

IRRIGATION ET DRAINAGE

IRRIGATION

Introduction

L'eau est une ressource essentielle à la vie. Elle fait l'objet d'utilisations très diverses par l'homme. Indispensable dans la production agricole, d'énergie et d'industrie.

Fragile et limitée, la ressource en eau est de plus en plus menacée par les conséquences des activités humaines. Le nombre croissant d'utilisateurs oblige aujourd'hui à gérer cette ressource de manière intégrée et efficace, dans une perspective de long terme, et, ainsi, à trouver des solutions innovantes pour répondre à la demande. L'agriculture est, de loin, l'industrie ayant la plus grande consommation d'eau. L'irrigation des régions agricoles représente 70% de l'eau utilisée dans le monde entier.

Dans plusieurs pays en voie de développement, l'irrigation représente jusqu'à 95% de toutes les utilisations d'eau, et joue un rôle important dans la production de nourriture et la sécurité alimentaire. Les futures stratégies de développement agricole de la plupart de ces pays dépendent de la possibilité de maintenir, d'améliorer et d'étendre l'agriculture irriguée.

D'autre part, il existe une pression croissante sur les ressources en eau, amplifiée par la concurrence des autres secteurs utilisateurs d'eau et par le respect de l'environnement.

L'eau est une ressource qui peut créer des tensions entre différents pays se partageant les mêmes sources d'eau. L'agriculture irriguée peut entraîner une grande concurrence, puisqu'elle représente de 70 à 90% de l'utilisation d'eau dans certaines régions.

L'irrigation peut se définir comme un apport artificiel d'eau destiné à faciliter la croissance de cultures, d'arbres et des pâturages. Les méthodes diffèrent selon que l'eau s'écoule sur la terre (irrigation de surface), y est pulvérisée sous pression (irrigation par aspersion) ou est amenée directement à la plante (irrigation localisée).

Dans le domaine de l'irrigation la solution consiste à identifier les futurs projets en adoptant les techniques et les procédés d'arrosage qui utilisent d'une façon rationnelle et efficace les volumes d'eau réservés.

Ce modeste polycopié permet de connaître la science d'irrigation, en passant en premier lieu par l'évaluation des besoins en eau chez la plante, aux relations eau/sol puis aux différentes techniques d'irrigations.

Chapitre I : Introduction générale à l'irrigation

Dans le domaine de l'irrigation, nous nous préoccupons d'abord des mouvements de l'eau entre les plantes et leur environnement. Plus précisément, l'irrigation vient combler le déficit en eau encouru par les plantes durant leur croissance, que ce soit pour des raisons esthétiques (irrigation horticole) ou pour des raisons économiques (irrigation agricole)

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 gêner 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 :

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

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

Variet 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.

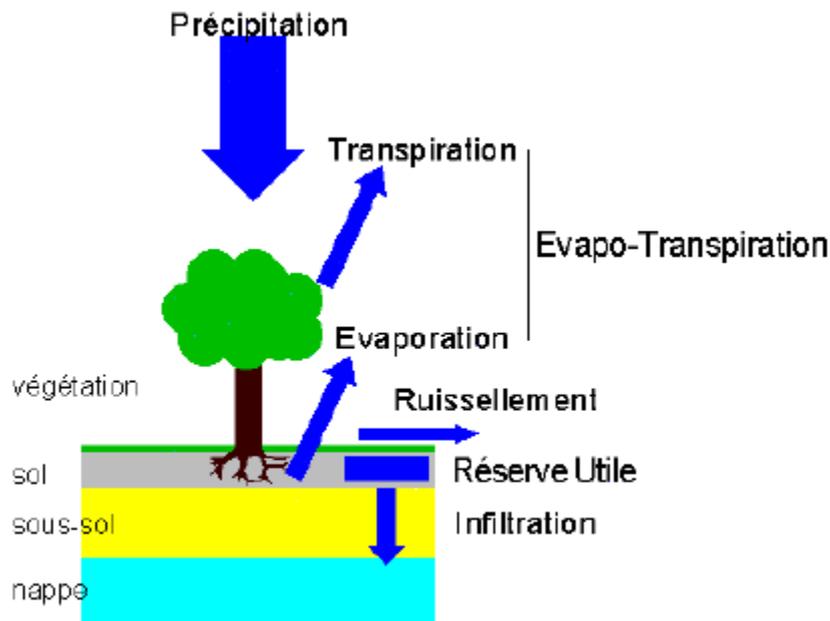


Figure1: place de l'eau du sol dans le cycle de l'eau

La teneur en eau est fonction de la porosité et de la perméabilité du sol. Le volume maximal d'eau qu'un sol peut retenir est la "capacité au champ" ou capacité de rétention du sol qui dépend essentiellement de la granulométrie du sol. Près de la surface, le sol n'est pas saturé, les espaces vides contiennent de l'eau et de l'air; l'eau est soumise aux forces de gravité et de capillarité.

À partir d'une certaine profondeur, la teneur en eau n'augmente plus: le sol est saturé, tous les pores du sol sont remplis d'eau: cette zone saturée forme une nappe; les forces de gravité sont prédominantes.

L'eau du sol ne représente que 0,064% de l'eau douce totale; son rôle est cependant essentiel puisque c'est l'eau qu'utilisent les racines des plantes.

II.4.1. Notion de porosité et de perméabilité

L'eau peut, selon le type de roche, pénétrer : c'est la porosité de la roche. L'eau peut aussi traverser complètement la roche : c'est la perméabilité de la roche.

Ces deux paramètres fondamentaux représentent donc :

- la porosité : correspondant au volume relatif des vides présents dans la roche (nombre sans dimension),

- la perméabilité : mesure de l'aptitude d'une roche à se laisser traverser par l'eau.

II.4.1.1. La porosité

La porosité totale (*pt*) se définit de la façon suivante :

$$Pt (\%) = \text{Volume des vides} / \text{volume total de la roche} \times 100$$

Cette porosité totale peut se décomposer en : **pe (porosité efficace)** : c'est la quantité d'eau de gravité contenue dans une roche, ou quantité d'eau mobile. **cr (capacité de rétention)**: c'est la quantité d'eau liée aux particules et/ou capillaire.

La porosité totale est la somme de ces deux composantes ;

$$Pt = pe (\text{porosité efficace}) + cr (\text{capacité de rétention}).$$

Plus la particule est de petite dimension, plus la composante "pe" diminue et donc plus la composante "cr" augmente.

Tableau1 : La porosité totale et la porosité efficace des sols

Roches poreuses	<i>pt</i> (%)	<i>pe</i> (%)
Sable et gravier	25 à 40	15 à 25
Sable fin	30 à 35	10 à 15
Argile	40 à 50	1 à 2
Craie	10 à 40	1 à 5
Calcaire (fissuré)	1 à 10	10 à 50

Mesurer la porosité d'une roche :

$$Pt (\%) = \text{Volume des vides} / \text{volume total de la roche} \times 100$$

Il est possible de mesurer le volume total de la roche en mesurant la quantité d'eau déplacée lors de son immersion.

II.4.1.2. La perméabilité

L'écoulement des eaux souterraines est régi par la loi de Darcy établie expérimentalement en 1856 (définition de la perméabilité).

a- **Dispositif expérimental :**

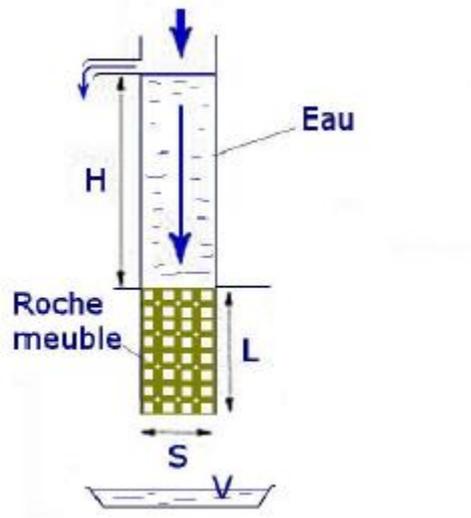


Figure2: Dispositif expérimental de la loi de Darcy

On considère un tube cylindrique de section S rempli d'une roche meuble sur une hauteur L dans lequel on fait circuler de l'eau sur une hauteur totale H (dispositif à niveau constant). Lorsque le milieu est saturé en eau, on a : débit d'entrée $Q_e =$ débit sortie $Q_s = Q$ L'équation de Darcy s'écrit : $Q = k.S.\Delta H/L$

k correspond au coefficient de perméabilité de Darcy = perméabilité (m/s)

S = surface (m²)

ΔH = perte de charge (m)

La perméabilité (K), correspond à la conductivité hydraulique, ce paramètre hydraulique est le volume d'eau qui percole pendant l'unité de temps à travers l'unité de surface d'une section et ceci à la température de 20°C.

Quelques résultats :

Tableau 2 : La porosité totale et la perméabilité des sols

Roches poreuses	Porosité totale (%)	Perméabilité (m/Jour)
Sable et gravier	25 à 40	1000 à 10
Sable fin	30 à 35	100 à 0,1
Argile	40 à 50	< 0,1
Craie	10 à 40	100 à 1
Calcaire (fissuré)	1 à 10	< 1

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.

Chapitre III : Les besoins en eau des cultures

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.

III.1. 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.

III.2. L'évapotranspiration (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

III.2.1. Notions d'évapotranspiration de référence, potentiel et réelle

L'évapotranspiration de références ETO: 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.

L'évapotranspiration potentiel ETP : est l'évapotranspiration d'une culture (stade de développement végétatif max) bien fournie en eau et ou 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 inférieur à L'évapotranspiration potentiel ETP puisque le sol n'est pas en permanence à sa capacité de rétention.

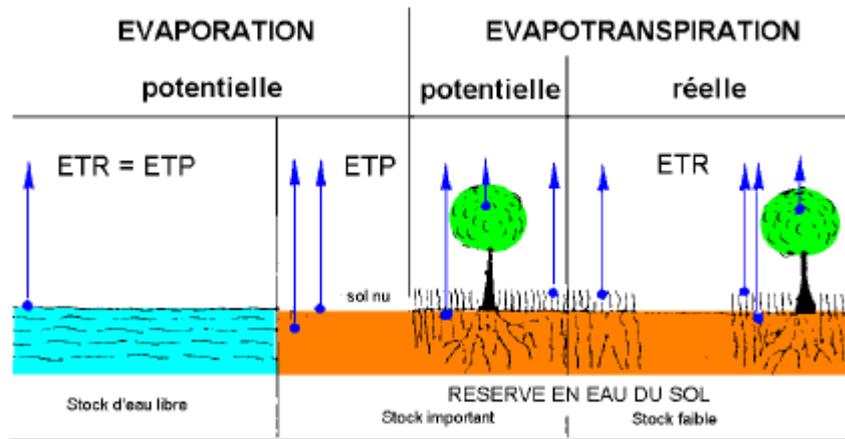


Figure 3: Evaporation et évapotranspiration potentielle et réelle.

III.2.2. Les méthodes de détermination de l'ETP par les formules empiriques

a) Formule de Thornthwaite

$$ETP = 16 (10 t/T)^a K$$

ETP : en mm

T : température moyenne (C°)

I : indice thermique annuel $I = \sum_{i=1}^{12} i$

i : indice thermique mensuel $i = (t/s)^{1.5}$

A : simplification apporté par Serra $a = (1,6/100)*I + 0,5$

K : coefficient d'ajustement mensuel.

b) Formule de Turc

Si l'humidité relative de l'air est supérieure à 50 %, l'évapotranspiration potentielle est donnée par :

$$ETP = 0.40 (I_g + 50) * T / (T + 15) \text{ en (mm/mois).}$$

Avec :

T : Température moyenne mensuelle en °c

I_g : Radiation globale du mois considéré en (cal / cm² / j),

Selon TURC, le coefficient 0.40 est réduit à 0.37 pour le mois de février.

Si l'humidité relative de l'air est inférieure à 50 %, l'ETP est donnée par :

$$ETP = 0.40 (I_g + 50) * T / (T + 15) * (1 + (50 - Hr) / 70)$$

Avec :

T : Température moyenne de la période considérée en °c.

Hr : L'humidité de l'air en %

I_g : Radiation globale en (cal / cm² / jour)

Tel que :

$$I_g = I_g A * (0.18 + 0.62 h/H)$$

Avec :

$I_g A$: Radiation maximale théorique

H : Durée astronomique de jour en (heure / mois)

h : la durée d'insolation en (heure / mois)

Remarque : Pour le mois de février le coefficient 0.40 est réduit à 0.37.

Evapotranspiration (ET): somme de l'évaporation depuis le sol et à la surface des végétaux + transpiration directe de vapeur d'eau par la végétation. L'ET varie en fonction de la physiologie de la plante

$$P > ETP \text{ alors } ETR = ETP$$

- mais si $ETR < P$ alors il y a un surplus hydrologique qui va alimenter la RU et l'écoulement

$$P < ETP \text{ alors } ETR = P + RU$$

$$ETR = 0 \text{ quand } P \text{ et } RU = 0$$

III.3. Pourquoi déterminer 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.

III.4. 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 débiter 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 :

$$P + S = R + ETP + (S+DS)$$

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],

$S + DS$: 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,

III.4.1. Déficit 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

III.4.2. Déficit pluviométrique (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 de compenser les déficits des autres mois, et on résulte que le déficit pluviométrique annuelle évaluée mois par mois

III.4.3. Déficit 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]

III.4.4. Bilan eau-énergie

Le bilan hydrique est corrélé au bilan énergétique dans les régions arides et semi-arides. Il est donc clair que *ETR* dans les régions humides est habituellement inférieur à *P*, c'est-à-dire $P > ETR > 0$, c'est-à-dire $ETR = ETP$. Cependant, dans les régions semi-arides et arides *ETP* est dépendant des ressources énergétiques et *ETR* est dépendant des ressources hydriques, c'est-à-dire $ETR < ETP$

Puisque les ressources énergétiques sont plus importantes que les ressources en eau, plus particulièrement dans ces régions, il est nécessaire d'étudier les ressources en eau avec celles énergétiques, déterminant conjointement les paramètres hydroclimatiques des cultures irrigables dans ces régions. Ainsi les changements d'état de l'eau (d'une phase à une autre) dépendent des conditions énergétiques.

L'énergie requise pour le changement de la phase liquide à la phase gazeuse (évaporation) est très importante et joue un rôle substantiel dans les échanges énergétiques du système climatique.

Dans l'estimation des besoins en eau des cultures, *ETM*, l'étude du bilan hydrique qui ne tient pas compte du bilan énergétique, conduira certainement à la salinisation des sols irrigués, d'une part, ou à un faible rendement agricole, d'autre part. C'est pour cette raison, qu'il se trouve très nécessaire de faire des mesures en continu des paramètres énergétiques à la fois dans les stations hydroclimatiques ordinaires et dans les bassins expérimentaux des régions semi-arides et arides. Ces enregistrements continus faciliteront la mise au point des formules empiriques tenant compte à la fois des variables et des conditions énergétiques et hydrologiques, c'est-à-dire trouver des relations hydroclimatiques.

III.4.5. L'état des Réserves en eau des sols

III.4.5.1. 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.

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 3 : La réserve utile des sols

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

III.4.5.2. 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.

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

$$RFU/RU = 2/3$$

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 4 : 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:

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

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 mm/j.

2) pour une culture de tomate arrivée à floraison en terre franche, racines atteignant 60 cm de profondeur ; l'*ETRM* est de 6,6 mm/j

Par exemple, 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 (si *ETRM* = 4,5 mm/j, ce qui est en général le cas).

Par contre, pour une culture de tomate arrivée à floraison en terre franche (racines atteignant 60 cm de profondeur): 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 (compte tenu du coefficient cultural de 1,1, l'*ETRM* est de 6,6 mm/j).

III.6. 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)).

III.6.1. 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.

III.6.2. 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'amointrissement 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.

III.7. 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.7.1. Estimation des doses et fréquences d'irrigation au niveau des parcelles

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.

Les paramètres nécessaires sont les suivants:

- le type de sol ;
- la teneur en eau utile;
- la profondeur d'enracinement;
- la vitesse maximale d'infiltration de l'eau dans le sol;

III.7.2. Les éléments de base pour une étude d'irrigation

III.7.2.1. 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 culturel de la tomate est de 1,1

Solution : $ETM = 195.8 \text{ mm}$

III.7.2.2. Le débit caractéristique

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 les pertes inévitables.

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

$$Qc = qf + 0.25qf$$

III.7.2.3. 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.

III.7.2.4. 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.

III.7.2.4.1. 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

III.7.2.4.2. 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

$$dp = 1/3 \cdot h \cdot Hvr$$

h : profondeur (mm).

Hvr : point de rétention

III.7.2.4.3. 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

$$dr = (Hvt - Hvf) \cdot h$$

h : profondeur (mm).

H_{vr} : point de rétention.

H_{vf} : point de flétrissement

III.7.2.4.4. Nombre d'arrosage

$$N = A / dr$$

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

III.7.2.4.5. Espacement d'arrosage T

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

III.7.2.4.6. 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 $m = (dr.s) / t$]

III.7.2.4.7. 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

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

III.7.2.4.8. 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)

III.6.2.4.9. 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)

Exercice

Dans un périmètre de 100 ha de la plaine Metija quelle sera planté pomme de terre.

L'étude hydrologique est permise d'avoir le tableau suivant :

Mois	ETP (mm)	P (mm)	RFU (mm)	Kc
Septembre	111	20	30	0.40
Octobre	100	50	20	0.40
Novembre	90	150	25	0.50
Décembre	30	180	30	0.73
Janvier	30	200	20	0.98
Février	35	210	95	1.13
Mars	70	220	100	1.15
Avril	119	25	110	1.08
Mai	130	10	100	0.91

- 1) déterminer pour chaque moi le déficit et le besoin en eau chez la plante ?
- 2) Est ce qu'il est nécessaire de faire l'irrigation ou non ? Dans le cas « oui » calculer Le débit caractéristique Qc ?

Solution :

- 1) Les déficits pluviométrique, agricole et le besoin en eau chez la plante :

Mois	dp (mm)	da (mm)	ETM (mm)
Septembre	91	79	44.4
Octobre	50	42	40
Novembre	-60	-72.5	45
Décembre	-150	-171.9	21.9
Janvier	-170	-189.6	29.4
Février	-175	-282.35	39.55
Mars	-150	-265	80.5
Avril	94	-24.8	128.52
Mai	120	29	118.3

- 2) le débit caractéristique Qc : il est nécessaire de faire l'irrigation dans les mois septembre, octobre et mai.

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

$$Qc = qf + 0.25qf$$

Le déficit max $da = 79$ mm

$$Qc = 1362.5 \text{ l/h}$$

Chapitre IV : Techniques d'irrigations

Le choix de l'un ou de l'autre de ces procédés ne peut se faire au hasard, mais sur la base d'une analyse bien détaillée de ces différents modes et leur degré de compatibilité avec les contraintes de la région considérée du point de vue agronomique, naturel, technique et socio-économique.

Le choix du type de réseau d'irrigation est conditionné par le relief et la technique d'arrosage adoptée. C'est pour cette raison que notre choix s'est porté sur le réseau fermé, Celui-ci présente les avantages suivants:

- Les pertes d'eau (par évaporation et infiltration) sont négligeables.
- Une utilisation rationnelle et économique de l'eau d'irrigation.
- Il peut être adopté pour n'importe quel relief.
- Possibilité d'automatisation. Son inconvénient principal est le coût élevé.

IV.1. Irrigation de Surface

L'irrigation de surface consiste à amener l'eau au point le plus haut du terrain et à la laisser s'écouler par gravité. L'eau est ensuite distribuée au champ, soit par submersion (irrigation par bassins), soit dans des sillons en terre (irrigation par sillons) ou bien par ruissellement à la surface d'une planche d'arrosage (irrigation par planches).



Figure 4 : Irrigation de Surface (Bendidi, 2014)

IV.1.1. Irrigation par bassins

Les bassins sont constitués de cuvettes en terre, à fond à peu près plat, entourées de diguettes de faible hauteur ou levées. Ces levées sont conçues pour empêcher le passage de l'eau aux champs adjacents. Cette technique est utilisée, d'une façon générale, pour l'irrigation des rizières sur terrain plat, ou des terrasses à flanc de coteau. En général, cette technique

d'irrigation s'applique à toutes les cultures qui peuvent tolérer la submersion par les eaux pour une longue durée.

IV.1.2. Irrigation par sillons/a la raie

Les sillons sont des petites rigoles en terre, aménagées dans le sens de la pente du terrain, pour transporter l'eau entre les rangées de cultures. L'eau s'infiltré dans le sol, principalement par les côtés du sillon, tout le long de son trajet dans le sens de la pente du terrain. Généralement, les plantes sont cultivées sur les billons séparant les sillons. Cette technique est valable pour l'irrigation de toutes les cultures en lignes et pour toutes les cultures qui ne tolèrent pas la submersion par les eaux de leur feuillage ou de leur collet pour une longue durée.

Les sillons sont alimentés par des prises d'eau aménagées sur les berges du canal d'amenée. Ces ouvrages de prise peuvent être soit de simples ouvertures aménagées sur les berges du canal d'amenée, soit des siphons, ou bien des tuyaux d'alimentation passant à travers la berge du canal d'amenée.

IV.1.3. Irrigation par planches

Les planches sont des bandes de terrain, aménagées en pente douce et séparées par des diguettes. Elles sont aussi appelées calant ou planches d'arrosage.

L'alimentation en eau des planches est faite de plusieurs façons: soit à l'aide de prises d'eau aménagées sur le canal d'amenée et équipées d'une vannette, soit par des siphons, ou bien par des tuyaux d'alimentation passant à travers les berges du canal d'amenée.

La lame d'eau introduite ruisselle en descendant la pente de la planche, guidée par les diguettes des deux côtés de celle-ci.



Figure 5 : Irrigation par planches (Bendidi, 2014)

IV.2.1. Conditions d'utilisation

IV.2.1.1. Cultures recommandées

La technique par bassins convient à l'irrigation d'un grand nombre de cultures.

C'est la technique la plus appropriée à l'irrigation des rizières. La productivité des rizières est plus forte quand elles sont submergées d'eau. Cette technique est aussi utilisée pour l'irrigation d'autres types de cultures, à savoir:

- les pâturages, e.g. luzerne, trèfle;
- les arboricultures, e.g. agrumes, bananiers;
- les cultures semées à la volée (céréales);
- les cultures en lignes (tabac).

L'irrigation par bassins n'est pas recommandée pour les cultures qui ne tolèrent pas la submersion par les eaux pour des durées supérieures à 24 heures.

La méthode par bassins n'est généralement pas recommandée pour l'irrigation des cultures à racine tubercule et à tubercules, telles que la pomme de terre, la cassave et les carottes, cultures qui, nécessitent un sol bien meuble et bien drainé.

IV.2.1.2. Pentés adéquates

Les terrains plats sont les plus appropriés à l'aménagement des bassins. En effet, la pente étant faible ou presque nulle, les travaux de nivellement requis seront de faible importance.

Les bassins sont aussi aménagés sur des terrains en pente, et même en forte pente. Dans ces conditions, les cuvettes des bassins sont aménagées en gradins qu'on appelle aussi terrasses.

IV.2.1.3. Types de sol approprié

La méthode des bassins pourrait être utilisée pour l'irrigation de toutes sortes de cultures autres que le riz sur sols argileux, mais les sols limoneux sont préférables. En effet, pour les sols limoneux, les problèmes d'engorgement d'eau (saturation permanente du sol) sont inexistantes. Cette technique n'est pas à adopter sur du gros sable où les pertes par percolation profonde sont trop fortes. De la même manière, la méthode d'irrigation par bassins n'est pas recommandée pour des sols qui forment une croûte dure (encroûtement) quand ils sont secs.

IV.2.1.4 Aménagement des bassins

L'aménagement des bassins n'est pas uniquement limité à définir leur forme et leur taille, mais aussi celles des diguettes ou des levées de terre. Quelle forme de bassin doit-on adopter: carrée, rectangulaire ou irrégulière? Quelle sera la superficie du bassin: 10, 100, 1 000 ou bien 10 000 m²? Quelle sera la hauteur des levées: 10, 50 ou bien 100 cm? Quelle sera la forme de cette levée? Tous ces aspects seront traités dans les sections suivantes.

Les Bassins Doivent Etre Petits Si:

- La pente de terrain est forte.
- Le sol est sableux.
- Le débit du courant d'eau dérivé est faible.
- La dose d'irrigation est faible.
- La préparation du terrain est faite avec de la main-d'oeuvre ou bien par traction animale.

Les Bassins Peuvent Etre Grands Si:

- Le terrain est plat ou à pente douce.
- Le sol est argileux.
- Le débit du courant d'eau dérivé est important.
- La dose d'irrigation est importante.
- Les travaux de préparation sont mécanisés.

IV.2.2. Les avantages et les inconvénients

IV.2.2.1. L'irrigation par ruissellement

Cette méthode consiste à faire couler l'eau sur la surface du sol qui s'y infiltre verticalement. On laisse l'eau s'écouler le temps qu'il faut pour le sol puisse s'humecter jusqu'à la profondeur de la couche active.

a) Les avantages de l'irrigation par ruissellement

- Les investissements pour l'équipement sont peu élevés
- Pas de dépense pour la mise sous pression de l'eau
- possibilité de lessivage sans risques d'érosion
- Matériel d'irrigation assez simple

b) les inconvénients

- Temps d'irrigation important
- Nécessité de nivellement et son entretien
- Pertes importantes d'eau

IV.2.2.2. L'irrigation par submersion

Elle se pratique en recouvrant le sol avec une couche d'eau épaisse qui séjournera le temps nécessaire par là qu'elle s'infiltre à la profondeur utile. Cette profondeur est fonction des besoins nécessaires pour la croissance des plantes. Cette méthode reste valable dans le cas des terrains perméable et de pente Inférieur à 2%.

a) Les avantages de la submersion

- Destruction des adventices
- Protège contre le gel

b) Les inconvénients de la submersion

- Tassement du sol
- Diminution de la porosité d'ou diminution de la perméabilité
- Nécessite d'assainissement
- Manque d'aération

IV.2.2.3. L'irrigation par infiltration

L'eau coule dans les fossés, rigoles ou raies et s'infiltré latéralement dans le sol jusqu'aux racines des plantes.

a) les avantages

- Pas de danger d'érosion, ni de formation de croûtes
- L'accès est facile au terrain

b) Les inconvénients

- Grande perte d'eau
- Exigence en main d'oeuvre

IV.3. Irrigation goutte-à-goutte

L'irrigation localisé ou irrigation par la goutte à goutte peut être considérée comme une solution pratique aux problèmes de la sécheresse au même titre que les méthodes traditionnelles de l'irrigation de surface et de l'irrigation par aspersion, Elle permet une très grande efficacité de l'irrigation.

La micro-irrigation, également connue sous le nom de « goutte à goutte », est une méthode d'irrigation utilisée en zone aride car elle réduit au minimum l'utilisation de l'eau et de l'engrais. L'eau s'égoutte lentement vers les racines des plantes soit en coulant à la surface du sol soit en irriguant directement la rhizosphère par un système de tuyaux.



Figure 6 : L'irrigation par goutte à goutte (Bendidi, 2014)

L'irrigation par goutte à goutte moderne s'est développée en Allemagne vers 1860 quand les chercheurs ont commencé à expérimenter la subrogation à l'aide de tuyau d'argile pour créer une combinaison d'irrigation et de système de drainage. Dans les années 1920, des tuyaux perforés ont été testés en Allemagne.

Cette technique est l'innovation la plus importante dans l'agriculture depuis l'invention des asperseurs dans les années 1930, qui avait déjà remplacé à l'époque une irrigation nécessitant trop d'eau. Le système goutte à goutte à basse pression est une nécessité vitale dans les zones arides et semi-aride

IV.3.1. Définition

Le goutte-à-goutte est une forme de l'irrigation localisée, il consiste à n'arroser qu'une fraction du sol, et ne mouille pas le feuillage, en utilisant de faibles débits d'eau avec de faibles pressions. L'eau forme, sous la surface, une « bulbe » humide, ce qui maintient sèche la plus grande partie de la surface. L'évaporation est considérablement freinée, ainsi que la levée des adventices. On peut dire que l'eau n'arrose pas la terre, mais la plante, elle est directement « rendue racines ».

On mesure toute l'économie qui en résulte, dans tous les pays chauds, par rapport à l'irrigation gravitaire. Mais gardons-nous de condamner celle-ci : la percolation est souvent impérative sous climat chaud, comme le cas de plusieurs régions de l'Algérie et en particulier les hauts plateaux et le Sahara. La goutte à goutte est couramment utilisée pour les cultures fruitières, maraîchères, arbustives en pots et les arbres.

Par l'irrigation goutte-à-goutte, l'eau devient un moyen d'assurer la récolte et d'améliorer sa qualité. Mais en plus de ce rôle essentiel, l'irrigation goutte-à-goutte présente d'autres atouts. Elle permet aussi :

- D'économiser la ressource en eau
- De diminuer la main d'oeuvre
- De mieux répartir l'eau dans l'espace et dans le temps (ce qui limite les à-coups physiologiques)
- De faciliter l'apport d'engrais et d'en assurer une meilleure efficacité.

IV.3.1. Les avantages

- 1-La distribution dans le champ est uniforme
- 2-L'application d'engrais peut se faire facilement par le système d'irrigation directement au niveau des racines
- 3- L'eau est apportée directement à l'endroit nécessaire, au niveau des racines

4- La quantité et la durée de l'irrigation sont hautement contrôlées de façon à maintenir l'aération et l'humidité du sol à leur niveau optimum

5- L'efficacité du système pour l'utilisation de l'eau est de loin supérieure aux autres méthodes

6- Économie de main d'oeuvre, une personne est nécessaire pour arroser toute la parcelle, un seul geste (l'ouverture de la vanne) remplace des heures d'aller et venue.

7- Facilité d'utilisation et d'entretien. Il ne requiert aucune expérience préalable en matière d'irrigation et peut être opéré par n'importe quel membre de la famille

IV.3.1. Les inconvénients

1- Coût élevé des investissements

2- Maintenance professionnelle, continue et minutieuse

IV.3.2. Les avantages de l'irrigation localisée

Les principaux critères de choix entre système d'irrigation demeurent les avantages techniques et économiques que présentent chacun des systèmes par rapport aux contextes agronomiques, pédologiques et climatiques où se trouve l'exploitation agricole.

1-L'efficience de l'eau:

Pertes d'eau considérablement réduites en raison de:

- La réduction des pertes par évaporation, par ruissellement et par percolation.
- L'absence de concurrence des mauvaises herbes.
- Des conditions du milieu (vents, températures élevées) qui n'influencent pas beaucoup le rendement du système.

2-Avantages agronomiques:

- Constance du degré d'humidité du sol, due à la continuité relative des apports d'eau dans le temps.
- Bonne aération du sol.
- Pas de brûlures de feuillage en cas de salinité de l'eau d'irrigation.
- Les insectes ne sont pas attirés au voisinage des cultures en raison de la sécheresse relative de l'air.
- Développement des mauvaises herbes très réduites.
- Grande efficacité de la fertilisation (fertigation).
- Possibilité d'utiliser les eaux salées en veillant sur la fréquence et la continuité des arrosages, afin de maintenir l'humidité du sol élevée, de façon à ce que la teneur en sel du sol n'atteigne pas une seuil préjudiciable à la plante.

3-Avantages économiques:

Du point de vue économique, les avantages de l'irrigation localisée sont multiples et autant de facteurs pouvant influencer le prix de revient:

- Main d'oeuvre.
- Eau.
- Fertilisation.
- Temps.
- Augmentation des rendements des cultures.

4-Avantages cultureux:

La gêne et l'encombrement du matériel lors des travaux du sol sont diminués du fait que les rampes portes goutteurs soient confondues avec les rangées des arbres. (Cas de l'arboriculture)

IV.3.3. Les Inconvénients

1. Obstruction des goutteurs:

L'inconvénient dans ces type d'installation est le risqué de colmatage (obstruction) des distributeurs; soit physique ou chimique:

- Le Colmatage physique:

Il est provoqué par le dépôt d'éléments minéraux ou organiques grossiers (sable fragment de végétaux algues) ou fins (argiles limons). Ce qui nécessite un système de filtration très efficace en tête de ligne.

- Le colmatage Chimique:

Il est du le plus souvent à la présence de calcaire; parfois de fait qu'il est dissout dans l'eau se dépose:

- Soit à la sortie des orifices des distributeurs.
- Soit à l'intérieure de ceux-ci lors de l'arrêt des arrosages

2 -Difficulté a déterminé le volume minimal de sol humidifié:

Le développement racinaire se limite à la zone humidifiée la croissance optimale de la culture globale exige l'humidification d'un volume sont liées a différentes variables et plus spécialement ; au débit des goutteurs à leur distance et a lm a nature de sol.

3- Accumulation des sels:

On peut lutter contre l'accumulation des sels en apportant un excès d'eau par rapporte a la consommation de la plante : on lessive ainsi une grande partie des sels et on les déplace en dessous de la zone racinaire mais le procédé le plus efficace surtout dans les régions ou la pluviométrie naturel est trop faible (P250 mm) pour assure un lessivage suffisant ; il est

indispensable de pratique des arrosages complémentaire selon une méthode classique (aspersion ruissellement).

IV.3.4. Installation

Une installation ou réseau d'irrigation localisée comprend de l'amont vers l'aval les éléments suivants:

- **Source d'eau :**

- **Unité de tête:** permet de régulariser la pression et le débit. Cette unité comprend une station de filtration, un système d'injection de produits chimiques et un certain nombre d'accessoires :

- **Vanne volumétrique:** sert à régler le débit et la pression de l'eau. Cette vanne sert à créer un différentiel de pression qui permet à l'injecteur de produire un vide et d'aspirer la solution mère.

- **Régulateur de pression:** contrôle les variations brusques de pression. Il est indispensable lorsque la pression existante au niveau de la source d'eau est supérieure à la pression demandée par le système.

- **Compteur volumétrique:** indique la consommation cumulée de l'eau par la culture. Il doit résister à une pression de *10 bars*.

- **Manomètres:** placés à l'entrée et à la sortie de la station de tête et des filtres. Ils indiquent la pression de l'eau.

- **Station de filtration:** le rôle de cette station est l'obtention d'une eau propre en vue d'éviter le colmatage des distributeurs. Le choix du filtre dépend de : l'origine et la qualité de l'eau, du niveau de filtration exigé par les goutteurs utilisés, de la taille de la plus petite particule à empêcher d'entrer dans le système, et du débit de la source qui déterminera le choix du nombre de filtres.

- **Canalisation d'alimentation** (rampes et portes-rampes).

- **Les goutteurs:** Goutteur turbulent (à chicane). Goutteur auto-régulant. Goutteur incorporé. La pression de l'eau dans la rampe est dissipée par le passage de l'eau à travers le goutteur.

IV.4. Irrigation par aspersion

L'irrigation par pivots est une technique américaine importée, qui a été implantée dans plusieurs pays arabes touchés par le fait désertique.

IV.4.1. Définition

L'irrigation par pivot est un système d'arrosage qui consiste à distribuer l'eau sous forme de pluies sur sol ; très employée depuis longtemps par les jardiniers, les horticulteurs et

les arboricultures pour les cultures. Maraîchères, florales, arbustives, fruitiers, les pelouses, l'aspersion tend, vu les gros avantages qu'elle présente et que nous énumérons plus loin, à être utilisée de plus en plus en grande culture.



Figure 7 : irrigation par pivot

Dans toutes les méthodes anciennes l'eau est distribuée avec plus ou moins d'uniformité sur le sol par des rigoles et elle y pénètre dans des conditions plus ou moins favorable suivant sa régularité et sa pente, dans le système pivot l'eau tombe naturellement sur le sol, donc dans les mêmes conditions que les précipitations atmosphériques, et s'y infiltre, compte tenu seulement de la perméabilité du sol.

IV.4.2. Le fonctionnement du système pivot

Ce mode repose sur un forage, auquel correspond un trépied et un bras mécanique de longueur variable (pouvant atteindre 500m), qui tourne lentement nuit et jour et peut arroser d'un coup 30 à 50 hectares cette technique nécessite d'importants investissements, forage, matériel, montage et entretien.

Nous citons que les procédés simples ou l'aspersion se fait avec l'arrosoir ou avec tonneau d'arrosage, nous examinerons les procédés modernes qui utilisent :

1. Un appareil de pompage qui fournit l'eau nécessaire à l'arrosage.
2. Des conduites sous pression qui distribuent l'eau en tous les points utiles de la surface à arroser et qui alimentent les appareils de répartitions.
3. Des appareils qui projettent et répartissent l'eau sur sol.

Ces installations sont fixes, mobiles ou mixtes, elles sont dites fixe lorsque la station de pompage et le réseau de canalisations sont placés de façon permanente, elles permettent de supprimer une grande partie de la main d'oeuvre de fonctionnement, mais les frais d'établissement sont très élevés et elles sont dites mobile quand l'ensemble peut se déplacer à volonté, on tombe alors dans l'excès opposé ; on ne fait plus d'économie de main d'oeuvre,

raison à la difficulté de transporté le matériel à volonté ce qui permet sont utilisation à pleine rendement durant tout la période d'arrosage , d'où un meilleur amortissement.

Enfin on peut concevoir des installations mixtes comprenant des canalisations principales permanentes ou même des canaux, dans ce dernier cas on déplace le long des canaux un simple groupe motopompe avec jet qui asperge les cultures ce procède tend de plus en plus à se développer dans les régions ou l'eau était amenée par canaux et répartie ensuite par les rigoles.

IV.4.3. Les avantages et les inconvénients du système d'irrigation par pivot

a) avantages

1/elle ne nécessite aucun aménagement préalable de la surface irriguer, la méthode est employée sur des terrains à faible pente, elle permet en conséquence d'éviter les travaux de terrassements toujours couteux. Les canaux et les rigoles étant supprimés ; elle facilite l'exploitation du sol et notamment permet l'emploi aisés des machines qui ne rencontrent aucun obstacle à leur utilisation.

2/elle peut être employée quelle que soit la nature du sol arrosé, même s'ils sont très perméables.

3/ elle provoque une forte oxygénation de l'eau projetée en pluie, on peut donc utiliser des eaux acides et certaines eaux résiduaires dont les autres méthodes ne permettraient pas l'emploi ; on peut aussi utiliser éventuellement les engrais et tous les fertilisant ou désinfectant que l'on dilue dans l'eau ; on répand ainsi sur le sol avec économie, les produits employés.

3/elle réalise une importante économie d'eau ; elle permet un dosage précis et une répartition régulière des quantités d'eau distribuées.

4/enfin elle met a la disposition des exploitants des conditions d'arrosage très souple ; les installations peuvent facilement être individuelles ou d'intérêt local sans soulever des impossibilités technique ou financières comme cela se produirait souvent avec les autres systèmes, c'est que l'aspersion ne demande pas systématiquement de grands travaux.

b) inconvénients

1/on à l'habitude de considérer que l'inconvénient majeur de l'aspersion réside dans le fait qu'elle nécessite au départ, pour chaque irrigant, une dépense importante de premier établissement (frais de matériel) et quelle exige souvent une nombreuse main d'oeuvre d'exploitation. Cet inconvénient est sans doute moins important qu'on ne le pense habituellement ; en effet les investissements nécessaires pour une telle installation ne sont pas plus onéreux que l'aménagement de tout autre système d'irrigation, le coût du matériel et les frais de sa mise en place sont compensés par la suppression des travaux de terrassement du sol

et des travaux périodiques de son aménagement ; de l'autre côté les frais d'exploitation sont compensés par la rapidité des arrosages, par la possibilité d'arroser la nuit sans surveillance et les économies d'eau.

2/elle favoriserait l'évaporation qui est d'autant plus intense que les gouttes d'eau sont plus fines et l'air plus sec.

3/ elle provoquerait le développement des mauvaises herbes.

IV.5. Choix des techniques d'arrosage

Pour pouvoir choisir la technique d'irrigation convenable, il est nécessaire de savoir les contraintes suivantes :

IV.5.1. Les contraintes naturelles

IV.5.1-1. L'évaporation

Notre zone d'étude est caractérisée par un évaporation élevé durant l'été, ce qui provoque une perte d'eau importante

IV.5.1-2. Le vent

C'est le facteur déterminant dans le choix de technique d'irrigation, notre zone d'étude est caractérisée par des vitesses faibles d'une part et moyennes d'autre part (2.9 m/s au moyen)

IV.5.1-3. Le sol

Les sols de la station présentent une texture limoneuse, la perméabilité est moyenne, d'où l'irrigation de surface doit être prudente afin d'éviter l'asphyxie des plantes, dans ce cas l'irrigation par aspersion et l'irrigation localisée des avantages du fait qu'on peut donner des faibles doses.

IV.5.1-4. La pente

La zone d'étude a une pente qui varie entre 2 et 3 % en général, donc cette dernière ne présente aucune contrainte particulière

IV.5.2. Les contraintes techniques

- Qualification de main d'œuvre
- Entretien du matériel

IV.5.3. Les contraintes agronomiques

Les types des cultures envisagés dans notre station sont constitués de fourrage, maraîchage, et arbre fruité (Agrumes), pour des raisons d'économie d'eau essentiellement on retient l'irrigation par aspersion pour les fourrages et les maraîchages, et l'irrigation localisée pour les agrumes.

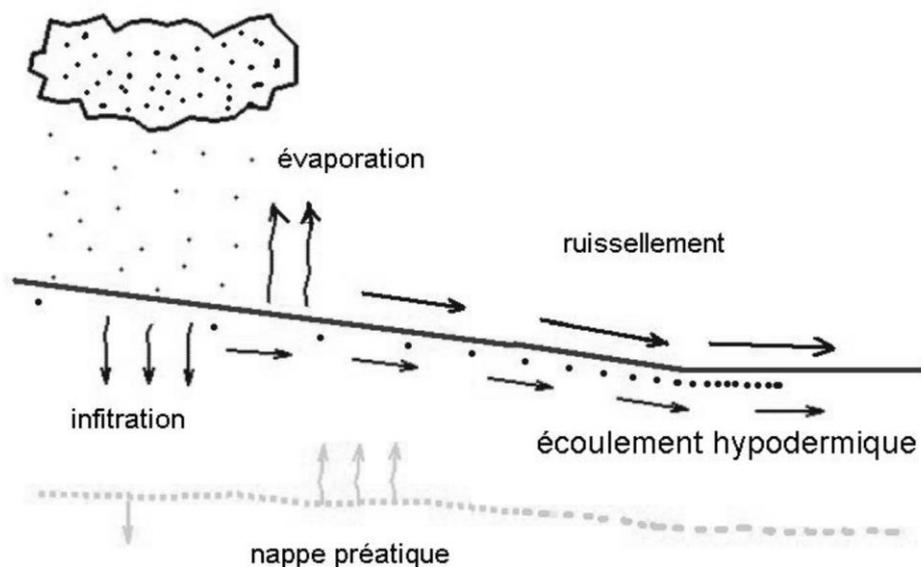
Une analyse multicritère du choix des techniques d'arrosage basée sur les différentes contraintes, résume le choix adéquat pour la zone considérée.

Drainage

Principes de base

1-Circulation de l'eau

Avant de parler de l'aménagement de surface, il est important de bien connaître la circulation de l'eau à la surface et dans le sol afin de mieux comprendre les inconvénients qu'elle peut occasionner.



Lorsqu'il pleut, l'eau pénètre dans le sol pour l'humidifier. Selon sa perméabilité, la migration de l'eau viendra alimenter la nappe phréatique pour créer une remontée de cette dernière. C'est ce que l'on appelle l'infiltration.

Il arrive parfois que l'eau infiltrée se déplace à l'intérieur du sol, dans la partie supérieure du profil et dans le sens des opérations culturales et des cultures. Cette migration se produit des points hauts vers les points les plus bas du champ. On parlera alors d'écoulement hypodermique. Pour expliquer ce phénomène, nous croyons qu'il est causé par les travaux de préparation de sol (tels que le labour, chisel, semis, et le sous-solage). Des canaux préférentiels (micro drainage) sont créés dans le sens des cultures, couplés à une différence de perméabilité entre les horizons de surface travaillés et celui du dessous non remanié. Ceci favoriserait l'écoulement de l'eau dans cet horizon de sol.

Si le taux de précipitation est supérieur au taux d'infiltration, il se produira du ruissellement. Lorsque la pluie sera terminée, le ruissellement cessera et le sol se ressuiera. Les

pores grossiers (porosité drainable) se videront et selon la saison, il se produira de l'évaporation ou de l'évapotranspiration

Connaître le mouvement de l'eau sur et dans le sol est essentiel pour trouver les solutions aux problèmes de drainage. Par exemple, si la nappe phréatique se tient haute, le drainage souterrain devrait être une solution à privilégier par contre, s'il y a de l'écoulement hypodermique, il faudrait utiliser des tranchées filtrantes ou des rigoles d'interception pour résoudre ce problème. Enfin, si après une pluie il reste de nombreuses zones humides et/ou de petites dépressions où l'eau stagne, il faudrait envisager du drainage de surface.

2-Porosité des sols

Un sol en santé est composé d'environ de 50 % de matière solide et 50 % de vide.

Ces vides ou porosité totale sont divisés en pores de tailles différentes. Les pores fins ou microporosité correspondent au volume occupé par l'eau capillaire (capacité au champ). Les pores plus grossiers ou macroporosité représentent la porosité drainable. Ils sont utilisés pour la circulation de l'eau libre et de l'air.

Cette porosité peut changer dans le temps selon les cultures et les pratiques agricoles. Par exemple, la porosité drainable diminue dans un sol compacté. Il y aura alors moins d'eau infiltrée et plus de ruissellement. On peut aussi modifier la porosité, en améliorant la structure d'un sol par l'ajout de matière organique et l'amélioration de la vie biologique (bactérie, vers de terre, etc.). On peut aussi intégrer dans la rotation des cultures structurantes (prairie, etc.) et minimiser le travail du sol, grâce à de meilleures pratiques telles que le semis direct.

Il est à noter que plus la porosité de drainage est grande, plus le taux d'infiltration sera élevé et moins il y aura de ruissellement (sauf en sol gelé). Selon une étude du département de Génie Rural de l'Université Laval, il ya une corrélation linéaire significative entre la macroporosité et la conductivité hydraulique. La macroporosité se révèle donc un critère valable dans l'évaluation de la conductivité d'un sol.

3-Objectifs du drainage

La gestion de l'eau est le facteur de production le plus important en agriculture. Un excès d'eau aura pour conséquence l'anoxie des plantes (manque d'oxygène), des maladies et la pourriture des racines. Un manque d'eau amènera un retard dans la croissance des plantes et même la mort de certaines plantes. Puisque les précipitations sont très variables durant l'année, le drainage devra éliminer les surplus d'eau sans causer des problématiques d'érosion et permettre d'emmagasiner le peu d'eau reçue dans les périodes sèches, pour alimenter les plantes.

Le drainage agricole comprend 3 composantes importantes: le drainage souterrain, le drainage de surface et le réseau hydraulique. Lesquels utilisés? Ils sont tous importants dans l'aménagement d'un champ.

a-Drainage souterrain

Le drainage souterrain est une technique d'assainissement qui a pour but d'évacuer l'eau gravitaire du sol et d'abaisser la nappe phréatique à un niveau optimal pour la croissance des plantes. Il permet :

- de travailler le sol dans de meilleures conditions,
- d'améliorer la structure du sol,
- de développer un meilleur système racinaire des plantes,
- une meilleure assimilation des engrais par les plantes,
- d'ensemencer plus tôt au printemps,
- de récolter dans de bonnes conditions et d'améliorer l'efficacité des machineries.

La hauteur de la nappe phréatique d'un sol, varie avec la saison. Elle est généralement près de la surface tôt au printemps et tard à l'automne et descend considérablement au cours des mois d'été. On observe sa profondeur en creusant un trou dans le sol et en observant la profondeur à laquelle l'eau se stabilise. Dans les sols sableux, l'équilibre est atteint rapidement alors qu'il faut parfois attendre plusieurs heures (parfois une journée) dans les sols argileux peu perméable. Il faut toujours s'assurer de la provenance de l'eau qui se retrouvera éventuellement dans le fond du trou. Il est en effet possible que celui-ci se remplisse à partir d'écoulement superficiel, notamment par l'écoulement hypodermique que l'on observe souvent au bas de la couche de labour. Cette eau pourrait remplir partiellement le trou sans que la nappe phréatique soit en cause. Il faut donc observer le profil pendant quelques minutes afin de s'assurer que l'eau provient bien de la base du profil et non de sa partie supérieure.

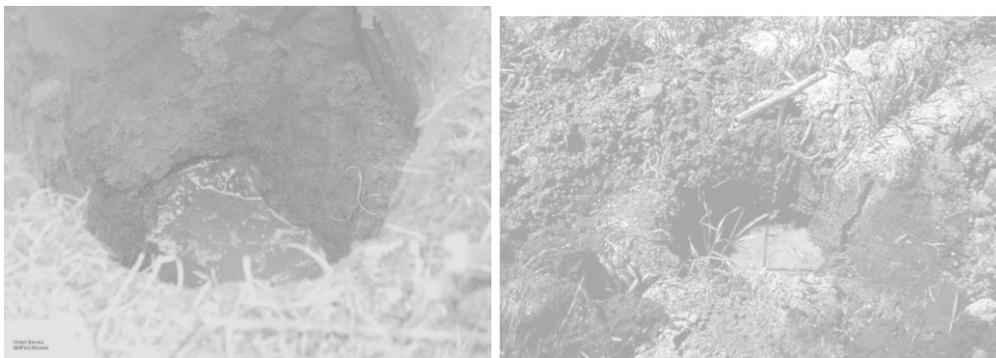


Photo 01 : Une nappe phréatique élevée (1 photo) et d'une nappe perchée (2^e photo) due à l'écoulement hypodermique

a-1-Correctifs

En pratique, on devrait réaliser du drainage souterrain lorsque la nappe phréatique se situe dans l'année à moins de 0,7 mètre de la surface du sol. On peut utiliser du drain agricole avec ou sans filtre selon le type des sols. Une étude de sol est requise soit une analyse granulométrique pour savoir si un filtre est nécessaire et le type à choisir. Des tests de perméabilité sont aussi recommandés pour calculer l'écartement des drains.

Il faut noter que certains sols ne peuvent pas être drainés par des drains agricoles, puisqu'ils sont peu profonds (présence de roc, ou lors d'un changement textural à moins de 1 mètre de la surface) et/ou parce que leurs perméabilités sont trop faibles ($< 0,1$ mètre par jour). Le drainage souterrain n'est alors pas rentable, puisqu'il faudrait poser des latéraux très rapprochées. Il faudra dans ces cas, planifier un réseau hydraulique, comprenant des fossés de 1 mètre entre les planches, des rigoles d'interceptions avec ou sans puits filtrants dans des endroits stratégiques et un drainage de surface permettant d'égoutter les champs.

b-Drainage de surface

Le drainage de surface vise plutôt à éliminer toutes accumulations d'eau à la surface ainsi que l'écoulement hypodermique dans un délai raisonnable pour les plantes (moins de 24 heures).

Il a aussi comme objectifs :

- de répartir uniformément les précipitations et favoriser leur infiltration, pour apporter l'eau utile aux plantes,
- d'évacuer l'eau de ruissellement et hypodermique, par des pentes adéquates vers les structures hydroagricoles (réseau hydraulique), sans toutefois causer l'érosion,
- d'éliminer les petites dépressions et irrégularités de la surface du sol qui créent des zones humides néfastes aux cultures, récupérer des surfaces non productives
- causer le moins d'inconvénients aux opérations culturales et à la machinerie agricole,
- permettre l'entrée plus rapide et améliorer les conditions de récoltes au champ
- augmenter les rendements des cultures.

Les zones dépressionnaires sont des cuvettes qui recueillent l'eau des environs. Elles demeurent ainsi plus humides au printemps et lors des pluies d'été et d'automne. Elles ont pour conséquence, entre autres, de retarder la date d'entrée au champ, de diminuer les rendements et de rendre plus difficile la réalisation des récoltes tardives. Très souvent, les sols de ces cuvettes seront compactés puisqu'ils sont travaillés en conditions trop humides. Le problème original s'en trouve accru, puisque la compaction diminue la perméabilité au sol. C'est pourquoi la zone humide tend à s'agrandir.

L'observation du relief permet parfois de localiser facilement les zones de dépression. La carte topographique avec ces cotes de niveau permettra de confirmer les observations sur le terrain. Cependant, lorsque les pentes sont très faibles, il y a risque de confondre une cuvette authentique avec une zone de résurgence.

Il faut noter que contrairement au drainage souterrain, la plupart des champs requièrent de l'aménagement de surface.

b-1-Correctifs

Le remplissage des cuvettes est parfois possible, mais celles de plus grande dimension posent souvent des difficultés en raison des déplacements importants de terre que cela implique et du résultat souvent insatisfaisant qui en résulte. En effet, il peut en résulter une dépression moins profonde, mais plus grande que la première. Parfois, cette dépression sera suffisamment nivelée pour que la percolation suffise à éliminer l'eau. Ces vastes dépressions peu profondes permettront la production de cultures annuelles avec un minimum de pertes de rendement si la structure du sol est suffisamment bonne pour assurer une bonne percolation. Par contre, ces aménagements seront souvent problématiques pour les cultures hivernales telle la luzerne qui aoutera très mal en ces endroits ou qui sera détruite par la glace qui se formera lors des dégels hivernaux.

Lorsqu'il n'est pas possible ou trop dispendieux de combler une dépression, il faut alors concentrer l'eau en un point et évacuer celle-ci par une rigole d'interception ou à l'aide d'un système de captage tel que avaloir et/ou tranchée filtrante qui conduira l'eau par une conduite à un émissaire d'une profondeur suffisante.



Photo 02 : Exemples de champs qui auraient besoin d'un aménagement de surface

c-Réseau hydraulique

Le réseau est l'ensemble des structures hydroagricoles que l'on doit réaliser dans un champ pour évacuer de façon sécuritaire le surplus d'eau d'un champ. Il est souvent oublié dans

l'aménagement des terres agricoles. Il comprend les cours d'eau, fossés, voies d'eau, raies de curage, avaloirs, rigoles, tranchées et/ou puits filtrants.

Il permet :

- d'évacuer le surplus des eaux de surface, hypodermiques et souterraines,
- de minimiser l'érosion, en coupant les longueurs de champs à des endroits stratégiques.

En tout temps, le réseau est planifié judicieusement en complémentarité avec le drainage de surface et souterrain.



4-Règles générales de drainage

Voici quelques règles permettant de réaliser des projets efficaces.

Les sols peu profonds reposants sur un horizon imperméable (changement textural, roc, etc.) ou les sols peu perméables ($< 0,1$ m/jour) ne peuvent être drainés efficacement par des drains agricoles. De plus, en raison du nombre de lignes de drains à installer, il est difficile de justifier économiquement ces investissements. Dans ces cas, ces sols ont avantage à être nivelés de manière très précise afin de ne laisser aucune dépression et/ou accumulation d'eau en surface. Un réseau hydraulique efficace est alors de mise et devrait comprendre des fossés entre 40 et 90 mètres d'espacement.

Plus un sol est imperméable et plus le taux de ruissellement sera élevé. Il en va de même dans les sols gelés. Il faudra porter une attention particulière à ces sols, car les risques d'érosion sont élevés.

Pour conserver le potentiel des sols et diminuer les coûts, le drainage de surface devrait être réalisé en déplaçant le minimum de sol arable.

Il est toujours recommandé d'investiguer et de réaliser les aménagements suivant la chronologie suivante : le réseau hydraulique, le drainage de surface et si nécessaire le drainage souterrain. Quoiqu'il soit préférable de réaliser les étapes sur plusieurs années, le tout est possible sur une seule.

□ Les sols qui profiteront le plus du drainage de surface sont ceux ayant des perméabilités faibles.

5-Diagnostic

Un bon diagnostic commence tout d'abord par la consultation, lorsque disponible des documents suivant :

- les photographies aériennes, infrarouges et/ou carte de rendement : pour localiser les zones de mauvais rendement,
- les relevés topographiques et/ou plans de drainage souterrain et/ou profil des cours d'eau municipaux : pour localiser les zones potentielles de mauvais drainage (dépression, écoulement hypodermique, etc.),
- Carte de sol et perméabilité : afin d'évaluer le potentiel et la limite des sols.

Le conseiller devra analyser cette information afin de savoir si le problème est agronomique ou dû au drainage. Par exemple, il est intéressant de comparer la localisation des zones de mauvais rendements de culture à partir d'une carte de rendement ou une photographie infrarouge sur une carte de niveau ou un plan de drainage de surface et/ou souterrain.