

Chapitre 1 :

Introduction générale a l'irrigation

Chapitre 1 :

Introduction générale a l'irrigation

Définition de l'irrigation

L'irrigation est l'apport artificiel d'eau aux cultures, dont l'objectif est de satisfaire leurs besoins en eau et créer des conditions favorables de production, tant au point de vue quantitatif que qualitatif.

Il existe deux types, **l'irrigation fondamentale**, qui se pratique dans un milieu dépourvue de ressources en eau (région aride) pour l'alimentation de la plante, et **l'irrigation de complément**, qui est pratiquée, quant il y a une source d'alimentation (pluie) qui ne suffit pas au besoin de la plante, alors on complète ce besoin par un apport artificiel.

L'objectif majeur de l'irrigation est de maximiser les rendements agricoles, par rapport au volume d'eau consommé. En pratique, on utilise deux grands types de système d'irrigation : de surface (principalement l'aspersion et le goutte-à-goutte), et souterraine. Quand l'eau est rare et coûteuse, le système goutte-à-goutte devient l'un des systèmes les plus intéressants et les plus pratiques. Il existe aussi une autre classification basée sur l'apport en énergie, c'est les systèmes sous pression, qui nécessitent une énergie pour fonctionner (Electricité, Gasoil...etc), et gravitaire, qui utilise la pente pour transporter l'eau de la source à la plante.

1. Historique

Les premières traces d'irrigation remontent à plus 5000 ans av. J.-C. en Haute Mésopotamie dans les piémonts du sud *Zagros (Iran)*.

Ces terres semi arides situées en le *Tigre* et l'*Euphrate* ont été irriguées par les *flots* de l'*Euphrate* pendant que le *Tigre* servait de déversoir final. Les communautés agricoles se développent grâce à la mise en place d'un système d'irrigation. De nombreuses difficultés techniques leurs sont apparus: stockage de l'eau, contrôle des flux, maintenance des canaux.

L'*Egypte* doit son développement au *Nil* et à sa vallée irriguée : les inondations annuelles du *Nil* rythmaient la vie agricole. Vers 3000 avant notre ère, un système d'irrigation fut créé à partir du *Nil* pour en détourner une partie des *flots* vers un lac, le lac *Moeris*, qui était composé d'un réservoir (le lac), d'un canal d'écoulement, d'un groupe de régulateurs, de prises d'eau, de barrage, etc...

En *Chine*, des textes permettraient de dater les plus anciens travaux d'irrigation aux 7-8^{ème} avant notre ère. En l'an 2000, l'UNESCO a inscrit à l'inventaire du patrimoine mondial, un système d'irrigation mis au point au 3 siècle avant JC à *Dujiangyan* dans la province du *Sichuan*. Le système continue de réguler les eaux de la rivière *Minjiang* et de les distribuer sur les terres fertiles des plaines de *Chengdu* pour la culture du riz, notamment si des améliorations techniques ont été apportées depuis, le système mis au point il y a plus de 2200 ans est toujours en état de fonctionnement. Le système principal se compose de trois parties: une digue séparatrice d'eau en forme de bouche de poisson, deux déversoirs qui servent à décharger les eaux et la vase, et un canal qui traverse la montagne *Yulei* utilisé comme une arrivée d'eau. Ces trois parties interagissent et dépendent les unes des autres. Ce système de détournement des eaux a été soigneusement conçu et pensé pour l'irrigation, le contrôle des inondations, et la navigation.

A *Oman (sultanat d'Oman, sud de la péninsule d'Arabie)*, les systèmes d'irrigation *aflaj* ont été inscrits au patrimoine mondial par l'UNESCO. Les plus anciennes réalisations remontent à 500 après JC mais des traces permettent de supposer que l'irrigation y était pratiquée dès 2500 avant notre ère.

De beaux canaux d'irrigation (*aqueducs*) sont encore utilisés sur l'île de *Madère*. Sur plus de 2000 km, ces canaux furent conçus d'abord en bois, maintenant en béton, dès le 15 siècle

quand les premiers colons arrivèrent, apportent de l'eau potable aux villages et aux plantations agricoles. Ces *levadas* sont avec la végétation exubérante de l'île une des grandes richesses des paysages locaux.

2. But et Intérêt de l'irrigation

Dans le monde, 277 millions d'hectares sont irrigués (FAO, 2000) sur 1,4 milliard d'hectares de terres arables au total. Ils fournissent environ 1/3 de la production alimentaire mondiale. La nécessité de préserver les ressources en eau conduit à une réglementation et à la taxation des prélèvements.

2.1. Pourquoi irriguer ?

L'irrigation doit permettre de combler ce déficit hydrique (On appelle déficit hydrique, pour une période donnée, la différence entre les pluies tombées et le besoin en eau défini d'après les caractéristiques climatiques et physiologiques de la plante).

Lorsque la pluie satisfait la plus grande partie de ces besoins, on parle alors d'irrigation d'appoint. Dans ce cas, l'irrigation permet une sécurisation de la production, en régularisant et en améliorant les rendements.

Lorsque la pluie est trop faible pour assurer tout au long de l'année germination et croissance régulière, l'irrigation est permanente. Il s'agit dans ce cas d'une technique nécessaire à l'existence même de la culture, sa mise en œuvre exige la prise en compte de paramètres liés au sol, au climat et à la plante.

Leur connaissance est nécessaire non seulement pour le dimensionnement du réseau mais aussi pour pouvoir piloter une irrigation économiquement rentable.

Réussir son irrigation consiste à apporter aux plantes l'eau dont elles ont strictement besoin pour assurer les meilleurs rendements sans dépenses inutiles (arrosages excessifs), en valorisant tous les intrants et en évitant ruissellement et drainage.

Même subventionné, l'investissement nécessaire à l'équipement d'une parcelle va demander, de la part de l'agriculteur, un important effort financier. Au moment du choix, cet investissement impose donc de bien prendre en compte tous les facteurs qui entrent en jeu ainsi que leurs effets.

2.2. Autres utilisations possibles de l'irrigation

L'irrigation peut être utilisée à d'autres fins, comme par exemple, éviter les gelées radiatives qui se produisent au printemps par aspersion d'eau.

Le principe est simple : Si la température est inférieure à 0° C, on applique un film d'eau grâce aux rampes d'irrigation sur le matériel végétal à protéger. La chaleur dégagée par la transformation de l'eau état liquide en état solide et la chaleur de l'eau permet de conserver le tissu végétal au-dessus du point de congélation.

Il faut toutefois faire attention à ce que les plantes à protéger doivent être en mesure de supporter la formation de glace sur leur surface, cette protection peut permettre d'offrir à la plante une protection jusqu'à -7 °C

3. Limites de l'irrigation

Une irrigation inadaptée ou mal conçue peut être source de propagation de pathogènes, de polluants (résidus de médicaments, de biocides, etc.) dans les cultures ; c'est le cas avec l'utilisation d'eaux grises ou résiduaires, en particulier dans certains pays arides. En zone aride, le risque de salinisation est élevé.

L'irrigation peut aussi affecter les écosystèmes, le paysage ou l'agriculture en amont ou en aval, à cause des volumes d'eau détournés des cours d'eau. On cite souvent l'exemple de la mer d'Aral polluée et en partie vidée à cause de l'irrigation du coton en amont.

L'irrigation entraîne la salinisation des sols et la remontée des nappes phréatiques par capillarité. Environ 30 % (FAO, 1994) des terres irriguées sont maintenant touchées par ces problèmes, certaines modérément, d'autres gravement.

La salinisation des zones irriguées est la cause d'une réduction de 1 à 2 % (FAO, 2000) par an de la superficie des terres cultivées sous irrigation. Pour contrer ce phénomène, une des méthodes les plus courantes est le drainage intensif, ce dernier entraîne des conséquences irréversibles comme la dégradation de la structure du sol.

Une autre limite de l'irrigation est l'utilisation non maîtrisée de l'eau, dans la plupart des cas. Sur certaines cultures il y a des pertes d'eau de l'ordre de 30 à 60% (FAO, 1990).

4. Intérêts de l'irrigation

Approximativement, il y a 1.5 milliard d'hectares de terre agricole dans le monde, à savoir environ 17 % = 270 millions d'hectares seulement sont irrigués. La terre irriguée constitue plus de 40% de la moisson globale produite. Les cultures irriguées sont environ 3.5 fois plus productives que les cultures non irriguées (FAO, 2008).

Certaines considérations sont à prendre en compte tels que :

- L'agriculture (irrigation pour l'essentiel) consomme environ 70% de l'eau douce mobilisée dans le monde.
- Population mondiale : 80 à 85 millions d'individus de plus chaque année, essentiellement en zones arides et semi-arides
- L'indispensable accroissement de production alimentaire passera principalement par l'irrigation.
- Nécessité d'améliorer le rendement de l'irrigation, d'utiliser des eaux de moindre qualité et de mettre en œuvre des techniques efficaces de conservation de l'eau.

Les Causes de la mauvaise prise en main de l'irrigation sont principalement :

- Gestion mauvaise et irrationnelle de l'eau d'irrigation.
- Infrastructures inadéquates.
- Opération et entretien insatisfaisants, mauvaise organisation institutionnel, manque de formation des fermiers.
- Efficacité globale d'utilisation de l'eau d'irrigation dans le monde entier est moins de 40%.
- Les grandes pertes se produisent dans les systèmes de transport et de distribution, l'équipement défectueux ou vieux et les systèmes d'irrigation mal conçus, mal maintenus ou mal contrôlés.

5. Qualité de l'eau d'irrigation

Les eaux d'irrigation doivent être en quantité suffisante, mais aussi satisfaire certains critères de qualité. Les plantes sont particulièrement sensibles au niveau de sels dissous dans l'eau d'irrigation. Une grande quantité de sel dans l'eau et dans le sol, ainsi qu'une irrigation irrégulière peuvent induire des problèmes de salinisation des terres irriguées, ce qui est courant dans certaines régions du globe.

Les effets les plus graves d'une irrigation de mauvaise qualité d'eau est une accumulation excessive de sels solubles et / ou Le sodium dans le sol. Des sels hautement solubles dans le sol font que l'humidité du sol est plus difficile à extraire par les plantes, et les cultures subissent un stress en eau même lorsque le sol est humide.

Lorsqu'il est excessif le sodium s'accumule dans le sol, il provoque des particules de l'argile et de l'humus pour réduire l'espace des pores du sol. Cette action réduit le mouvement de l'eau dans et à travers le sol, donc Les racines de culture ne reçoivent pas assez d'eau, même si l'eau peut être stockée sur la surface du sol.

D'autre part la qualité de l'eau d'irrigation peut être évaluée par plusieurs paramètres physiques, chimiques et bactériologiques.

5.1. Qualité physique :

- Teneur en sédiments (matière en suspension, turbidité) et débris végétaux.
- Température.
- pH, etc.

5.2. Qualité chimique :

- Concentration en substances dissoutes (CE, SAR)
- Ions toxiques à forte concentration (B, Cl, Na, HCO₃, etc.)
- Substances susceptibles de précipiter (carbonates, oxydes de Fe et Mn, sulfures, etc.)

5.3. Qualité bactériologique :

- Algues, bactéries, champignons, spores, etc.

5.4. Classification en fonction de la minéralisation :

Les eaux peuvent être classées sur la base de leur seule minéralisation totale (FAO, 2008) :

- Eaux douces < 0.5 g/l
- Eaux salines de 0.5 à 1 g/l
- Eaux très salines de 1 à 3 g/l
- Eaux saumâtres > 3 g/l

6. Aptitude des eaux à l'irrigation :

Dans les zones arides et semi-arides, l'approvisionnement en eau d'irrigation constitue l'un des facteurs déterminants dans la production agricole, aussi bien dans l'intensification des cultures, que dans l'extension des surfaces irriguées. Pour les régions tempérées, les eaux superficielles constituent la principale source d'eau d'irrigation ; alors que dans les zones semi-arides, où cette ressource est rare ou inexistante, on fait appel aux eaux souterraines.

Le développement de l'agriculture dans ces zones rencontre actuellement, en dehors de la rareté des ressources hydriques, de nouveaux problèmes tels que le risque de salinisation des sols qui peut être apprécié par la conductivité électrique et celui de l'alcalinisation des sols. Cette dernière est due aux échanges ioniques (du sodium, du calcium et du magnésium) entre l'eau et le sol irrigué.

L'accumulation des sels hydrosolubles dans le sol d'enracinement influe négativement sur la croissance des plantes, on a recensé deux séries d'effets de la salinité (FAO, 2000) : les uns portent sur les végétaux, les autres sur le sol. En effet, ces sels causent des changements de la perméabilité et de l'aération du sol d'une part, et d'autre part ils provoquent des perturbations du métabolisme des plantes et du processus osmotiques de ces dernières.

6.1. Caractérisation des eaux destinées pour l'irrigation :

La salinisation peut entraîner des effets nocifs sur la qualité des eaux pour l'irrigation, et ce en raison de la fixation du sodium et des chlorures par les colloïdes du sol. La présence du sodium exerce alors une action néfaste sur la végétation et le sol :

- Un accroissement de la pression osmotique qui rend l'eau plus difficilement mobilisable par les plantes;
- Une toxicité de certains ions pour les végétaux (Cl⁻, Na⁺, etc.);
- Une dégradation du sol (modifications de l'état structural, diminution de la perméabilité, etc).

Lorsque la concentration des ions Na⁺ à l'état soluble dans le sol est importante, ces ions remplacent le plus fréquemment les cations Ca²⁺ (échange de base) dans le complexe absorbant.

Une eau chargée en sels peut provoquer cette action. Ce risque est déterminé à l'aide de la valeur du sodium absorbable (**Sodium Absorption Ratio, SAR**). Pour une même

conductivité, le risque est d'autant plus grand que le coefficient est plus élevé. Le SAR est défini par la relation suivante (Tous les ions sont exprimés en méq/l.)

$$SAR = \frac{(Na + K)}{\sqrt{\frac{(Ca + Mg)}{2}}}$$

6.1.1. Classification des eaux par la méthode de Richards :

Cette classification a été proposée par Richards, chercheur à l'USDA (United States Department of Agriculture) de Riverside en Californie, en 1954, elle a été très utilisée et l'est encore de nos jours. Elle est très utile et fiable pour caractériser une eau d'irrigation. Cependant, elle ne peut pas servir pour estimer un risque de salinisation ou de sodisation.

En effet, cette classification ne peut prendre en compte l'évolution des caractéristiques de l'eau lorsque sa minéralité augmente dans les sols des zones arides ou semi-arides auxquels elle est destinée. Elle donne une vision sur l'état actuel de ces caractéristiques mais ne permet pas d'anticiper sur le devenir de cette eau.

L'eau avec un SAR (sodium adsorption ratio) (fig. I.1) se situant entre 0 et 6 peut généralement être utilisée sur tout type de sol avec une faible accumulation de sodium. Quand le SAR se situe entre 6 et 9, les risques de problèmes liés avec la perméabilité du sol augmentent. Dans ce cas, le sol devrait être échantillonné tous les 1 ou 2 ans pour déterminer si l'eau augmente la teneur en sodium du sol (Coulon, 2000).

6.1.2. Classification des eaux par la méthode de Wilcox :

Généralement, les plantes supportent mal les sols saturés en sodium. La classification de Wilcox fondée sur la conductivité électrique et la teneur en sodium dans l'eau exprimée en pourcentage. La représentation des différents échantillons sur ce diagramme permet la caractérisation des eaux pour leur aptitude à l'irrigation (figure I.2) et leur interprétation dans le tableau I.1. Le % Na⁺ est défini par la relation :

$$\% Na = \frac{(Na + K)}{(Ca + Mg + Na + K)} * 100$$

Tableau I.1. Interprétation du diagramme de Richards.

Degré	Qualité	Classes	L'état d'utilisation
1	Excellente	C1-S1	Eau utilisable sans danger pour l'irrigation de la plupart des cultures, sur la plupart des sols.
2	Bonne	C2-S1 C2-S2	En général, eau pouvant être utilisée sans contrôle particulier pour l'irrigation de plantes moyennement tolérantes au sel, sur sols ayant une bonne perméabilité.
3	Admissible	C3-S1 C3-S2 C2-S3	En général, eau convenant à l'irrigation de cultures tolérantes au sel, sur des sols bien drainés. L'évolution de la salinité doit cependant être contrôlée.
4	Médiocre	C4-S1 C4-S2 C3-S3	En général, eau fortement minéralisée pouvant convenir à l'irrigation de certaines espèces bien tolérantes au sel et sur des sols bien drainés et lessivés.
5	Mauvaise	C3-S4 C4-S3 C4-S4	Eau ne convenant généralement pas à l'irrigation mais pouvant être utilisée sous certaines conditions: sols très perméable, bon lessivage, plantes tolérant très bien le sel.

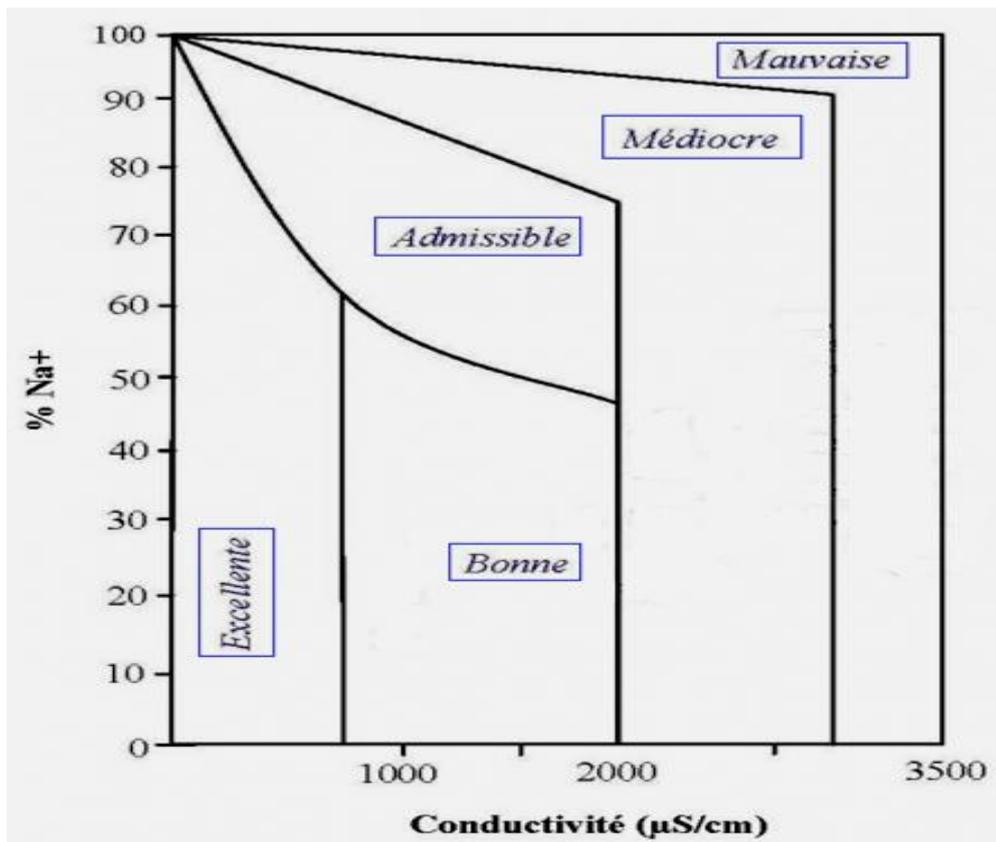


Figure I.1. Diagrammes de Wilcox

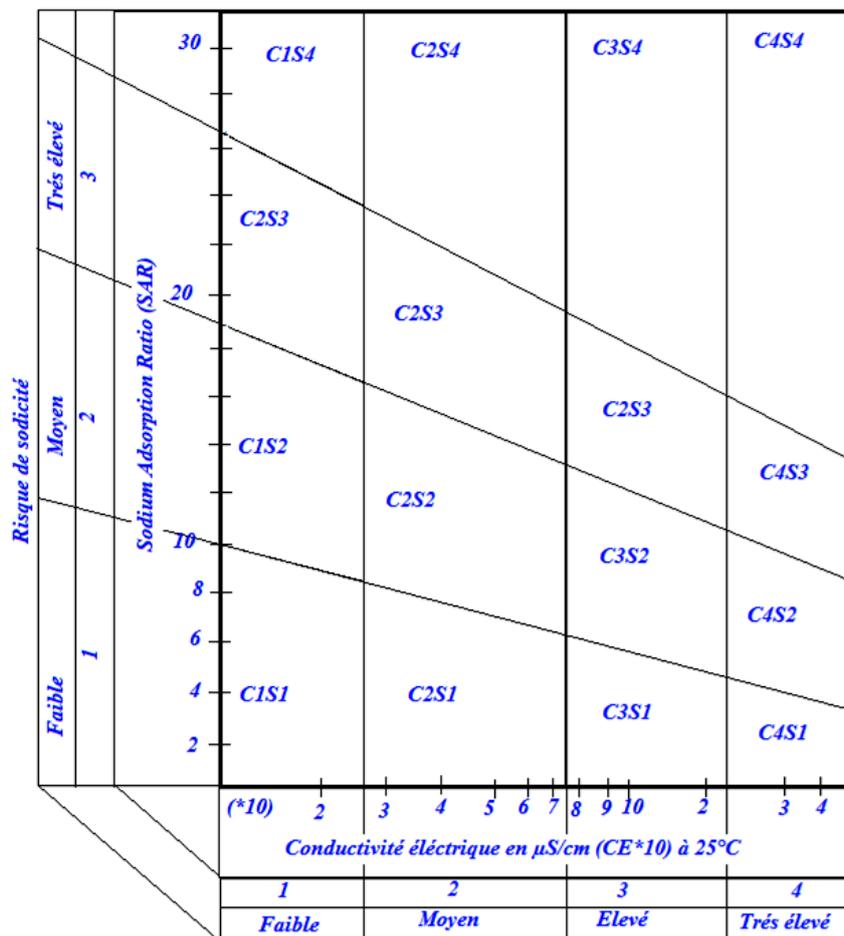


Figure I.2. Diagrammes de Richards

7. Introduction a la conception d'un réseau d'irrigation :

Tenant compte de la diversité des paramètres : sol, climat et plante, permettra une mise en place et un bonne maitrise de l'irrigation, il est utile de procéder comme suit (Kessira, . ???) (Figure I.3)

1. Connaître la source, la qualité de l'eau, le débit a extraire, le type de sol et le choix de la culture.
2. Connaître la topographie de la parcelle et les vents dominants.
3. Calcul des besoins en eau de la culture.
4. Faire le choix de la technique et le système d'irrigation à utiliser, entre le goutte a goutte, l'aspersion ou le gravitaire.
5. Dimensionnement du réseau d'irrigation adopté.
6. Connaître les possibilités de drainage de la parcelle.

7.1. Exemple de calcule de la ressource en eau (RE) et de la surface irrigable (Kessira,???) :

Dans une région donnée, il est prévu de créer un verger d'agrume (arbres de citron ou orange), qui sera irrigué a partir d'un débit de 15 l/s disponible 25 jours par mois et a raison de 16 heurs par jour. Quelle surface peut-on raisonnablement planter ?

$$RE = (25 \times 16 \times 3600 \times 15) / 1000 = 21600 \text{ m}^3 / \text{mois}$$

Les besoins en eau d'irrigation correspondant a l'ETP culture de juillet (maximum) sachant que la pluviométrie est négligeable : l'ETP et le coefficient cultural des agrumes pour arbre adultes permettent d'évaluer les besoins à :

$B = ETP \times Kc = 183 \times 0.6 = 110 \text{ mm ou } 1100 \text{ m}^3$ d'eau par hectare pendant le mois ou les besoins sont les plus élevés.

La surface maximale (S) de verger à prévoir est donc de :

$$S = 21600 / 1100 = 19.5 \text{ hectare environ.}$$

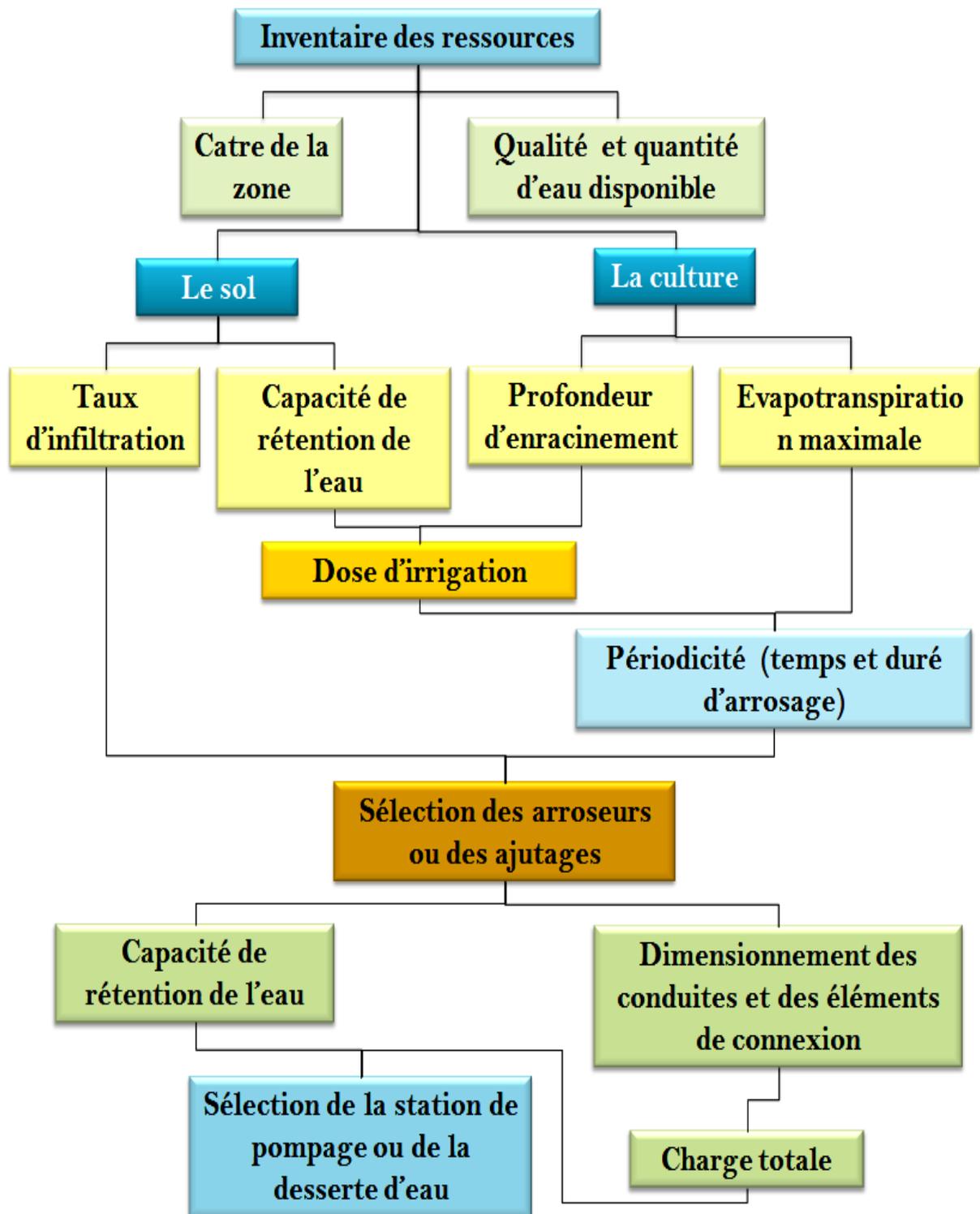


Figure I.3. Etapes fondamentales dans la conception d'un système d'irrigation sous pression (Kessira,.... ?).

7.2. Méthodologie de conception d'un réseau d'irrigation par des logiciels

Actuellement, Il existe des méthodes plus simple et plus rapide pour le dimensionnement des réseaux d'irrigation, le tableau I.2 Montre une manipulation successive de logiciel disponible gratuitement sur le net, et qui permettent de finaliser un projet d'irrigation sous pression, néanmoins, un pré-requis des connaissances de base en la matière est fortement recommandé.

Tableau I.2. Les logiciels utilisés dans la conception d'un réseau d'irrigation (Jasim, 2013).

Les logiciels	Usage	Logo
1 - Google Earth	Pour prendre les coordonnées du terrain et les dimensions de la parcelle choisie.	
2 - SPAW	Pour définir le type et les caractéristiques du sol dans la zone sélectionnée.	
3 - CLIMWAT 2.0	Pour obtenir les données climatiques dans la région sélectionnée.	
4 - CROPWAT ver 8.0	Pour déterminer les besoins d'irrigation brute maximale pour la culture sélectionnée.	
5 - Ve.Pro.L.G.s	Pour obtenir le meilleur modèle de goutte à goutte; L'efficacité du système d'irrigation; La pression d'entrée et le débit total.	
6 - EPANET	Pour dessiner le réseau; sélectionner la meilleure pompe et le meilleur diamètre des conduites.	

8. Eléments du régime d'irrigation

Il faut d'abord connaître quelques paramètres tel que : la surface à irrigation, le type de culture, les caractéristiques climatiques de la région et en fin le type et la texture du sol. On peut, dans un souci d'une meilleure gestion du système, partager la parcelle en plusieurs postes de dimensions (surfaces) plus petites.

8.1. Les besoin du mois de pointe :

Le mois de pointe est le mois, dont la valeur de l'ETP est la plus grande.

$$B_{\text{mois}} (mm) = ETC - Peff - RFU$$

$$ETC(\text{culture}) = K * ETP$$

ETP : Evapotranspiration dans le mois de pointe (le plus sec).

Peff : Pluie efficace dans mois de pointe (page 14).

RFU : Reserve facilement utilisable dépend des caractéristiques du sol (page 25).

Kc : Coefficient cultural, dépend de la nature de la plante.

8.2. Besoins journaliers (B_j) :

B_j (mm/jour) = Besoin du mois de pointe (B_{mois}) / nombre de jour par mois (31)

8.3. En irrigation localisée les besoins en eau vont être réduits (B_i):

B_i (mm/ jour)= $B(0,10+0,9 CS)$

CS : (Couverture du sol) surface couverte par les arbres par rapport à la surface totale en %.

8.4. La dose Pratique (D_p):

D_p (mm) = $(H_{cc} - H_{pf}) Y. Z. P \%$

Tel que :

D'après la texture du sol en % Limons, % Argile, % Sable.

On aura les caractéristiques hydriques pour une telle texture, ou H_{cc} ?

H_{cc} : L'humidité à la capacité au champ (page 22).

H_{pf} : L'humidité (point de flétrissement) (page 22).

Y : Degré de tarissement admissible, $Y = 2/3$

Z : Profondeur d'enracinement (mm).

$$P = \frac{n \cdot S_{pd} \cdot S_h}{E_a \cdot E_r}$$

n : Nombre de points de distribution par arbre;

d_{pd} : Distance entre deux points de distribution voisins du même arbre;

S_h : Largeur de la bande humidifiée.

E_r : Écartement entre rangs d'arbres.

E_a : Espacement des arbres sur les rangs.

$P\%$: Pourcentage du sol humidifié.

8.5. La dose réelle nette (D_{nette}) :

D_{nette} (mm) = 85 % D_p

8.6 Fréquence d'arrosage (T) :

$$T(\text{jours}) = \frac{D_{nette}}{B_j}$$

8.7. La durée d'arrosage (D_a) :

$$\text{La durée d'arrosage (heures)} = \frac{\text{Dose brute} \times El}{Ea}$$

$$\text{La dose brute (mm)} = \frac{\text{Dose nette}}{\eta \cdot Cu}$$

η : Rendement (85 % = 0,85).

Cu : Coefficient d'uniformité (0,9).

El : Ecartement entre les lignes d'arbres.

Ea : Ecartement entre les d'arbres.

Irrigation journalière = La durée d'arrosage /24

8.8. Nombre de rampes dans 1 ha :

$$\text{Nombre de rampe} = \frac{\text{Longueur de la parcelle}}{El}$$

8.9. Nombre de goutteurs:

$$N_g = \text{Surface de parcelle irrigue} / E_R \cdot E_a$$

N_g : Nombre de goutteurs / hectare.

8.10. Caractéristiques des goutteurs :

La pression de l'eau dans la rampe est dissipée par le passage de l'eau à travers le goutteur. Ils sont caractérisés par un faible débit : q (quelques litres par heure), Ce débit est exprimé par la formule suivant:

$$q = K \cdot H^x$$

K : Constante dimensionnelle.

H : Pression en mCe (Mètre colonne d'eau, équivalent à 0.1bar)

x : Coefficient caractérisant le goutteur (**Tab. I.3**).

Les goutteurs disponible dans le commerce sont de type (K,x).

-Exemple d'application :

- Pour les goutteurs en dérivation :

(AZUdrip UNE 69-076)

$$K = 4,1$$

$$x = 0,47$$

- Pour les goutteurs intégrés

$$K = 4,11$$

$$x = 0,46$$

Tableau I.3. Coefficients de variation des goutteurs (Vabre, 2012).

Valeurs	Classification
Coefficient de variation $\leq 0,04$	<i>Excellent</i>
$0,04 \leq$ Coefficient de variation $\leq 0,07$	<i>Moyen</i>
$0,07 \leq$ Coefficient de variation $\leq 0,1$	<i>Marginal</i>
$0,1 \leq$ Coefficient de variation $\leq 0,15$	<i>Déficient</i>
$0,15 \leq$ Coefficient de variation	<i>Généralement Inacceptable</i>

8.11. Porte rampe (collecteur) au milieu de la parcelle Q_{tpr} (l/h):

L'alimentation des rampes se fait au milieu de la parcelle par une porte rampe, dont la longueur de celle de la parcelle.

Nombre goutteur dans la rampe dépend de l'écartement entre les arbres.

Débit en tête de rampe :

$$Q_{tpr} \text{ (l/h)} = (\text{nombre de goutteur}) \times (\text{débit de chaque goutteur})$$

8.12. Débit total de la rampe Q_{tr} (l/h) :

$$Q_{tr} \text{ (l/h)} = (Q_{tpr}) \times (\text{nombre de rampes}) \times (\text{Ecartement entre les rampes})$$

8.13. Calcul des diamètres des rampes D (m):

On utilisera le débit total de la rampe en m³/s

$$Q_{tr} (l/h) = VS, \text{ tel que : } S = \frac{\pi D^2}{4} \Rightarrow D(m) = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}}, \text{ (supposons } V=1,5\text{m/s)}$$

8.14. Débit caractéristique :

En irrigation goutte à goutte avec un débit fictif,

$$qc(l/s/ha) = \frac{Bj(m/j) \cdot 10^3 \cdot 10^4}{3600 \cdot 24} \cdot \frac{1}{0,85 \cdot 0,9}$$

Tel que : 0,85 : est l'efficiace du système goutte a goutte, et 0,9 : coefficient de l'uniformité de distribution.

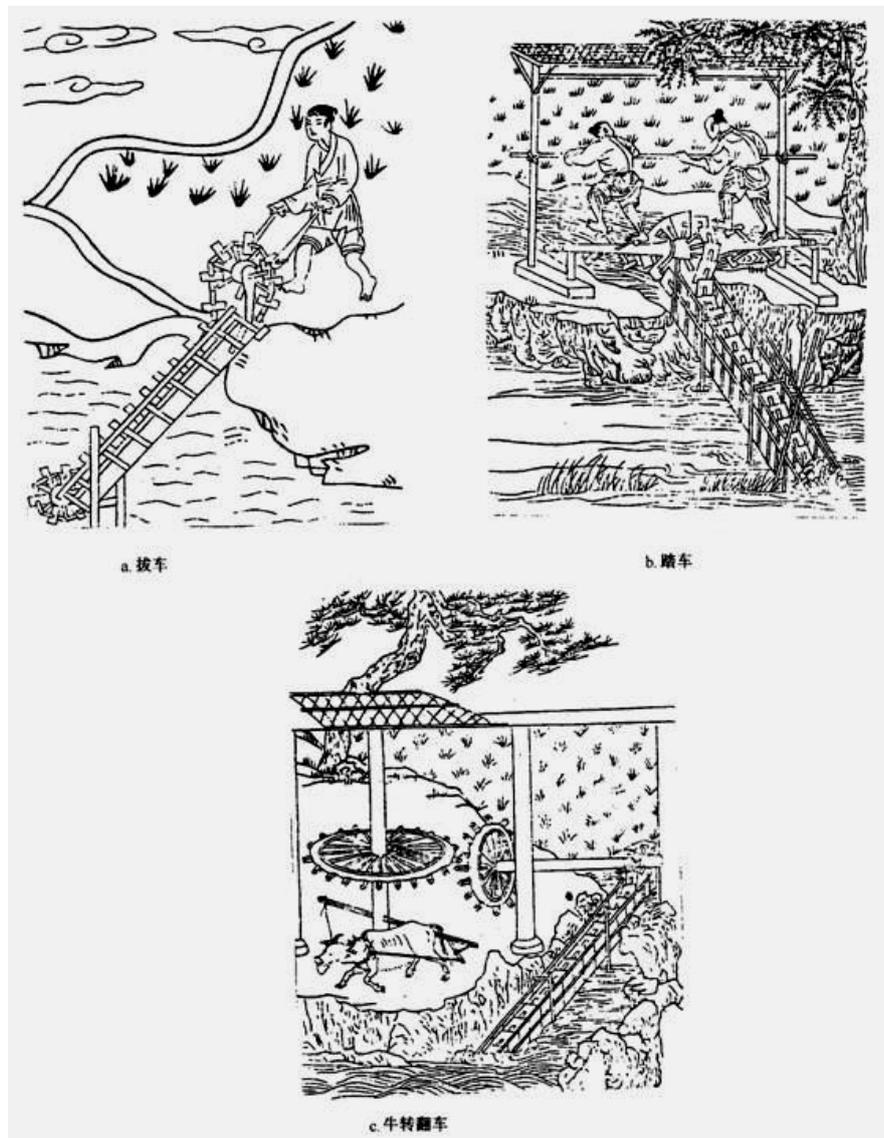


Figure hors texte : différentes pompes à chaîne Tiangong Kaiwu (Chine), encyclopédiste Song Yingxing (1587-1666)