

Chapitre I : Irrigation

I.1.Définition : Le terme « irrigation » a été défini comme : l'application d'eau complémentaire à celle fournie directement par les précipitations naturelles pour la production agricole

L'irrigation est l'opération consistant à apporter artificiellement de l'eau à des végétaux cultivés pour en augmenter la production, et permettre leur développement normal en cas de déficit d'eau induit par un déficit pluviométrique, un drainage excessif ou une baisse de nappe, en particulier dans les zones arides.

I.2.Techniques d'irrigation : On peut distinguer plusieurs techniques d'irrigation :

- manuelle (arrosoir, seau...), réservée aux très petites surfaces ;
- par écoulement de surface, sous le simple effet de la gravité, au moyen de canaux et rigoles : irrigation gravitaire appelée aussi irrigation de surface, irrigation par sillons ou « à la raie » ;
- par aspersion, technique qui consiste à reproduire la pluie ;
- par micro aspersion, semblable à la précédente mais plus localisée donc plus économe en eau ;
- par micro-irrigation ou goutte à goutte, technique économe en eau et qui permet d'éviter le ruissellement, mais présente le grave inconvénient de charger à la longue les sols en sels qui en modifient les caractéristiques ;
- par infiltration, au moyen de tuyaux poreux enterrés, variante de la technique du goutte à goutte ;
- par inondation ou submersion (c'est la technique appliquée dans les rizières; c'était aussi celle qui fertilisait l'Égypte par les crues du Nil).

I.3. Matériel d'irrigation : On peut distinguer deux catégories de matériels ou d'installations nécessaires à l'irrigation :

- ceux servant à amener l'eau depuis les sources disponibles (cours d'eau, lacs ou retenues, nappe phréatique) ;
- ceux servant à l'irrigation proprement dite, c'est-à-dire à distribuer l'eau aux plantes.

Dans la première catégorie, on trouvera : forage, pompes, réseaux d'irrigations, canaux, norias...

Dans la seconde : asperseurs, canons d'arrosage, arroseurs automoteurs, goutteurs. Il existe par exemple un système d'irrigation à pivot central.

Chapitre II : Paramètres et facteurs intervenants en Irrigation

Le sol est un mélange poreux des particules inorganiques ou minérales, de matière organique, d'air et d'eau. Le terme sol, sera défini comme étant la couche supérieure de la terre qui peut être creusé et pelleté.

Les facteurs élémentaires de l'irrigation sont :

II.1. Le sol : Le caractère d'ordre général qui doit retenir tout spécialement l'attention réside dans la grande hétérogénéité du sol.

II.1.1. L'humidité du sol : L'eau est retenue dans le sol à cause de son attraction naturelle envers les particules de sol de la même façon qu'envers ses propres particules. L'eau est retenue sous la forme d'un film autour d'un chaque particule de sol.

II.1.2. Topographie : Examiner la pente (facteur capital de l'irrigation) qui conditionne la vitesse de circulation de l'eau en surface, ainsi que le parcellement. Les parcelles à pente uniforme et de faible amplitude (zones desservies par les grands barrages, se prêtent bien à l'irrigation car elles réduisent les coûteux travaux de terrassement.

II.1.3. Propriétés physiques : Perméabilité et capacité du sol pour l'eau : plus la perméabilité est grande, plus la capacité est faible. Cohésion : Le maintien des particules entre elle. La force d'érosion de l'eau est d'autant plus élevée que la vitesse du liquide est plus grande cohésion. En outre l'imbibition du sol réduit par elle-même la force de cohésion en dispersant les agrégats. Les terres lourdes, possèdent un degré de cohésion élevé, peuvent donc utiliser des masses d'eau importantes sur des pentes relativement prononcées.

II.1.4. Propriétés chimiques

Matières organiques : En apportant au sol une humidité permanente, elle réalise les conditions de milieu idéales pour une rapide transformation des matières organiques. En accélérant la décomposition de la matière organique, l'eau d'arrosage tend à gâter le sol.

Matières minérales : L'excès d'eau entraîne dans les couches profondes du sol où les substances sont définitivement perdues, il est évident qu'il ne serait guère avantageux d'appliquer des arrosages très suivis sur les terres maigres.

II.2. L'eau : L'utilisateur doit se préoccuper de l'origine de l'eau, de ses qualités et de son débit. Les besoins en eau domestique étant prioritaires, et vu le rôle central de l'eau pour de nombreux autres secteurs d'activités (tourisme, industrie, hydroélectricité, refroidissement des centrales nucléaires), l'agriculture irriguée, même si elle reste la principale utilisatrice de

l'eau douce (70 % des volumes prélevés) doit respecter les dispositifs de contrôle pour l'accès à l'eau et les arbitrages entre les différents usages.

Mais l'adéquation entre les demandes croissantes pour l'eau et la disponibilité des ressources en eau n'est pas toujours contrôlée.

II.2.1. La qualité physique : La qualité physique dominante est sa température. La température optimum peut se situer aux environs de 25° pour la majorité des plantes, durant la saison active de la végétation. Un apport d'eau sur la terre très sèche peut donner lieu à des phénomènes d'hydratation susceptibles d'élever dangereusement la température du sol. C'est pourquoi on recommande de ne pas arroser en pleine chaleur. Une eau froide arrivant au contact d'un feuillage surchauffé peut également causer des accidents.

II.2.2. La qualité chimique : L'eau dérive surtout des sels qu'elle contient en dissolution. Certains ions sont utiles, même à doses relativement élevées. Le calcium, qui compense ainsi les pertes de chaux dont il a été question plus haut. D'autres sont utiles à très faibles doses, puis deviennent rapidement nocifs lorsque la teneur de l'eau s'accroît : c'est le cas du magnésium. De même que l'on a maintenant recours à des essais physiologiques pour déterminer les besoins d'un sol en engrais, il ne faut pas hésiter à appliquer l'eau d'irrigation sur des plantes témoins, en utilisant la terre à irriguer, puisqu'on ne peut séparer sans crainte d'erreur ces deux éléments qui réagissent l'un sur l'autre : l'eau et le sol.

II.2.3. Le débit : C'est la quantité d'eau dont on dispose en un temps donné, par l'arrosage d'une propriété, il s'exprime en litres par seconde, litres par minute ou mètres cubes par heure.

Le débit total, ou module général pour une propriété, se calcule en fonction des besoins de pointe des cultures dans le cours d'une année. On doit tenir compte des pertes en cours de route, s'il y a lieu et se ménager une petite marge de sécurité en cas d'accident. Le volume d'eau distribué dans chaque élément, ou par hectare, prend le nom de dose, on a donc :

$$\text{Dose} = \text{débit} \times \text{temps d'écoulement}$$

II.3. Les cultures : Influent sur le mode d'irrigation soit par nature qui ne s'allie pas avec tous les systèmes, soit par leurs besoins en eau qui peuvent modifier la rotation des arrosages.

II.3.1. Nature des cultures : Impose un système d'irrigation. Il faut évidemment que les conditions naturelles conviennent à la fois à la plante et à son système d'arrosage. Si le milieu impose un mode d'irrigation, le choix des cultures se restreint. Ainsi une pente supérieure à 10 % nécessite les sillons ou l'arrosage en pluie. On ne peut songer à y installer économiquement des rizières. L'assolement peut amener à modifier le système d'irrigation au

cours des années. Pour que ces changements ne surprennent pas le cultivateur, ils doivent être prévus avant l'établissement du réseau d'arrosage, afin qu'il soit agencé en conséquence.

II.3.2. Besoins des plantes : Varient avec le climat et avec les espèces et selon le degré d'évolution de la végétation. Les modifications dues aux facteurs climatiques sont essentiellement variables d'une année à l'autre suivent le régime des températures, de la pluviométrie, des vents, ...

Les besoins sont variables suivant les espèces, principalement en raison de la durée de végétation en période estivale, certaines spéculations comme les cultures maraîchères, de primeur ne nécessitant que quelques arrosages au printemps, tandis que d'autres, comme le dattier réclament de l'eau sur la plus grande partie de l'année. Quelques espèces fruitières peuvent se contenter d'un arrosage de loin en loin (Abricotier, olivier), tandis que certaines nécessitent des irrigations suivies (agrumes).

II.4. Structure et texture du sol : Sous nos climats, l'apport d'eau au sol se fait sous forme de pluie, neige, rosée et brouillard. Toute l'eau des précipitations n'atteint pas le sol: une part est évaporée directement pendant et après la pluie; les gouttes peuvent être interceptées en partie par le feuillage. L'eau qui atteint le sol ruisselle, s'infiltré et ré humecté le sol. Les racines absorbent cette eau que la tige et les feuilles évaporent par transpiration. Une fraction réduite finalement gagne la profondeur et atteint la nappe.

II.4.2. Surveillance de la teneur en eau dans le sol : L'humidité absolue représente le nombre de grammes de vapeur d'eau présents dans un volume donné, rapporté à la masse d'air sec de ce volume exprimé en kilogramme, L'humidité relative s'exprime en % ; sa valeur est proche du rapport entre l'humidité absolue portée par l'air et l'humidité absolue maximale qu'il peut porter lorsqu'il est saturé.

Pourquoi surveiller l'humidité du sol : même si on applique la règle simple " d'arroser avec 2,54 cm (1 po) d'eau par semaine " pour les cultures horticoles, la quantité exacte à administrer à une culture dépend de combien elle a besoin et de ce que le sol peut emmagasiner.

La quantité d'eau dont la culture a besoin dépend de l'évapotranspiration (*ET*), qui est affectée par :

- la température et l'humidité
- le stade de croissance de la culture
- le rayonnement solaire
- la présence de paillis.

La quantité d'eau que le sol peut emmagasiner dépend :

- de la texture du sol

- du % de matière organique
- de la profondeur des racines.

L'utilisation de l'eau et des éléments nutritifs est à son plus efficace quand l'eau est fournie dans les quantités exigées par la culture et que le sol ne peut en emmagasiner ni plus, ni moins.

Capacité de rétention : autant d'eau que le sol peut en retenir (plus précisément, la quantité d'eau retenue dans le sol deux ou trois jours après qu'il ait été saturé par des précipitations. Il y a peu de mouvement descendant, par gravité, de l'eau dans le sol et très peu de succion capillaire).

Point de flétrissement permanent : quantité d'eau qui reste dans le sol quand le végétal se flétrit dans une atmosphère humide. L'eau qui reste dans le sol est fortement retenue par les particules du sol et ne peut être absorbée par les racines.

Eau disponible : c'est la quantité d'eau dans le sol qui se situe entre la capacité de rétention et le point de flétrissement permanent. Il faut commencer à irriguer avant que le sol n'atteigne un niveau de 50 % de l'eau disponible.

La capacité au champ: quantité d'eau retenue dans les premiers niveaux du sol quand la percolation naturelle vers la profondeur et vers l'aval stoppe. - La teneur en eau du sol peut descendre au-dessous de la capacité au champ et même atteindre le point de flétrissement près de la surface: un courant d'eau capillaire s'établit depuis la profondeur.

La réserve utile (RU): quantité d'eau que la plante peut théoriquement utiliser dans ses conditions optimales. Cette quantité est toujours < à la capacité de la rétention et dépend des plantes. La quantité d'eau qui reste dans le sol, mais qui ne peut pas être utilisée par les plantes définit le point de flétrissement.

L'état des Réserves en eau des sols

La réserve 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.

La réserve 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.

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

RFU 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 1 : le rapport *RFU/RU* des sols

| Type des sols | <i>RFU/ RU</i> |
|----------------|----------------|
| 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:

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

La sécheresse : La sécheresse est l'état normal ou passager du sol et/ou d'un environnement, correspondant à un manque d'eau, sur une période significativement longue pour qu'elle ait des impacts sur la flore naturelle ou cultivée, la faune sauvage ou les animaux d'élevage. Sécheresse ne doit pas être confondue avec aridité. Une région aride peut connaître des épisodes de sécheresse.

L'aridité caractérise un climat ayant de faibles précipitations moyennes annuelles et par un fort déficit de celles-ci par rapport à l'évapotranspiration potentielle, en opposition à un climat humide. L'aridité présente de fortes implications hydrologiques, édaphiques et

géomorphologiques. Il s'agit d'un concept climatique à référence spatiale (zone aride), l'aridité ne doit pas être confondue avec la sécheresse qui est un concept météorologique où l'absence d'eau ou les déficits hydriques sont considérés comme une référence temporelle, conjoncturelle (période où année(s) sèche(s)).

Types de sécheresse : Il existe trois types de sécheresse.

Le premier type, la sécheresse météorologique, survient lorsqu'il existe une période prolongée d'un taux de précipitations en dessous de la moyenne.

Le deuxième est la sécheresse agricole, lorsqu'il n'existe pas assez d'humidité pour les cultures. Cette condition peut avoir lieu même si les précipitations sont normales à cause des conditions du sol et des techniques agricoles, ou de choix de plantes inadaptées (comme le maïs ou le riz, très consommatrices d'eau).

Le troisième, la sécheresse hydrologique, survient lorsque le niveau des réserves d'eau disponibles dans les nappes aquifères, lacs et réservoirs descend sous la moyenne. Ce seuil peut être atteint avec des précipitations normales ou au-dessus de la moyenne lorsque l'eau est détournée vers une autre région ou lorsqu'elle a été surexploitée, lorsqu'une consommation élevée d'eau dépasse les capacités de la nappe ou des réservoirs à se renouveler, ou encore, lorsque les conditions d'alimentation des nappes ne sont plus réunies.

Conséquences de la sécheresse : La sécheresse joue un rôle perturbateur ou a pour conséquences :

- le manque d'eau pour les cultures vivrières, la diminution du rendement des cultures et des prairies ;
- l'amoindrissement de la qualité de l'eau : la dilution des polluants s'affaiblit et la contamination des réserves hydriques augmente;
- la déshydratation des populations et l'apparition de maladies ;
- les troubles sociaux et les conflits pour les ressources naturelles (eau et nourriture) ;
- la formation ou l'augmentation des tempêtes de poussière avec l'accentuation de l'érosion éolienne ou des dépôts de sédiments éoliens (en Chine en particulier) ;
- la modification, les perturbations voire la destruction des écosystèmes en particulier des zones humides.

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.

Les éléments de base pour une étude d'irrigation

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 $Kc = 1$

2- Le débit caractéristique : C'est le débit maximal parmi les débits mensuels de la période de végétation

3- 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.

4- Les régimes 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, le régime d'arrosage se base sur :

a- 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

b- 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

c- 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

d- Nombre d'arrosage

e- Espacement d'arrosage *T*

f- 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.

g- Unité parcellaire d'arrosage *S*

h- Nombre d'unité parcellaire *n*

i- La durée théorique d'arrosage *t*