

Chapitre III : Irrigation au niveau de la parcelle

Introduction

Lorsque les besoins en eau des cultures tout au long de leur phase de croissance sont connus, il reste à estimer les quantités d'eau d'irrigation à fournir au niveau de la parcelle. Pour ce faire, il est nécessaire d'en connaître les données pédologiques. Celles-ci permettront de déterminer la capacité de stockage de l'eau dans le sol et par là même de déterminer la dose d'irrigation à appliquer selon une fréquence définie par l'agriculteur de façon à couvrir les besoins en eau des cultures.

III.1 Structure d'un réseau d'irrigation

Un réseau ou système d'irrigation, également connu sous le nom de "réseau de canaux", transporte l'eau de sa source aux parcelles cultivées et à irriguer, et se compose d'une multitude de canaux allant du prélèvement d'eau, son transport jusqu'à l'entrée du périmètre d'irrigation, ensuite c'est le réseau collectif qui prend le relais pour la distribution des eaux aux niveaux des prise d'eau (bornes).

Dans un aménagement hydro agricole, on peut classer les équipements ou les ouvrages qu'il met en jeu en plusieurs niveaux :

a) Les ouvrages de mobilisation, ce sont des réalisations en amont qui mettent de l'eau, à partir de sa source d'origine (souterraine et/ou de surface) à la disposition du réseau d'irrigation pour la transporter, la distribuer et enfin irriguer les parcelles cultivées. Il s'agit essentiellement en Algérie, de captage d'eau de nappes souterraine (puits, forages,...) et de barrages réservoirs, retenues. Dans d'autres régions de réseau hydrographique important, on peut avoir des barrages de dérivation ou prises d'eau mobilisant ainsi des fleuves ou rivières pour irriguées les cultures.

b) Les ouvrages de transport, acheminent l'eau d'irrigation depuis la prise d'eau jusqu'aux périmètres à desservir. Ces ouvrages transitent des débits importants (quelques mètres cubes à quelques dizaines de mètres cubes par seconde) sur de longues distances. Ils sont constitués d'ouvrages linéaires (canaux, galeries) et d'ouvrages ponctuels (aqueducs, siphons, régulateurs, ...).

c) *Les ouvrages de distribution* répartissent à l'intérieur du périmètre et jusqu'aux prises d'irrigation propres à chaque agriculteur, l'eau amenée par les ouvrages de transport, ces réseaux ont une structure généralement ramifiée.

d) *L'irrigation à la parcelle* est relative à la mise en œuvre de l'eau d'irrigation délivrée aux prises du réseau. On entend par parcelle d'irrigation l'unité de surface disposant d'une prise individualisée sur le réseau de distribution.

III.2 Principe de l'arrosage

Le but d'un arrosage est de compenser les pertes en eau d'un espace vert, pour que les plantes n'aient pas à souffrir de sécheresse. Le raisonnement se fait par étape :

1ère étape : quelle quantité d'eau est nécessaire ?

2ème étape : combien d'eau au maximum peut stocker le sol ?

3ème étape : y a-t-il eu des pluies ?

4ème étape : compte tenu de la capacité de stockage du sol et des apports par les pluies, quel est le stock disponible, et combien de jours laisser entre deux arrosages ?

5ème étape : régler la durée d'arrosage, en fonction du débit de l'installation.

III.3 Performances et perfectionnement du calcul du régime d'irrigation

Le calcul de perfectionnement du régime d'irrigation repose sur :

III.3.1 Débit fictif continu (q_{fc})

Ayant la quantité totale en eau qu'un hectare d'une certaine culture nécessite au cours de sa période végétative, on peut la donner en terme de débit constant *en l/s/ha* pendant cette période. Ce qui exprime le débit fictif continu q_{fc} .

Le débit fictif continu est le débit qu'il faut apporter à la parcelle 24h sur 24h pour couvrir les besoins en eau des plantes.

$$q_{fc} = \frac{\text{besoins total de mois de pointe}}{24 \times 3600 \times N_j}$$

Avec :

N_j : nombre de jours du mois de pointe.

Mais l'application d'une telle mesure, assez simpliste, n'est pas réaliste, puisque les besoins de cultures sont très variables au cours de la période végétative.

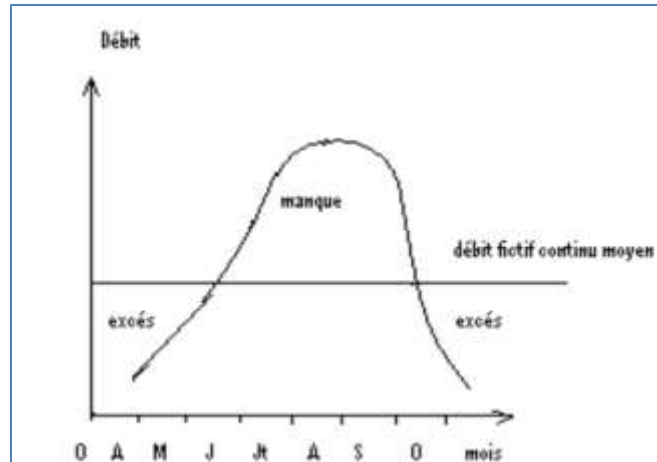


Figure : Variations des besoins journaliers des plantes

En effet, la consommation en eau des cultures (mm) croit progressivement durant les premiers mois pour atteindre des maximums pendant les mois les plus secs, ensuite il y a diminution en fin de période. Comparée au débit supposé constant durant la même période, cette variabilité de consommation en eau des plantes, offre au début un excédent d'eau suivie d'un manque d'eau important et finie ensuite encore par un excès d'eau.

III.3.2 Le débit caractéristique

Maintenant si on exprime ces besoins (mm) variables en terme de débit, il faut les transformer en $m^3/ha/jour$, Ce qui donne donc des débits fictifs continus variables durant la période végétative. Et le maximum atteint, parmi ces débits pendant la période sèche, est appelé débit caractéristique q_c ($l/s/ha$).

La valeur de débit caractéristique était majorée 25% pour tenir compte les pertes inévitables.

$$Q_c = q_f + 0.25q_f$$

Dans le cas de polyculture, on prend le « q » du mois où l'apport d'eau est maximum pour l'ensemble des cultures pratiquées.

Exemple

Pour le blé, si le besoin journalier maximal au mois de juin est de 4mm ($40 m^3/ha$), le débit caractéristique du blé est: $q_c = (40 \times 1000) / (24 \times 60 \times 60) = 0.46 l/s/ha$. Cette valeur est à augmenter de 25% environ, compte tenu des pertes inévitables.

Ce qui donne 0.58 l/s/ha. Mais l'on raisonne par rapport aux besoins globaux (ETP, pluviométrie) et s'il plut 50mm pendant cette période ce qui donne en terme de débit

$$(50 \times 10 \times 1000) / (30 \times 24 \times 60 \times 60) = 0.19 \text{ l/s/ha.}$$

Ainsi le débit caractéristique, deviendrait $q_c = 0.46 - 0.19 = 0.27 \text{ l/s/ha.}$

III.3.3 Le régime d'irrigation

le régime d'irrigation est représenté par la dose d'eau à apporter pendant la période de végétation dans un délai déterminé selon les besoins en eau des plantes.

III.3.3.1 La dose d'irrigation

Elle représente la quantité d'eau qu'il faut apporter à chaque irrigation (en m³/ha ou en mm) pour remplir le réservoir sol. La dose d'irrigation dépend de la nature de la culture et sa phase de développement, capacité de la couche végétale (sol), la quantité des sels dans le sol, les conditions climatiques et hydrogéologiques et les procédés et les techniques d'irrigation.

III.3.3.1.1 Dose maximale D_m

Elle exprime la quantité d'eau maximale (D_m ou dm) remplissant la RU sans tenir compte de ses variations, ni celles de la profondeur de prospection racinaire. Généralement, c'est la quantité qu'il faudra ramener à la première irrigation à un sol qui est soumis à une dessiccation prolongée c'est donc la réserve utile.

$$D_m \text{ (m}^3\text{/ha)} = h \cdot 10^4 \cdot (H_{vr} - H_{vf}) \%$$

$$\text{Ou } dm \text{ (mm d'eau)} = h \cdot (H_{vr} - H_{vf}) \%$$

avec:

h : profondeur du sol exploitée par les racines (m).

H_{vr} : humidité volumétrique à la capacité de rétention = $H_{pr} \cdot da$

H_{vf} : humidité volumétrique au point de flétrissement $H_{pf} \cdot da$

On considère donc, que **dm** est une valeur "plafond" de la quantité d'eau apportée au sol cultivé à chaque arrosage. Et qu'en principe, n'est jamais atteinte et doit rester une donnée théorique servant de base au calcul de la dose pratique **dp**.

N.B : Avant semis, il faut apporter cette dose d'irrigation D_m .

III.3.3.1.2 Dose pratique D_p

C'est la dose d'eau qu'il faudra ramener à chaque irrigation de sorte que le réservoir sol soit rechargé à une profondeur « H » sans qu'il n'y ait percolation profonde. La dose pratique D_p , consiste à remplir plutôt la RFU, d'où :

$$D_p(\text{m}^3/\text{ha}) = 1/3 \text{ à } 2/3 [h \cdot 10^4 \cdot (H_v r - H_v f) \%]$$

$$D_p (\text{mm d'eau}) = 1/3 \text{ à } 2/3 [h \cdot (H_v r - H_v f) \%]$$

$$D_p = \alpha \times D_m = \alpha \times (H_r - H_f) \times h$$

Avec :

D_p : Dose pratique

D_m : Dose max

$0.3 < \alpha < 0.7$ (généralement = 2/3 ou 0.5)

III.3.3.1.3 Dose réelle

C'est la quantité d'eau exacte qui doit être apportée aux plantes pour chaque irrigation à elle est calculée en fonction de la dose pratique comme suit:

$dr \leq dp$, elle se calcule en fonction de la fréquence des arrosages.

$$\text{Dose réelle} = \frac{\text{Besoins}}{\text{Fréquence}} = \frac{\text{Besoins}}{N}$$

$$N = \frac{\text{Besoins}}{D_p}$$

Exemple: Si les besoins B (mm/mois) = 115 et si dp est de 20 mm, le nombre d'arrosage serait de $N = (115 / 20) = 5.75$. On adopte $N = 6$ et $dr = (115 / 6) = 19.5 \text{ mm} \leq dp$.

N.B : N doit être un nombre entier.

Dans la première irrigation, on ramène un volume égal à la RU, qui sert une réserve pour le sol et la mise en culture. Par la suite et à chaque irrigation, on ramène aussi un volume ($RFU = \alpha RU$), et ainsi pour qu'il y a toujours un volume sécurisant qui reste dans le sol.

L'efficience du réseau (rendement du réseau d'irrigation depuis la source jusqu'au dernier point d'irrigation). On peut avoir quatre types de l'efficience du réseau :

Rendement au temps :	24h/24h → 100 % 12h/12h → 50 %
Rendement aux pertes au cours de transport :	Exemple : Un rendement aux pertes au cours de transport égale à 90 %, cela veut dire qu'il y a 10 % d'eau perdue au cours de route.
Rendement à la parcelle :	Un rendement de 80 %, cela veut dire que 20 % de perte au niveau de la parcelle (Ruissellement – Evaporation) ;

III.3.3.2 Fréquence d'irrigation (N)

Est le nombre d'arrosages qu'il faut apporter pour combler le déficit en eau D_a (Déficit agricole).

$$N = \text{Besoins de pointe} / D_p$$

D_p : dose pratique

Exemple : Un sol a les caractéristiques suivantes :

$$H_r = 21\% \quad H_f = 9\% \quad \alpha = 0.5 \text{ (sol moyen)} \quad \text{densité apparente} = 1.5$$

Les besoins mensuels de la culture sont de l'ordre de 180 mm et la profondeur racinaire 70 cm.

- Calculer D_m , D_p et la fréquence N .

- Vos conclusions ?

Solution

$$D_m = (H_r - H_f) \times d_a \times h$$

$$\text{Donc : } D_m = (0.21 - 0.09) \times 1.5 \times 700 = 126 \text{ mm} = 1260 \text{ m}^3/\text{ha} = 1260 \text{ 000 litres/ha.}$$

$$D_p = \alpha D_m = 0.5 \times 126 = 63 \text{ mm} = 630 \text{ m}^3/\text{ha}$$

$$\text{On a : } N = \text{Besoins} / (D_p) = 180/63 = 2.85 \approx 3 \text{ fois/mois}$$

Conclusion : Si on irrigue avec D_p , $D_p \times N = 63 \times 3 = 189 \text{ mm}$, on dépasse largement les besoins de la culture pendant ce mois, car : sachant que les besoins = 180 mm.

Donc, il y a un excès de 9 mm = 90 m³/ha

Donc il faut irriguer avec la dose réelle $D_r = \text{Besoins}/N = 180/3 = 60 \text{ mm}$

III.3.3.3 Espacement d'arrosage T

Appelé aussi le tour d'eau qui est le nombre de jours qui sépare deux arrosages pour une même parcelle. Pour un nombre d'arrosage N sur un mois (30 jours) donné, on écrit :

$$T = (dp / N)$$

N.B : Pour l'irrigation localisée (goutte à goutte), la notion de fréquence et tour d'eau n'ont aucun sens (irrigation permanente).

Exemple : $B = 100\text{mm/mois}$ et $dp = 30\text{ mm}$. $N = (100/30) = 3.33$, on opte pour $N = 4$ avec $dr = (100/4) = 25 \leq dp = 30\text{ mm}$ (soit un arrosage par semaine). Ou encore L'espacement entre les arrosages est de : $T = (30/ 4) = 7.5$ jours (une semaine).

III.3.3.4 Module d'arrosage M

Appelé aussi débit pratique d'arrosage, c'est le débit dont l'irrigant dispose pour le déverser sur les parcelles à irriguer pendant le temps nécessaire pour que ces parcelles reçoivent les doses dont elles ont besoin. Exprimé en l/s ou m³/s, on l'appelle aussi **main d'eau**. Il dépend de la méthode d'arrosage; plus elle perfectionnée plus (**M**) est réduit.

Il dépend aussi de :

- L'état général du sol et de sa pente; peut conduire à choisir un petit module quand le sol est bien nivelé et la pente est convenable.
- La perméabilité K (m/s) du sol; L'eau doit être absorbée au fur et à mesure de son déversement sur la totalité de la parcelle irriguée sans excès ni insuffisance.
- Les dimensions des parcelles à arroser.

M varie entre 20 et 100l/s, une valeur couramment adoptée est 40l/s.

III.3.3.5 La durée théorique d'arrosage t

C'est le temps qu'il faudra pour recharger le sol c'est le temps d'infiltration de la hauteur dr

$$t = dr / k$$

K : perméabilité (m/s)

III.3.3.6 Notion d'îlot d'irrigation ou quartier d'arrosage :

Un îlot d'irrigation consiste en une surface irriguée à partir de l'unité de production du débit (borne, puits, lac....). Dans un réseau collectif un débit est issu de la borne à partir de laquelle un agriculteur arrose une parcelle.

C'est aussi ensemble de parcelles alimentées par une borne (débit donné) (unité de gestion spatiale d'un débit disponible) Un îlot comprend différents types de sol qui ne correspondent ni à des parcelles ni à des positions.

III.3.3.7 L'unité parcellaire d'arrosage S

Le dimensionnement de parcelle repose sur :

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

$$S = M/k$$

M : module d'arrosage (en m³/s)

K : vitesse de filtration (m/s)

C'est la surface qui peut être irriguée convenablement par un module. Dans la pratique des arrosages, on amènera à la tête de chacune des parcelles à irriguer un débit égal au module.

III.3.3.8 Nombre d'unité parcellaire n

$$n = Sm/S \quad Sm = m / Qc$$

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)

Exemple : Un robinet qui débite au max 1 l/s sur un sol, à perméabilité de 0.0001 m/s.

Si, on ouvre le robinet à un débit de 0.1 l/s, il va couvrir une surface de « S »

$$S = \frac{m}{k} = \frac{0.1}{0.0001} = 10 \text{ m}^2$$

Donc 10m² qui absorbe un débit de 0.1 l/s.

Si, on ouvre davantage le robinet, la surface sera plus irriguée :

$$S = \frac{m}{k} = \frac{0.2}{0.0001} = 20 \text{ m}^2$$

On comprend la nécessité de dimensions des parcelles, à mettre en eau successivement d'une part en fonction du module et d'autre part selon la perméabilité de chacune des parcelles.

On peut noter, pour une parcelle de surface « S » d'un sol, d'une perméabilité k (m/s), il y a équilibre entre le module « m » et « k » de toute la parcelle.

$$S \times K = m$$

III.3.3.9 Surface globale irriguée par un module « m »

Si, on met à la disposition d'un irrigant un module « m » continu et si le débit fictif continu moyen qui nécessaire à l'hectare pendant la période (mois) est « q », il peut avec ce module irriguer une surface globale :

$$S_g = \frac{m}{q}$$

Avec :

S_g : surface globale ;

m : module ;

q : débit fictif.

Il répartira cette surface globale « S_g » en unités parcellaires d'arrosage et le nombre « n » de ces unités parcellaires :

$$n = \frac{S_g}{S}$$

III.4 Concepts d'avertissement et de pilotage des irrigations

Avec la diminution des ressources en eau dans les régions arides et semi-arides, des nombreuses techniques et méthodes se sont développées au cours des années pour la conduite de l'irrigation. Elles sont basées sur les informations issues du sol, du climat ou de la plante, exploitées séparément ou de manière complémentaire. Certaines méthodes

constituent des outils d'aide à la décision pour programmer l'irrigation (quand dois-je irriguer ?) ; d'autres vont jusqu'à calculer le volume d'eau nécessaire par apport.

Le choix d'une méthode repose sur de nombreux facteurs tels que l'espèce (c'est-à-dire le cycle de développement et les pratiques culturales), le type d'application (surface, aspersion, goutte à goutte), le coût des équipements de pilotage, le temps disponible pour collecter les données, etc.

Le niveau de connaissance de l'utilisateur intervient également dans la mesure où seules des données correctement interprétées s'avèrent utiles. Nous préconisons quant à nous des méthodes de conduite de l'irrigation basées sur des données liées au sol.

En effet, les méthodes basées sur des données climatiques sont parfois difficiles à mettre en œuvre (difficulté d'obtention de données valides), et les méthodes basées sur des mesures plantes (température de surface du couvert végétal, variation des dimensions des organes végétaux) nécessitent des appareils coûteux et délicats à manipuler.

a) La conduite de l'irrigation basée sur des données sol

Potentiel hydrique et teneur en eau du sol

Les mesures de l'eau dans le sol sont faciles à réaliser et suffisamment fiables pour une conduite efficace de l'irrigation. Selon l'appareil utilisé, elles peuvent compléter, voire remplacer la méthode du bilan hydrique basée sur les données météorologiques (se reporter à la brève description en colonne de droite). En général, les paramètres mesurés sont la teneur en eau du sol (en %), ou le potentiel hydrique du sol (aussi appelé succion ou tension du sol).

b) Le potentiel hydrique du sol – Quand irriguer ?

C'est la mesure de la pression requise pour extraire l'eau du sol (exprimée en centibars ou millibars). Plus le sol est sec, plus le niveau de succion est élevé, car plus l'eau est fortement retenue par les particules du sol. A priori, on peut penser qu'il est plus intéressant de mesurer directement la teneur en eau du sol, et de calculer la quantité d'eau présente dans la zone d'extraction racinaire. Cependant, le potentiel hydrique constitue une donnée précieuse lorsqu'elle est correctement interprétée.

c) Matériels et Méthodes d'avertissement et pilotage des irrigations

Divers matériels et dispositifs sont utilisés d'avertissement et pilotage des irrigations (phot. 1).



a) Station météo automatisée



b) terrain cultivé et équipé par lysimètre



c) Bac d'évaporation classA



d) mesure du potentiel hydrique par le tensiomètre

Photo: Appareillage et dispositifs pour le pilotage de l'irrigation.

L'utilisation du type d'appareillage, est tributaire des méthodes adoptées pour une gestion en eau de précision d'une agriculture irriguée.

A cet effet, on distingue de façon très simpliste deux méthodes de pilotage des irrigations:

Pilotage des irrigations non automatisé : c'est le déclenchement manuel de l'arrosage grâce aux tensiomètres, Bacs d'évaporation (Bac class A, ou autres),...permettant respectivement, d'avertir de l'état hydrique du sous-sol et des pertes par évaporation à sa surface. Ce qui constitue une aide à la décision d'irriguer ou non.

- *Pilotage des irrigations automatisé* : c'est la programmation et le déclenchement de l'arrosage de façon automatique, suite aux avertisseurs cités de manque d'eau au niveau du sol et même au niveau des cultures (capteurs, appareil infrarouge,...) (phot. 1).

Il faut noter qu'à ce niveau, le système d'arrosage employé est raccordé à ces dispositifs et à une station météo automatisée, le tout via une assistance par ordinateur permettant le calcul des volumes d'eau délivrés aux cultures et enfin le déclenchement des arrosages.

C'est quoi l'irrigation d'appoint et quel est son intérêt ?