage t

La durée théorique d'arrosage est le temps d'infiltration de la hauteur dr

$$t = dr / k$$

K : perméabilité (m/s)

2-LE BILAN HYDRIQUE

On peut schématiser le phénomène continu du cycle de l'eau en trois phases :

- Les précipitations,
- Le ruissellement de surface et l'écoulement souterrain,
- L'évapotranspiration.

Il est intéressant de noter que dans chacune des phases on retrouve respectivement un transport d'eau, un emmagasinement temporaire et parfois un changement d'état. Il s'ensuit que l'estimation des quantités d'eau passant par chacune des étapes du cycle hydrologique peut se faire à l'aide d'une équation appelée "hydrologique" qui est le bilan des quantités d'eau entrant et sortant d'un système défini dans l'espace et dans le temps. Le temporel introduit la notion de l'année hydrologique.

En principe, cette période d'une année est choisie en fonction des conditions climatiques.

Ainsi en fonction de la situation météorologique des régions, l'année hydrologique peut débuter à des dates différentes de celle du calendrier ordinaire.

Au niveau de l'espace, il est d'usage de travailler à l'échelle d'un bassin versant mais il est possible de raisonner à un autre niveau (zone administrative, entité régionale, etc.).

L'équation du bilan hydrique se fonde sur l'équation de continuité et peut s'exprimer comme suit, pour une période et un bassin donnés :

$$P + S = R + ETP + (S + \Delta S)$$

Avec:

P : précipitations [mm],

S : ressources (accumulation) de la période précédente (eaux souterraines, humidité du sol, neige, glace) [mm],

R : ruissellement de surface et écoulements souterrains [mm],

E : évapotranspiration [mm],

$S + \Delta S$: ressources accumulées à la fin de la période [mm].

Le calcul du bilan hydrique estime l'écoulement et l'évapotranspiration sur un pas de temps décadaire ou mensuelle en fonction du sol et de la météorologie.

Le sol a un impact important sur le bilan car il possède une capacité de stockage qui peut s'épuiser ce qui conduit au flétrissement des végétaux et ainsi à une baisse de l'évapotranspiration.

La porosité du sol (20 à 30% en général) peut être considérée comme une capacité de stockage :

Lorsque le sol est rempli d'eau, la porosité est presque totalement occupée par l'eau, le sol est dit saturé,

2-1 L'EVAPOTRANSPIRATION (ET)

Ensemble des phénomènes et des flux d'évaporation physique et de transpiration biologique, notamment de la végétation, qui interviennent dans le bilan d'eau d'un territoire, d'un hydro système terrestre, comme facteur de flux sortant. Elle est exprimée le plus généralement en hauteur moyenne évaporée sur la surface considérée pendant une durée définie.

Quantité d'eau transférée du sol vers l'atmosphère par évaporation et transpiration des plantes.

L'EVAPOTRANSPIRATION (ET) = EVAPORATION (*Évaporation des surface d'eau libre et l'eau contenue dans le sol et dans les plantes*) + **TRANSPIRATION** (*Transpiration des végétaux émanant de leur feuillage*).

- Bien que l'*ET* soit la composante du cycle de l'eau la moins visible, à l'échelle du globe 2/3 des pluies continentales retournent à l'atmosphère par *ET* !
- L'*ET* affecte les réserves en eau en surface, dans les sols et dans la biomasse
- Quantité d'eau dispo pour écosystème et homme = Précipitations - *ET*
- Si *ET* trop forte, alors création d'un réservoir compromise.

2-1 -1 NOTIONS D'EVAPOTRANSPIRATION DE REFERENCE, POTENTIELLE ET REELLE

A-L'évapotranspiration de références *ET0*: est définie comme le niveau de l'évapotranspiration d'une surface importante d'un gazon de hauteur uniforme (entre 8 et 15 cm), en croissance active, recouvrant complètement le sol et alimenté en eau d'une façon non conditionnelle.

B-L'évapotranspiration potentiel *ETP* : est l'évapotranspiration d'une culture (stade de développement végétatif max) bien fournie en eau et où le sol est à sa capacité de rétention ; c'est la limite maximale de l'évapotranspiration.
L'évapotranspiration réelle *ETR* : est la valeur réelle de l'évapotranspiration, elle est inférieure à L'évapotranspiration potentiel *ETP* puisque le sol n'est pas en permanence à sa capacité de rétention.

2-2 DEFICIT EN EAU

Déficit en eau est la comparaison entre les besoins mensuels des plantes avec la quantité d'eau disponible par le sol au cours de la période de végétation

2-2-1. DEFICIT PLUVIOMETRIQUE (CLIMATIQUE)

Déficit pluviométrique ou climatique est la différence entre l'*ETP* et le module pluviométrique correspondant :

$$dp = ETP - P$$

- *P* correspond à la pluviométrie, exprimée en millimètres.

- *ETP* est l'évapotranspiration potentielle en millimètres,

Il est important de noter que les excédents de précipitation sont perdus par infiltration et ruissellement et ne viennent pas compenser les déficits des autres mois, et on résulte que le déficit pluviométrique annuelle évaluée mois par mois

2-2-2 DEFICIT AGRICOLE

Il n'est pas nécessaire de fournir au sol chaque mois la totalité de déficit pluviométrique si le sol peut mettre à la disposition de la plante une certaine quantité d'eau prise par sa réserve utilisable

$$da = ETP - P - Kc \cdot RFU$$

$$da = dp - Kc \cdot RFU$$

-*RFU* est la *réserve facilement utilisable*, c'est-à-dire la réserve d'eau dans le sol disponible pour les plantes, exprimée en millimètres. Elle vaut 2/3 de la *RU* qui est égale au taux d'humidité multiplié par la profondeur atteinte par les racines.

-*Kc* coefficient culturale [0,1]

2-3 L'ETAT DES RESERVES EN EAU DES SOLS

2-3 -1. LA RESERVE UTILE (RU)

La réserve utile (*RU*) est la quantité d'eau stockée dans le sol qui peut être absorbée par les racines des plantes (entre la capacité de rétention et le point de flétrissement). En général, cette réserve utile pour les plantes dépend essentiellement de la granulométrie des sols et varie à l'inverse de la perméabilité: les sols argileux ont une réserve utile supérieure aux sols sableux, mais ils sont moins perméables.

En l'absence de mesures précises, qu'il faut faire au laboratoire, on peut donner les ordres de grandeur suivants de cette capacité utile:

Tableau : La réserve utile des sols

Type de sol	RU %
Sols sableux	6
Sols moyens (limoneux-sablo/argileux)	12
Argiles	16

2-3-2. LA RESERVE FACILEMENT UTILISABLE (RFU)

C'est la quantité d'eau disponible par unité de surface calculé sur la profondeur maximale d'enracinement, et comprise entre deux limites ; d'un part le point de flétrissement et d'autre part la capacité de rétention.

$$RFU = (1/2 \text{ ou } 2/3) RU$$

$RFU/RU = 2/3$ dépend essentiellement de :

- 1- La nature du sol et son profondeur.
- 2- La nature des cultures (profondeur des racines)

En pratique, on déconseille d'attendre que le sol soit revenu au point de flétrissement avant de pratiquer une irrigation. On déclenche l'irrigation dès que la "réserve facilement utilisable" (*RFU*) a été consommée.

Le rapport RFU/RU dépend de tout un ensemble de facteurs, en particulier la densité des racines (et donc le volume de sol effectivement utilisé par les racines).

Pour faciliter les calculs, on considère souvent que ce rapport est fixe et que $RFU/RU = 2/3$, mais en réalité, les sols argileux sont souvent compacts et moins bien explorés par les racines que les sols sableux et on recommande les rapports suivants:

Tableau : le rapport RFU/RU des sols

Type des sols	RFU / RU
Sols argileux	0,5
Sols limoneux:	0,65
Sols sableux	0,75

Il s'agit d'une estimation très approximative, car on a pu montrer que le rapport RFU/RU dépend des cultures.

Dans un même sol les cultures résistantes à la sécheresse disposent d'une RFU plus importante que les cultures sensibles. Il faut considérer que les cultures maraîchères disposent d'une RFU réduite par rapport aux céréales; elles doivent donc recevoir des doses d'irrigation plus petites mais plus fréquentes. La dose réelle d'irrigation dr (volume d'eau) qu'il faut apporter à chaque irrigation dépend de la profondeur explorée par les racines et de la nature du sol:

$$dr = RU \times (RFU / RU) \times \text{Profondeur enracinement}.$$

Exercice :

Déterminer la dose d'irrigation :

- 1) Pour une culture de radis sur un sol sableux, on peut estimer que les racines n'explorent pas plus de 20 cm. Et les besoins en eau $ETRM = 4,5 \text{ mm/j}$.
- 2) Pour une culture de tomate arrivée à floraison en terre franche en argile (racines atteignant 60 cm de profondeur) (compte tenu du coefficient cultural de 1,1, l' $ETRM$ est de 6,6 mm/j).

Solution :

1)-Pour une culture de radis sur un sol sableux, on peut estimer que les racines n'explorent pas plus de 20 cm.

La dose d'irrigation sera donc de : $6 \% \times 0,75 \times 0,2 \text{ m} = 0,009 \text{ m} = 9 \text{ mm}$.

Il faudra donc arroser tous les jours.

2)-Par contre, pour une culture de tomate arrivée à floraison en terre franche Dose = $16 \% \times 0,5 \times 0,6 \text{ m} = 48 \text{ mm}$. Si l' ETP est de 6 mm/j, il suffit d'arroser tous les 7 jours