

COURS IRRIGATION-DRAINAGE
cycle : L3 PV

partie 1: IRRIGATION

chapitre 1: les éléments fondamentaux

1- Rôle et types d'eau dans la plante

Le rôle de l'eau dans la plante est vital, il rentre dans les différents processus photosynthétiques de la plante.

Il existe deux types d'eau dans la plante

- l'eau de constitution

Il s'agit d'une partie très fine utilisée par les plantes et qui est devenue une partie constituante des tissus.

- l'eau de végétation

Il s'agit de la plus grande partie d'eau absorbée par les plantes. Après avoir contribué aux différents phénomènes photosynthétiques de la plante, cette eau est transpirée à travers les stomates vers l'atmosphère. Les quantités d'eau véhiculées dépendent du type, stade de la culture et les conditions climatiques en place.

2/ Volume d'eau d'irrigation.

L'irrigation a été toujours reconnue à travers l'histoire qu'elle constituait une source de richesse pour les nations.

La mise en place de nouveaux périmètres irrigués est devenue donc l'une des priorités des différents états du monde. Seulement, il faut savoir que tout projet d'irrigation exige la disponibilité de quantités suffisantes d'eau qui répondent au débit de pointe de la région.

À titre indicatif, l'irrigation d'un hectare peut nécessiter un maximum de 15000 m^3 par année.

3/ qualité d'eau

Pour une utilisation des eaux d'irrigation sans risque sur les sols et la santé humaine, ces dernières ^{doivent} répondre aux normes de qualité régies par les réglementations internationales et nationales.

Ces règles concernent la qualité

de l'eau sur les plans :

- physiques
- chimiques
- microbiologiques

L'étude détaillée de ces critères sera réalisée dans le cours "qualité des eaux".

4/ Rapports Eau-sol-plante

4.1/ Force de rétention de l'eau par le sol

Les forces qui agissent sur l'eau du sol sont complexes, elles varient en fonction de la position de la molécule d'eau dans le sol par rapport aux particules solide du sol, aux capillaires du sol et aux autres molécules d'eau.

Ces forces peuvent être résumées en quatre types :

a) forces d'adsorption (f_a)

Elles sont présentes entre la molécule d'eau qui est en contact direct avec la particule du sol

b) forces de capillarité (f_c)

Elles sont présentes entre la molécule d'eau et l'air. Elles dépendent du potentiel capillaire.

c) forces de pesanteur (f_n)

Ces forces agissent sur tous les corps de la tene et dépendent donc du potentiel newtonien.

d) forces hydrostatiques (f_h)

Elles résultent de l'action du poids des molécules d'eau les unes sur les autres, leur potentiel dépend du poids spécifique de la molécule et la pression hydrostatique

La résultante de ces forces (F), traduisant le potentiel total s'écrit en forme algébrique, tenant compte de la direction de chaque force comme suit :

$$F = f_a - f_c + f_n + f_h$$

4.2. Courbe de rétention de l'eau par le sol

Rappel: quelques définitions

- Humidité du sol

L'humidité du sol exprime le pourcentage de l'eau dans le sol.

Elle s'exprime de deux formes:

- pondérale (massique) (g d'eau/g de sol)
(Hp)
- volumétrique ($\text{cm}^3 \text{ d'eau/cm}^3 \text{ de sol}$)
(Hv)

Il existe une relation qui lie ces deux formes d'humidité

$$H_v = D_a \cdot H_p$$

- Densité apparente (D_a) du sol

La densité apparente d'un sol est le rapport du poids sec d'un échantillon de sol (P_s) sur son volume total en place (in situ) c'est à dire sans perturbation.
(V_t).

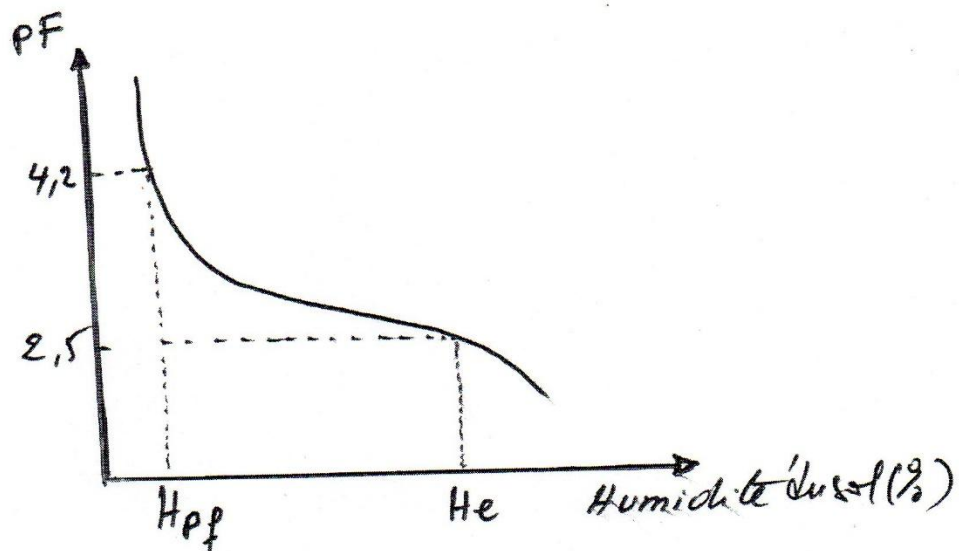
$$D_a = \frac{P_s}{V_t}$$

(5)

- Courbe de Rétention

Elle représente la relation existante entre le taux d'humidité du sol et le logarithme décimal de la résultante des forces (PF) qui retiennent cette eau dans le sol.

En général, elle prend la forme ci-dessous :



H_e : Humidité équivalente
 H_{pf} : Humidité au point de flétrissement permanent

Il existe des niveaux d'humidité critiques du sol en relation avec l'état de vie des plantes à savoir :

- Humidité maximale (H_{max}) : Ce niveau est atteint quand le sol est gorgé d'eau. Ce niveau d'humidité est impropre pour les cultures à cause de l'absence totale de l'air dans le sol qui est indispensable pour la respiration.

- Humidité à capacité au champ (H_{cc}), très proche de l'humidité équivalente (H_e). Ce niveau est atteint après drainage naturel d'un sol, préalablement saturé d'eau. Il correspond au $PF \approx 2,5$.

- Humidité au point de rétention (H_r) : ce niveau d'humidité est légèrement inférieur au précédent ; il correspond au $PF = 3$.

- Humidité au point de flétrissement temporaire (H_{pf_t}) ou de danger : ce niveau est atteint quand la plante commence à flétrir. Il correspond au $PF = 3,7$.

- Humidité au point de flétrissement permanent (H_{pf}). A ce niveau d'humidité, la plante flétrit d'une façon permanente. Ce niveau correspond au $PF = 4,2$.

4.3/ Réserves en eau du sol.

On doit noter que la quantité totale de l'eau disponible dans le sol est constituée de deux types de réserves; une réserve utile (RU) et une réserve non utilisable par les plantes. Elles dépendent du type de sol et la profondeur racinaire.

4.3.1/ Réserve utile (RU)

Elle est placée entre le taux d'humidité à capacité au champ (H_{cc}) ou équivalent (H_e) et le taux d'humidité au point de flétrissement permanent (H_{pf}): Elle est déterminée par la relation suivante

$$RU = (H_{vcc} - H_{vpf}) Z$$

H_{vcc} : Humidité volumétrique du sol à capacité au champ

H_{vpf} : Humidité volumétrique du sol
au point de flétrissement permanent

Z : profondeur racinaire

La réserve utile est subdivisée en
deux autres réserves: une réserve facilement
utilisable et une réserve de survie (RS)

Réserve facilement utilisable (RFU)

C'est la quantité d'eau du sol que peut
utiliser la plante d'une manière facile, c'est
l'état de luxe pour la plante.

Elle constitue une fraction de la
réserve utile précédente. Elle ^{est} prise égale
à $\frac{1}{2}$ pour les sols fins (taux d'argile important)
ou $\frac{2}{3}$ pour les sols de texture légère.

c'est à dire :

$$RFU = \frac{1}{2} RU$$

ou

$$RFU = \frac{2}{3} RU$$

Réserve de survie (RS)

Elle représente la différence entre la réserve utile (RU) et la réserve facilement utilisable (RFU)

$$RS = RU - RFU$$

Dans cette zone d'humidité, la plante assure sa survie mais en présence de l'effet d'un stress hydrique qui se répercute sur le niveau de production de la culture.

4.3.2 Réserve non utilisable

Elle représente la partie d'eau retenue par le sol avec une force de rétention correspondant à un PF Supérieur à 4,2.

La valeur 4,2 correspond à une force de succion moyenne des plantes allant de 15 à 16 bars.

Exemple d'application

Sont les données suivantes sur le sol et la plante :

- La texture du sol est à domination légère de densité apparente de 1,35.
- Humidité pondérale du sol à capacité au champ est de 23%
- Humidité pondérale du sol au point de flétrissement permanent est de 14%
- La profondeur racinaire de la plante est de 60 cm.

Déterminer en mm la réserve utile, la réserve facilement utilisable et la réserve de survie (RS).

Solution

$$RU = (H_{pcc} - H_{pf}) Da \times z$$

avec Da : Densité apparente

z : profondeur racinaire

$$RU = (0,23 - 0,14) 1,35 \times 60 = 7,29 \text{ cm} = \boxed{72,9 \text{ mm}}$$

$$RFU = \frac{2}{3} RU = \frac{2}{3} 72,9 = \boxed{48,6 \text{ mm}}$$

$$RS = RU - RFU = 72,9 - 48,6 = \boxed{24,3 \text{ mm}}$$

5 / Besoins en eau, dose et fréquences d'irrigation

5.1 / Besoins en eau des cultures

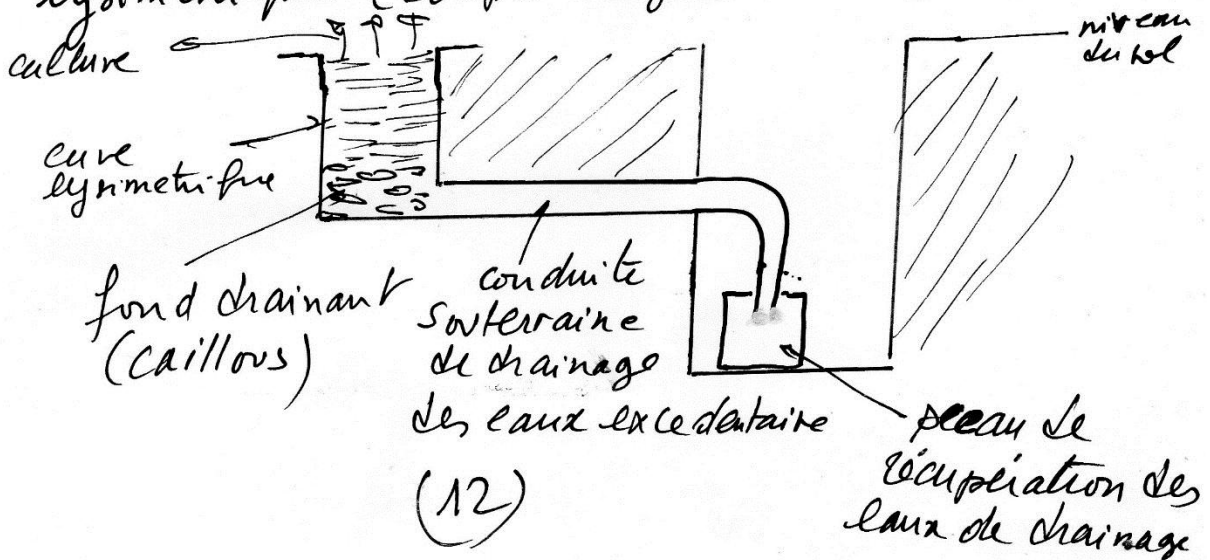
Définition : Les besoins en eau maximums des cultures s'expriment par le concept d'évapotranspiration maximale notée "ETM".
Ce niveau de consommation (ETM) est atteint non la plante quand le sol contient suffisamment d'eau et que sa réserve facilement utilisable n'est pas encore épuisée

5.2 / Estimation de l'ETM des cultures

Il existe deux grandes méthodes

5.2.1 / Méthode directe

Cette méthode est basée sur le principe d'un bilan hydrique quotidien effectué sur Cuve lysimétrique (Coupe longitudinale ci-dessous)



Dès la levée de la culture plantée au niveau de la cuve, on procède à la réalisation du bilan hydrique tous les jours, selon l'équation suivante simplifiée

$$ETM = I + P - D$$

I = Irrigation : c'est à dire les apports d'eau apportés au niveau de la cuve à 6^h du soir, ces apports sont toujours nettement supérieurs au besoins de la Culture.

P = pluviométrie : elle est mesurée à l'aide d'un pluviomètre ou station automatique. Généralement P est nulle en période estivale où l'irrigation est appliquée.

D = Drainage ; il s'agit des eaux excédentaires qui sont drainées au niveau de la Fosse de drainage, récupérées à l'aide d'unseau ou gâricane fermée dans sa partie supérieure pour éviter l'évaporation de l'eau (perte). Ces eaux sont récupérées 24^h après avoir apporté l'irrigation à la même heure c'est à dire 6^h du soir du jour qui suit.

NE : Avant le premier apport le sol de la cuve doit être à capacité au champ avec des apports d'eau préalable non comptés.

Toutes les valeurs doivent être converties en mm.

Il faut retenir que

$$1 \text{ mm} = 1 \text{ litre} / \text{m}^2$$

$$1 \text{ mm} = 10 \text{ m}^3 / \text{hectare}$$

Donc, il faut connaître au départ la surface de la cuve lysimétrique

A titre d'exemple si nous avons une cuve de 6 m^2

Les apports (irrigation) sont égales à 60 litres réparties d'une façon homogène sur toute la surface de la cuve.

les eaux de drainage (D) récupérées sont de 18 litres.

la pluviométrie = 0

Conversion

Puisque $1 \text{ mm} = 1 \text{ l} / \text{m}^2$

donc : $I = 60 \text{ l} = 10 \text{ mm}$, car la surface = 6 m^2 .

$D = 18 \text{ l} = 3 \text{ mm}$: c'est à dire $\frac{18}{6} = 3 \text{ mm}$

Donc $\text{ETM} = 10 + 0 - 3 = 7 \text{ mm/jour}$.

2.1.2 : Méthode Indirecte

La méthode indirecte d'estimation de l'ETM est basée sur la relation suivante :

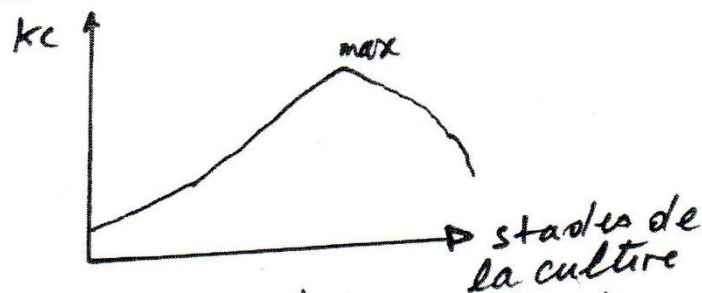
$$ETM = K_c \cdot ETP$$

ETM = évapotranspiration maximale

ETP : évapotranspiration potentielle (voir cours agronomie 10912)

K_c : Coefficient Culturel

Ce coefficient dépend essentiellement du stade de la culture ; il exprime le niveau de consommation des cultures ; il suit généralement la forme ci-après



il est faible au début et atteint une valeur maximale quand la plante est en pleine végétation (floraison et regresse en fin de cycle durant la période de sénescence (maturation)).

Il est fourni par la bibliographie comme par exemple le "bulletin Fao.IRR.Drainage" disponible sur Internet.

2.2 Dose et fréquence d'irrigation

Définition : La dose d'irrigation est la quantité d'eau en mm apportée à la plante lors d'une irrigation à l'aide d'un système d'irrigation.

fréquence d'irrigation (n) :

La fréquence d'irrigation représente le nombre d'irrigation décidé préalablement pour répondre aux besoins maximums de la culture d'une période bien déterminée de son cycle végétatif.

Dose pratique d'irrigation (D_p) : Elle représente la plus grande dose qu'on peut apporter, elle est égale à la RFU (voir premier chapitre).

Ces paramètres sont liés par la relation suivante.

$$n D_p = E T M$$

$$D_p = RFU$$

n = fréquence d'irrigation

Dans les calculs, on passe de la Dose pratique (D_p) à des doses réelles avec leur fréquences associées que nous aurons choisies.

L'exemple d'application suivant vous facilitera la compréhension de la méthode

Exemple d'application

Sans revenir sur le calcul de la RV et RFV, déjà vues dans le chapitre précédent, sachant que :

- les besoins en eau maximums (ETM) durant une phase de 20 jours du cycle de la culture sont de 55 mm
- Supposons que la RFV calculée est égale à 25 mm, tenant compte de la profondeur racinaire et les propriétés du sol.

Conclusion

c'est très simple, on écrit la relation

$$n D_p = ETM$$

$$\text{Comme } D_p = RFV = 25 \text{ mm}$$

on calcule n

$$n = \frac{ETM}{RFV} = \frac{55}{25} = 2,2 \text{ fois}$$

La valeur trouvée n'est pas entière, on prendra toujours les valeurs entières supérieures à la valeur trouvée

$$\text{donc } \boxed{n \geq 3}$$

et on recalcule la dose de nouveau

(17)

avec la même relation et qu'on appelle maintenant dose réelle.

c'est à dire

$$\text{avec } n=3 \Rightarrow Dr = \frac{55}{3} = 18,33 \text{ mm}$$

Autrement dit

- la dose réelle à apporter = 18,33 mm
- sa fréquence (nombre d'irrigation = 3)

avec $n=4$

$$Dr = \frac{55}{4} = 13,75 \text{ mm}$$

Autrement dit

Dose = 13,75
fréquence = 4

ainsi de suite ...

Remarque

on peut pas prendre $n=2$

car avec $n=2 \Rightarrow Dose = \frac{55}{2} = 27,5 \text{ mm}$

cette dose de 27,5 mm est théoriquement refusée, car, elle dépasse la valeur de la RFV qui ^{est} de 25 mm.

Si, on dépasse la RFV, le sol devient saturé (chose mauvaise pour la respiration des plantes).