

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Abderrahmane MIRA de Bejaia



جامعة بجاية
Tasdawit n'Bgayet
Université de Béjaïa



Faculté de Technologie
Département d'Hydraulique

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par :

SALHI Houa

REKKAL Baya

En vue de l'obtention du diplôme de **MASTER en Hydraulique**

Option : Ouvrages et Aménagement Hydrauliques

INTITULE:

**VALORISATION DES RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINE D'AKBOU
TAHARRACHTH (W) (BEJAIA)**

Soutenu le **30 /06 /2016** devant le jury composé de :

- Président : BERRAKINI Abderezzak
- Promoteur : CHENAFI Azzedine
- Examineur (s) : SAOU Hamid



Dédicaces

Je tiens à dédier ce modeste travail à :

Dieux, en qui j'ai toujours cru en qui je croirai toujours ;

Mes chères parents qui mon toujours soutenu et accompagnée tout au long de mes études et qui ont tout fait pour que je réussisse et à qui je souhaite une longue vie pleine de bonheur, joie et santé.

Mon chers frère Jugurtha ;

Mes sœurs Fatima, Dihya ;

A mon promoteur monsieur Chenafi Azzedine que je remercie beaucoup pour

Sa disponibilité, son aide, sa patience, son soutien durant les sciences d'encadrement

Mes très chères tantes et oncles ;

A mes enseignants depuis le primaire ;

A mes copines : Nabila Lynda Kaïssa Mélissa

A mes amis(es) sans exception : tinhinane ; Zakia ; mouloud ;.....

A tous ceux qui m'aiment ;

BAYA



Dédicaces

À ma chère famille,

Mes parents Nacer et Nora

Mes sœurs Faiza et Kahina

*Mes frères, Mouhand qui vient d'avoir sa 5^{ème} année avec une
moyenne de 9,20/10 et Malek qui vient d'avoir son Bém avec une
moyenne de 14,70*

À tous mes amis (es),

Au club scientifique Hydroclub, j'ai tant appris avec eux.

HOUA

Remerciement

Nous tenons à exprimer toute notre reconnaissance et notre gratitude à Monsieur CHENAFI Azzedine, notre promoteur, pour son aide et pour ses précieux conseils. Sans lui se mémoire ne peut se faire.

Nos remerciements vont aussi aux membres de jury qui ont bien voulu juger ce travail.

Un grand merci à Monsieur HADIDI Lounis pour l'intérêt qu'il nous a apportés tout au long de notre stage au sein de Sarl Ibraim& Fils <<IFRI >>

Merci également à TALAOUANOU Azzedine pour son soutien technique durant notre période de stage.

Nos remerciements vont aussi a Mlles HAMDAOUI Wassila et CHABOUR Sabrina pour leur accueilles chaleureux et pour leur orientations.

D'une manière générale nous remercions l'ensemble du personnel du laboratoire contrôle de qualité d'IFRI, grâce a eux, nous avons pu réaliser nos propre analyse des eaux d'irrigations.

Nous remercions vivement tous ceux et celle qui ont participé discrètement à l'accomplissement de ce mémoire.

A : Le flux de chaleur au bénéfice de l'atmosphère.

ANRH : Agence national des ressources en eau.

a : Fonction complexe de l'indice

C_u : Cuivre en (mg/l).

Cl: Chlorure (mg/l).

D : Dose réelle d'arrosage en (m³/hectares)

D : Diamètre de la conduite en (mm)

d_s : Densité sèche.

E : Le flux évaporé.

ETP : L'évapotranspiration potentielle en (mm/jours).

ETP_j : L'évapotranspiration potentielle journalière en (mm).

ETR : L'évapotranspiration réelle en (mm).

ETM : L'évapotranspiration maximale en (mm).

e : Tension moyenne journalière de la vapeur d'eau mesurée sous abri est exprimée en (millibars).

e_w : Tension maximale possible de la vapeur d'eau, exprimée en (millibars).

Fe : Le fer en (mg/l).

F'_t : La pente de la courbe de tension de vapeur saturante pour la température de l'air T.

f(φ) : Terme correctif de la durée théorique de l'insolation.

g : accélération de la pesanteur (g=9.81m/s²)

H : La durée du jour du lever au coucher de soleil en (jour).

H_{cr} : L'eau contenue au maximum dans le champ (%).

H_{pf} : L'eau contenue au point de flétrissement (%).

I : Indice d'aridité annuelle.

I_{moy} : Intensité moyenne.

I_g : La radiation globale du mois considérée (cm²/jour)

I_{g_A} : La radiation maximale donnée par les tables d'Angote avec une transparence de l'atmosphère égale à 1

I_{g_a} : La radiation journalière solaire directe en l'absence d'atmosphère exprimée en (cal/cm²/jour/K°).

J_l : Pertes de charge linéaire (m).

J_s : Pertes de charge singulière (m).

J_t : Pertes de charge total (m).

K : Coefficient qui est fonction de la culture et de la zone climatique.

k : la rugosité de la conduite en (mm)

L : Longueur de la conduite (m)

M : La moyenne des températures des maximas du mois le plus chaud en (degrés absolu).

m : La moyenne des températures des minimas du mois le plus froid en (degrés absolu).

N : Nombre des oliviers pour un hectare.

NO_3^- : Nitrate en (mg/l).

NO_2^- : Nitrite en (mg/l).

N_g : Nombre des goutteurs.

P : Pourcentage de la durée mensuelle de l'éclairement rapporté à la durée annuelle et ne dépend que de l'altitude en (%).

P_m : Pluviométrie mensuelle (mm).

P_{eff} : La pluie efficace en (mm).

P_r : Profondeur des racines (cm).

pH: Potentiel d'hydrogène.

P' : Précipitation totale annuelle en (mm).

p : phosphate en (mg/l).

L : La longueur de la conduite en (m).

Q : Quotient d'emberger.

Q_{Fictif} : Le débit fictif continu d'arrosage d'un N des oliviers en (l/h).

Q_{goutteur} : Débit des goutteurs en (l/h).

Q_{olivier} : Débit par olivier en (l/h).

$Q_{\text{périmètre}}$: Débit pour une superficie en (l/s).

Q_{totale} : Le débit total en (m^3/s).

Q : Débit transitant dans la conduite en (m^3/s).

RFU : Réserve facilement utilisable (mm/mois).

RU : Réserve utile (mm).

Re : nombre de Reynolds.

S : Le flux de chaleur résultante des échanges thermiques avec le sol.

T : Température moyenne annuelles ($^{\circ}\text{C}$).

T_1 : Température moyenne de l'air.

T_2 : Température moyenne mensuelle en ($^{\circ}\text{C}$)

T_3 : température moyenne journalière de l'air sous abri exprimée en ($^{\circ}\text{K}$).

T_m : Température moyenne mensuelle ($^{\circ}\text{C}$).

TA : Titre alcalimétrique simple en (mg/l).

TAC : Titre alcalimétrique complet en (mg/l).

V : vitesse moyenne journalière du vent mesuré à deux mètres au dessous de la surface d'évaporation en (m/s).

v : Vitesse d'écoulement en (m/s).

σ : Constante de STEFAN-BOLTZMANN soit $1,18 \cdot 10^{-7}$ en ($\text{cal}/\text{cm}^2/\text{jour}/\text{K}^{\circ}$)

γ : Constante psychrométrique en (m^2/s)

λ : Coefficient de frottement, qui dépend de la rugosité relative et du régime d'écoulement.

ν : Viscosité cinématique de l'eau en (m^2/s).

Figure I.1 Situation géographique de la région d'étude.....	3
Figure I.2 : Diagramme d'Emberger	12
Figure I.3 : Diagramme Ombrothermique	14
Figure II.1 : Schéma explicatif de l'évapotranspiration	19
Figure II.2 : Bac d'évaporation classe A	22
Figure II.3: Bac d'évaporation de Colorado	22
Figure II.4 : Bac flottant	23
Figure II.5 : Evaporimètre « Piche »	23
Figure II.6 : Evaporimètre Wild	25
Figure II.7 : Schéma d'une cuve lysimétrique	25
Figure II.8 : Evapotranspiration potentielle (mm) mensuelle par la méthode de Turc	30
Figure II.9 : Graphe explicatif de l'irrigation requise.....	33
Figure III.1 : Photo prise lors de la mesure du Ph	37
Figure III.2 : Photo prise lors de la mesure de la conductivité	37
Figure III.3 : Manipulation avec réactifs chimiques	39
Figure III.4 : Spectrophotomètre utilisé lors de la manipulation	40
Figure IV.1 : L'irrigation par planche	50
Figure IV.2 : Irrigation à la raie par siphon	44
Figure IV.3 : Schéma explicatif d'un asperseur	46
Figure IV.4 : Schéma d'une installation de goutte à goutte	50
Figure IV.5 : Schéma explicatif de l'emplacement des goutteurs	53

Tableau I.1: Résultat de l'analyse granulométrique.....	5
Tableau I.2: Températures moyennes des maximas et minimas 1991 à 1984	5
Tableau I.3: Moyenne mensuelle de l'humidité relative 1981 à 1984	6
Tableau I.4 : Répartition de la vitesse moyenne du vent	6
Tableau I.5: Répartition annuelle de l'évaporation	7
Tableau I.6: Répartition mensuelle d'insolation	7
Tableau I.7: Répartition mensuelle de la pluviométrie 1913 – 1977	8
Tableau I.8: Classification des types de climat	10
Tableau I.9: Résultats de calcul de l'indice d'aridité de Martone	10
Tableau II.1: Valeur du coefficient cultural Kc de quelque culture.....	21
Tableau II.2: Valeur d'IgA correspondante a la région d'étude.....	29
Tableau II.3: Valeur de H correspondante à la région d'étude	29
Tableau II.4: Valeur d'ETP calculé par la formule de turc	29
Tableau II.5: Résultat de calcul de l'ETR	30
Tableau II.6: Résultats de calcul de la précipitation efficace.....	31
Tableau II.7: Irrigation requise de l'olivier.....	32
Tableau II.8 : Nombre et dose d'arrosage de l'olivier	34
Tableau III.1: Résultats de l'analyse physicochimique.....	41
Tableau IV.1: Calcul de diamètre normalisé.....	56
Tableaux IV.2: Répartition du temps d'irrigation.....	57

INTRODUCTION GENERALE

L'économie de l'Algérie repose sur un fort secteur industriel le : pétrole, gaz naturel et les produits des industries pétrolières, elles sont les principaux postes d'exploitation. Mais avec la crise économique actuelle de notre pays s'il y a lieu d'évoquer un secteur ayant enregistré des résultats probants sur le terrain durant ces dernières années, c'est bien celui de l'agriculture.

L'une des grandes sociétés algériennes qui c'est lancée dans l'agriculture est bien l'entreprise Ibrahim et fils-Ifri qui nous ont bien accueillie lors de notre stage pratique.

Soucieuse de développer l'agriculture locale, IFRI, a acquis 600 hectares d'oliviers dans la vallée de la Soummam Akbou dont elle rassure l'exploitation.

L'olivier est l'une des cultures les plus anciennes qui a marqué sa place dans la méditerranée, c'est un arbre résistant qui est presque immortel qui peut vivre des centaines d'années, symbole de paix et de pérennité grâce à une longévité hors du commun, il fait partie de la vie des civilisations méditerranéennes depuis très longtemps.

L'olivier résiste parfaitement aux périodes de sécheresse grâce à un système racinaire adapté. Les besoins en eau de se dernier sont surtout importants en période pré florale et lors du grossissement du fruit, il faudra donc moduler les apports d'eau en fonction des quantités de pluie tombée, de la température de l'air, de l'ensoleillement, des caractéristiques de rétention du sol et des besoins de l'olivier à l'époque considérée. Entretemps, la région d'Akbou est caractérisée par un climat chaud et tempéré. Akbou affiche une température annuelle moyenne de 17,4° et une moyenne de précipitation annuelle qui atteints les 659 mm, se qui justifie le recoure a l'irrigation.

La plus ancienne méthode d'irrigation est à la fois celle qui demande le plus de travail, la moins efficace et celle qui gaspille le plus d'eau c'est bien entendu le système par rigoles et écoulement d'eau dans des sillons creuse autour des oliviers, et c'est fortement déconseillé vu la situation aigu des ressources en eau disponibles.

L'Algérie se situe, à l'instar des 17 pays Africains touchés par le stress hydrique, dans la catégorie des pays les plus pauvres en matière de potentialités hydriques.

Notre travail consiste à répondre à la problématique de l'aménagement hydro-agricole d'une parcelle d'une superficie de 86,48 ha pour l'irrigation de l'olivier, et cela en optimisant au maximum les pertes d'eau et une utilisation rationnelle des ressources en eau dans le but de l'optimiser. Autrement dit notre projet consiste à intervenir sur une parcelle agricole afin de mettre en place un réseau d'irrigation calculé sur la base des besoins en eau des cultures ou l'irrigation consiste à apporter de l'eau à des cultures dans le but d'améliorer la productivité des parcelles ou de combler un manque d'eau (faible pluviométrie) et les ressources en eau

sont l'ensemble des points d'accès à l'eau pour les besoins en irrigation et autres, elles se subdivisent en deux parties les eaux souterraines et les eaux superficielles.

Notre travail contient quatre chapitres : Etude du milieu, les besoins en eau des cultures, les ressources et qualité des eaux d'irrigation et enfin les techniques d'irrigation et dimensionnement.

Le premier chapitre est consacré à l'étude du milieu de la zone Taharrachth, située à Akbou, à savoir sa situation géographique, géologique, pédologique et climatique, nous mettons en évidence les différentes tendances du climat régional et une analyse basée sur les indices climatique.

Le deuxième chapitre étudie les besoins en eau d'irrigation des oliviers. Sur la base des données propre a l'olivier et en utilisant des formules empirique comme la formule de TURC adaptée à notre type de climat.

Le troisième chapitre sera consacré à la qualité physico-chimique des eaux d'irrigation de notre périmètre, dans ce chapitre nous nous présentons les analyses des eaux d'irrigation de l'olivier que nous avons pu réaliser au sein des laboratoires de IFRI.

Dans le dernier chapitre, on exposera les différentes techniques d'irrigation, en citant leurs avantages et inconvénients afin de choisir le type d'irrigation à adopter pour le dimensionnement du réseau d'irrigation de la parcelle.

Nous terminerons notre travail par une conclusion générale ainsi qu'une bibliographie.

CHAPITRE I Etude du milieu

I.1. Situation géographique et administrative

La zone d'étude est située sur le flanc Est du massif montagneux du Djurdjura en Kabylie, dans la haute vallée de la Soummam. Elle est délimitée au Nord-Ouest par le massif montagneux, à l'Est par la vallée de la Soummam.

Administrativement la zone d'étude se trouve sur le territoire de commune d'Akbou, située à une altitude moyenne de 280m, la commune d'Akbou s'étend sur une superficie de 52,18 Km². La commune est traversée par les routes suivantes :

RN 26: Bejaia – Tazmalt

RN 26 A: Akbou – Chellata

Sur les frontières d'Akbou on y retrouve les localités d'Azib Benali Chérif, Tifrit, Azaghar et Taharrachet qui est l'emplacement exact de notre parcelle étudiée comme l'illustre la figure I.1 (Source ONM, station aéroport de bejaia).

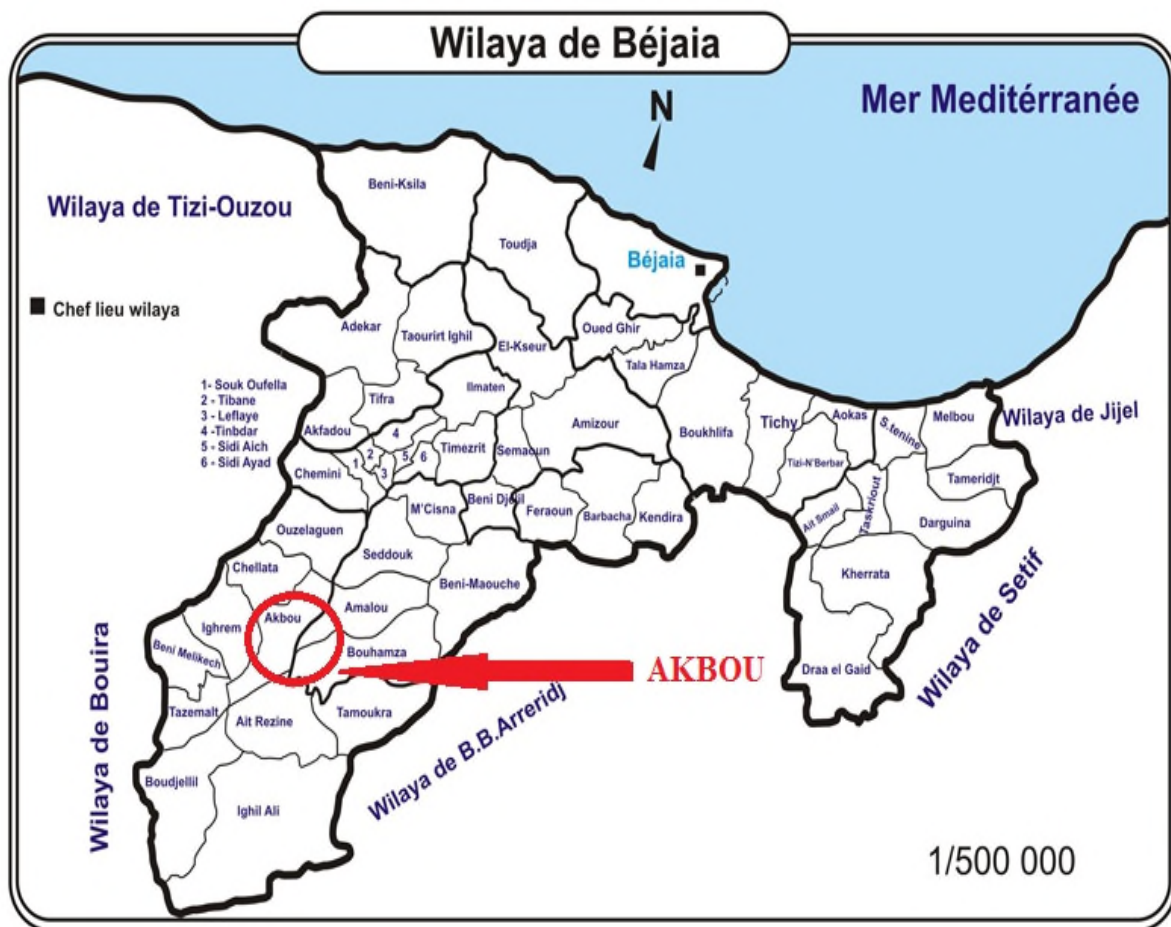


Figure I.1: Situation géographique de la région d'étude.

I.2. Géologie

I.2.1. Géologie de la zone d'étude

La zone d'étude se répartie sur trois types de formations et d'âge géologique distincts :

La formation du crétacé inférieur (roche sédimentaire de couleur blanche composée de carbonate et calcium) sont largement développées sur la partie montagneuse de la zone d'étude des quatre oueds. Elles sont représentées par des sédiments argileux et calcaire, des schistes noirs et des conglomérats. Les dépôts du crétacé supérieur affleurent dans la partie Nord- est et sont représenté par des schistes marneux noirs.

Les dépôts cénozoïques les plus répondus sont ceux de l'Oligocène représenté par des grés quartzeux, par des argilites et des argiles ;

Les dépôts néogènes sont moins répondus et constituent des surfaces restreintes dans la vallée de l'oued Soummam.

Le Quaternaire est présenté par les dépôts récents des terrasses de la vallée alluviale de l'oued Sahel. Ces cents très diversifiés peuvent se rencontrer en discordance sur de tous les terrains cités précédemment. On y rencontre des brèches de pente, des alluvions récents et des alluvions anciennes.

Sur le plan morphologique, la vallée de l'oued Sahel correspond à une dépression alluvionnaire Orientée Sud-est de Tazmalt à Akbou. De ce fait elle constitue une zone de transition entre le domaine externe et le domaine interne, et présente du point de vue structural une grande complexité due à la superposition d'ensembles géologiques de chacun de ces deux domaines.

La vallée alluviale sépare les deux ensembles montagneux : Bibans-Babors à l'Est et Gouraya à l'Ouest ([Source ONM, station aéroport de bejaia](#)).

I.2.2. Analyse granulométrique du sol

L'analyse granulométrie a pour but de déterminer les proportions des grains de différentes tailles dans le sol, on les distingue par leur taille.

La nature du sol peut être déduite d'une analyse granulométrique, les particules les plus grosses étant séparées par tamisage et les plus fines par sédimentation.

Les analyses granulométriques de notre sol sont présentées dans le tableau I.2 ([ZIOUANI, 2004](#))

Tableau I.1 : résultat de l'analyse granulométrique

Sondage	SCI	SC2
profondeur(m)	2,7 - 3	4 - 4,6
Nature apparente des sols	Limon argileux	Limon argileux
Densité sèche (g/cm ³)	1,98	1,98
Densité humide (g/cm ³)	2,15	2,11
Teneur en eau naturelle %	8,6	6,7
Degré de saturation %	64	50
Granulométrie % > 2mm	4	4
Granulométrie % 2 - 0,02mm	50	52
Densimétrie % 0,02mm - 2μ	18	16
Densimétrie % < 2μ	27	27

I.3. Climatologie

Le climat dans la région d'Akbou est chaud et tempéré, en hiver les pluies sont bien plus importantes qu'elles ne sont en été. Akbou affiche une température annuelle moyenne de 17,4°C. La moyenne des précipitations annuelles atteints 659 mm dont 4 mm enregistré au mois de juillet pratiquement le plus sec de l'année. Le mois de janvier, avec une moyenne de 110 mm, affiche les précipitations les plus importantes ([Source ONM, station aéroport de bejaia](#)).

I.3.1. Les températures

La température moyenne annuelle est égale à 17,39°C. Les mois les plus chauds sont les mois d'été, soit : juin, juillet, aout et septembre durant lesquels la température est moyennes dépassent les 20°. En hiver, les températures moyenne mensuelle ne descendent jamais sous la barre de 7°C. Les températures minimale et maximal absolues sont respectivement de 7,2°C et 29°C. L'amplitude thermique annuelle est donc de 9,28°C, comme le montre le tableau I. 3

Tableau I.2: Températures moyennes des maximas et minimas (1991-1984)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Minima (°C)	7,2	7,7	8,3	9,9	13	16,3	19	20	18	14,6	10,8	8,5
Maxima (°C)	16,3	16,8	18	19,2	22	25,4	29	29	27,5	24,3	19,9	17,4
Moyenne (°C)	11,8	12,3	13	14,6	17	20,9	24	24	22,8	19,5	15,4	13
Amplitude (°C)	8,8	9,1	9,8	9,3	9,2	9,1	9,8	9	9,5	9,7	9,1	8,9

I.3.2. humidité relative

Ce phénomène est le rapport entre la quantité effective de la vapeur d'eau dans un volume d'air et la quantité maximale possible dans la même température.

L'humidité relative mensuelle varie de 48,3% pendant le mois le plus chaud à 93,9% au mois de Février. La moyenne annuelle est de 76,0% comme le montre le tableau I.3

Tableau I.3: Moyenne mensuelle de l'humidité relative (1981- 1984)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Hr(%)	74,9	77	76,8	78,2	78,5	77	72,7	75,5	75,4	74,2	76,3	75,5

Les valeurs de l'humidité sont très rapprochées durant toute l'année à l'exception de mois de Juillet ou l'humidité s'abaisse du fait d'augmentation de la température. (Source ONM, station aéroport de bejaia).

I.3.3. la vitesse du vent :

Les mouvements de l'air atmosphérique qu'est le vent peuvent créer des différences de pression entre les différents points de la surface touchés par variation de direction et de vitesse. Le vent exerce une influence directe sur les températures, l'humidité, amplifie l'évapotranspiration et au-delà de certaines valeurs, perturbe l'irrigation (Source ONM, station aéroport de bejaia).

Les vitesses moyennes mensuelles du vent varient de 3,4 à 4,9 m/s d'après le tableau I.5

Tableau I.4: Répartition de la vitesse moyenne du vent (1991-1984)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	An
V (m/s)	4,7	4,3	3,9	3,5	3,6	3,5	3,6	3,4	3,5	4,1	4,5	4,9	4

I.3.4. L'évaporation

L'évaporation représente le passage de l'état liquide à l'état de vapeur. Que cela se produise à la surface d'une feuille ou d'un lac, c'est toujours une transformation qui nécessite de l'énergie (DUCROCQ, 1987).

La notion d'évaporation est importante dans les études de bilan hydraulique ou d'évaluation des ressources en eau. Elle affecte les débits à partir d'un bassin versant, le dimensionnement des réservoirs de barrage, le dimensionnement d'un réseau d'irrigation, etc.

L'évaporation à l'échelle annuelle est de 3,2 mm, les maxima sont atteints entre juillet et octobre et les minima entre Février et Mars (Source ONM, station aéroport de bejaia). La répartition mensuelle de l'évaporation est représentée dans le tableau I.6

Tableau I.5 : Répartition annuelle de l'évaporation (1991-1984)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	An
Evaporation (mm)	3	2,8	2,9	2,6	2,8	3,2	4,3	3,7	3,6	3,5	3,2	3,2	3,2

I.3.5. Insolation

C'est le nombre d'heures pendant lesquelles le soleil a brillé, et enregistré pendant toute l'année (Source ONM, station aéroport de bejaia).

La durée de l'insolation est de **7,1** heures par jour en moyenne. Les journées les plus longues (**10,3** heures) ont lieu pendant le mois de juillet.

Les durées minimales varient de **4,6 à 6,8** heures s'observent entre le mois d'Octobre et Avril, comme le montre le tableau I.7

Tableau I.6 : Répartition mensuelle d'insolation (1991-1984)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Insolation (h)	5,1	5,2	6,2	6,6	7,8	9,7	10,3	9,4	8,0	6,8	5,5	4,6

I.3.6. Pluviométrie

Le facteur climatologique essentiel reste la pluviométrie, il constitue un volume d'information important. L'étude des précipitations vise plusieurs objectifs et notamment l'évaluation :

- des moyens pluviométriques inter annuelle
- du régime mensuel des précipitations
- des caractéristiques des pluies maximales journalières

Les données pluviométriques disponibles sont sélectionnées à partir des stations les plus proches du site d'étude. Le réseau de l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques est plus fourni et plus dense dans la région d'étude, elles sont présentées dans le tableau I.8

Tableau I.7: Répartition mensuelle de la pluviométrie (1913–1977)

année	janv	fev	mars	avr	mai	juin	juill	aout	sept	oct	nov	dec
1913	102,5	63,0	56,5	47	21,2	15,2	3,0	2	6	23	42	56
1914	108.80	11.70	32.50	46.00	43.80	7.30	7.40	0.00	2.00	27.00	47.00	71.00
1915	23,8	95,7	55,7	3,2	34,5	9	0,7	0,8	27	23	42,7	50,9
1916	66	54	45	34	54	4	3	2	26,7	2,4	38	46
1918	70,6	36,1	107,3	10,2	19,7	13,4	0,00	0,00	22	32	43	33
1919	0,00	40,40	56,20	21,20	13,30	14,80	12,80	0,00	5,30	20,30	7,00	47,50
1920	73	32,2	62,3	96,1	89	28,8	0	1	0,7	96,5	35,1	50,9
1921	154.90	161.60	0.00	0.50	8.00	4.80	0.00	0.00	0.00	18.30	42.30	113.00
1922	170.10	62.50	113.60	62.80	35.70	5.10	5.20	14.60	8.80	16.70	14.40	28.70
1923	107.90	71.00	58.50	26.90	0.00	19.80	5.00	0.00	25.00	37.80	78.60	131.80
1924	0.40	31.60	94.40	52.90	35.70	18.00	0.00	3.10	27.40	48.20	53.10	71.90
1925	57.00	42.30	37.10	69.00	13.70	6.30	16.90	0.40	85.90	49.20	50.70	39.10
1926	168.00	61.60	29.30	5.70	54.70	5.00	0.50	11.20	5.40	4.10	17.50	68.30
1927	131.80	98.20	81.30	28.10	44.10	0.00	10.20	1.20	18.90	34.60	86.10	66.30
1928	48.30	150.80	74.70	6.30	73.30	7.50	0.00	9.20	31.80	74.90	83.80	71.10
1929	49.80	44.80	15.30	77.80	27.00	14.00	4.00	2.00	111.50	21.00	78.00	34.40
1930	86,9	137	10,3	32,9	15,8	1,7	0,3	0,1	15	32	1,1	205,2
1931	59,9	67	37,8	3	38,5	0	1,2	1	75,4	20	34,7	123,2
1932	111	40,4	54,2	15,9	55	3	0,00	3,5	53,1	47	44,9	63,5
1933	151,3	63,3	84	43,1	60,9	4	2	57,5	19,9	4	81,4	158,7
1934	105.90	40.60	105.40	33.60	77.70	0.50	16.00	16.70	33.20	15.90	50.00	58.90
1935	35	64,6	31,7	57,3	92,6	19,5	7	22	16,3	127,7	41,9	75
1937	47,4	58,9	6,1	60,6	69,9	5,7	1,2	3,6	17	67	54	88
1938	41,1	155,9	90,2	109,2	64,7	13,1	0	5	39,9	14,8	89,3	54,8
1940	41.20	88.60	22.50	26.00	34.50	7.30	3.00	9.50	3.10	34.20	51.10	107.20
1941	139.60	123.20	35.50	25.50	23.20	1.40	4.10	8.50	71.00	65.10	47.90	42.40
1942	21.10	52.20	70.50	37.90	28.90	0.70	2.10	2.10	28.20	4.00	40.00	102.80
1943	11.70	52.80	40.00	26.50	3.90	23.90	0.00	1.40	7.60	35.00	56.60	45.30
1944	121.20	5.00	7.70	1.30	6.90	6.60	41.50	3.70	80.30	60.20	4.40	124.60
1945	48.20	17.70	48.20	125.70	73.40	0.80	0.00	1.40	12.10	16.70	40.20	100.60
1946	23,8	54	5,4	5,1	29,6	2	7	9,9	6,5	2,6	61,6	220,3
1947	115.40	40.80	38.80	26.10	25.80	33.90	10.40	7.00	9.70	18.60	9.50	150.10
1948	107.20	45.80	69.70	44.20	78.90	2.60	0.00	0.00	1.10	58.20	7.60	17.80
1949	87.10	33.20	48.00	52.10	42.30	4.60	0.00	15.40	30.40	2.80	77.80	64.60
1950	144.90	47.10	26.70	25.70	57.40	16.30	16.30	7.30	54.40	39.90	10.60	79.70
1951	100,7	66,3	33,2	67,7	74,3	14	5	4	34,3	96,8	23,3	105,1
1952	80.70	23.50	101.40	9.00	33.70	47.10	8.10	12.40	26.80	25.50	46.60	130.00
1953	136.90	106.20	52.50	60.30	39.40	5.00	0.00	0.00	8.20	30.30	7.40	50.90
1954	39.40	31.40	22.90	88.10	43.40	12.50	0.00	7.80	0.00	17.40	24.00	39.70
1955	29.20	120.50	84.30	46.10	10.90	0.00	0.80	9.10	59.70	59.80	35.60	62.20
1956	37.40	0.00	11.20	73.50	31.40	8.40	0.00	0.00	14.70	27.10	44.90	38.10
1957	122,6	44	28,2	77,3	0,00	26	0,00	0,00	6	138,9	155,2	128,6
1958	27.00	41.10	88.60	59.10	79.70	43.20	0.00	0.00	6.50	66.10	71.40	16.30
1959	62.30	16.30	50.90	91.50	28.00	6.30	0.00	0.00	74.00	70.40	73.30	85.80
1960	122	1,8	6,1	87	32	6	1	4	0	25,1	13	69,5
1966	36,1	41,1	0	23,5	52,3	12	0	0	43	19,3	3	127,5
1967	46.00	32.60	34.40	27.10	10.90	21.20	0.00	2.50	28.00	26.50	90.90	47.50
1968	33.70	20.50	74.20	59.30	29.50	0.10	5.30	0.50	0.00	0.00	39.70	71.50
1969	30.40	21.80	51.30	108.90	20.60	0.00	14.00	0.00	53.00	127.30	43.80	186.80
1970	69.50	23.60	103.30	35.70	31.10	0.00	6.50	1.10	0.00	68.60	0.90	42.40
1971	176.20	64.50	62.80	84.80	63.60	43.90	2.40	0.00	8.80	31.10	85.70	64.60
1972	101.20	118.10	79.00	27.60	6.80	25.80	0.00	11.50	71.40	52.40	17.30	145.20
1973	2,4	81,2	183,3	58,2	26,3	38,3	0	5	36,7	0	18,8	68
1974	1.50	72.10	91.00	4.20	67.00	16.00	0.00	0.00	2.60	43.20	7.40	10.50
1975	37.90	114.00	47.70	62.10	52.10	15.20	37.00	16.80	19.00	0.30	82.00	43.50
1976	48.10	35.00	1.40	56.50	2.20	0.00	0.00	0.00	16.50	85.00	37.70	46.50
1977	122	65	56	64	32	12	8	2	23	11	63,3	9,4

I.4. Caractéristiques climatiques

De toutes les activités humaines, l'agriculture reste le secteur le plus influencé par le climat et ses variations. Cette partie fait une synthèse des indices climatiques basée sur les pluies et les températures.

I.4.1. Calcul de l'indice d'aridité

L'indice d'aridité caractérise le climat de la région et permet de délimiter les zones ou période ayant besoin d'irrigation.

- L'indice d'aridité se calcule avec la formule de MARTONNE (1927) :

$$I = \frac{P}{T + 10}$$

Avec :

- I : indice d'aridité annuelle ;
- P : Précipitations totales annuelles (mm)
- T : Température moyenne annuelle (°C)

- L'indice d'aridité mensuelle se calcule avec la formule :

$$I = \frac{12 \times P_m}{T_m + 10}$$

Avec :

- P_m : pluviométrie mensuelle (mm) ;
- T_m : température moyenne mensuelle (°C)

Il a été estimé que l'irrigation est :

- indispensable quand l'indice d'aridité $I < 10$
- souvent indispensable quand l'indice d'aridité $10 < I < 20$
- de secours quand l'indice d'aridité $20 < I < 30$
- inutile quand l'indice d'aridité $I > 30$

Tableau I.8 : Classification des types de climat en fonction de l'indice d'aridité

Valeur de l'indice d'aridité de Marton	Type de climat	Type de végétation potentielle
0 à 5	Hyper aride	Désert absolu
5 à 10	Aride	Désert
10 à 20	Semi-aride	Steppe
20 à 30	Semi-humide	Prairies naturelles, forêts
30 à 40	Humide	Forêts
40 à 55	Sub- Humide	Forêts

Application numérique

1. Calcul de l'indice d'aridité avec la formule de Martonne :

$$I = \frac{P}{T+10} = \frac{457,6}{17,4+10} = 16,4$$

Interprétation

D'après l'indice d'aridité de Martonne calculé et en comparant avec le tableau, nous constatons que le site d'AKBOU se situe dans la zone Semi-aride

2. Calcul de l'indice d'aridité mensuelle :

Les calculs de l'indice d'aridité mensuelle avec la formule de Martonne, les résultats sont présentés dans le tableau I.10

Tableau I.9 : Résultats de calcul de l'indice d'aridité de Martonne

Mois	P (mm)	T (°C)	I=12P/T+10
Janvier	72,0	11,8	39,7
Février	64,4	12,3	34,7
Mars	149,8	13,2	25,8
Avril	47,1	14,6	23,0
Mai	49,5	17,3	21,7
Juin	11,8	20,9	4,6
Juillet	2,4	24,1	0,9
Aout	7,3	24,2	2,5
Septembre	24,7	22,8	9,0
Octobre	41,2	19,5	16,8
Novembre	46,6	15,4	22,1
Décembre	91,2	13,0	47,7

Nous constatons que l'irrigation est indispensable durant les mois : juin, juillet, août et septembre, quelle est souvent indispensable durant le mois d'octobre, de secours durant les mois mars, avril, mai et novembre finalement on déduit que l'irrigation est inutile lors des mois janvier, février et décembre.

I.4.2. Calcul du quotient d'Emberger

L'amplitude thermique étant un facteur important de la répartition de la végétation. Emberger a proposé l'indice pour le climat de la région méditerranéenne. Le système d'Emberger a été largement utilisé en Algérie, pour établir les différents étages bioclimatiques, de nombreux auteurs ont repris et continué l'œuvre d'Emberger, Le quotient pluviométrique d'Emberger est donné par l'expression suivante (GAUSSEN, BAGNOULS, 1952):

$$Q = \frac{1000P}{\frac{(M+m)(M-m)}{2}} \quad \text{Ou} \quad \frac{2000P}{M^2 - m^2}$$

Avec :

P : représente le total annuel des précipitations en mm,

M : la moyenne des températures des maxima du mois le plus chaud ;

m : la moyenne des températures des minima du mois le plus froid.

(M et m sont exprimés en degré absolu.)

Après simplification peut s'écrire

$$Q = 3.43P / (M - m)$$

Ce coefficient permet de mettre en évidence la sécheresse moyenne d'une station à travers des valeurs moyennes annuelles et que le climat est d'autant plus sec que ce quotient est plus petit (DAGET, 1977).

Application numérique

Calcul de quotient pluviométrique d'Emberger :

$$Q = \frac{2000P}{(M+m)(M-m)} = \frac{1016039.13}{12692.0} = 80.2 \text{ (mm /}^\circ\text{k)}$$

$$Q = \frac{3.43P}{(M-m)} = \frac{1595.1}{21.8} = 73.17 \text{ (mm /}^\circ\text{k)}$$

L'interprétation de ce quotient nécessite l'emploi du climagramme d'Emberger qui permet de classer une station donnée dans l'une des 54 combinaisons bioclimatiques du climat méditerranéen (RAHMANI, 2011).

I.4.3. Diagramme bioclimatique d'Emberger

Emberger a devisé les étages bioclimatiques comme suit (DAGET, 1977)

- _ Etage saharien (ou per-aride)
- _ Etage aride
- _ Etage semi-aride (ou mieux sub-aride)
- _ Etage sub-humide
- _ Etage humide (quelques fois appelé humide inférieur)
- _ Etage per-humide (quelque fois appelé humide supérieur)

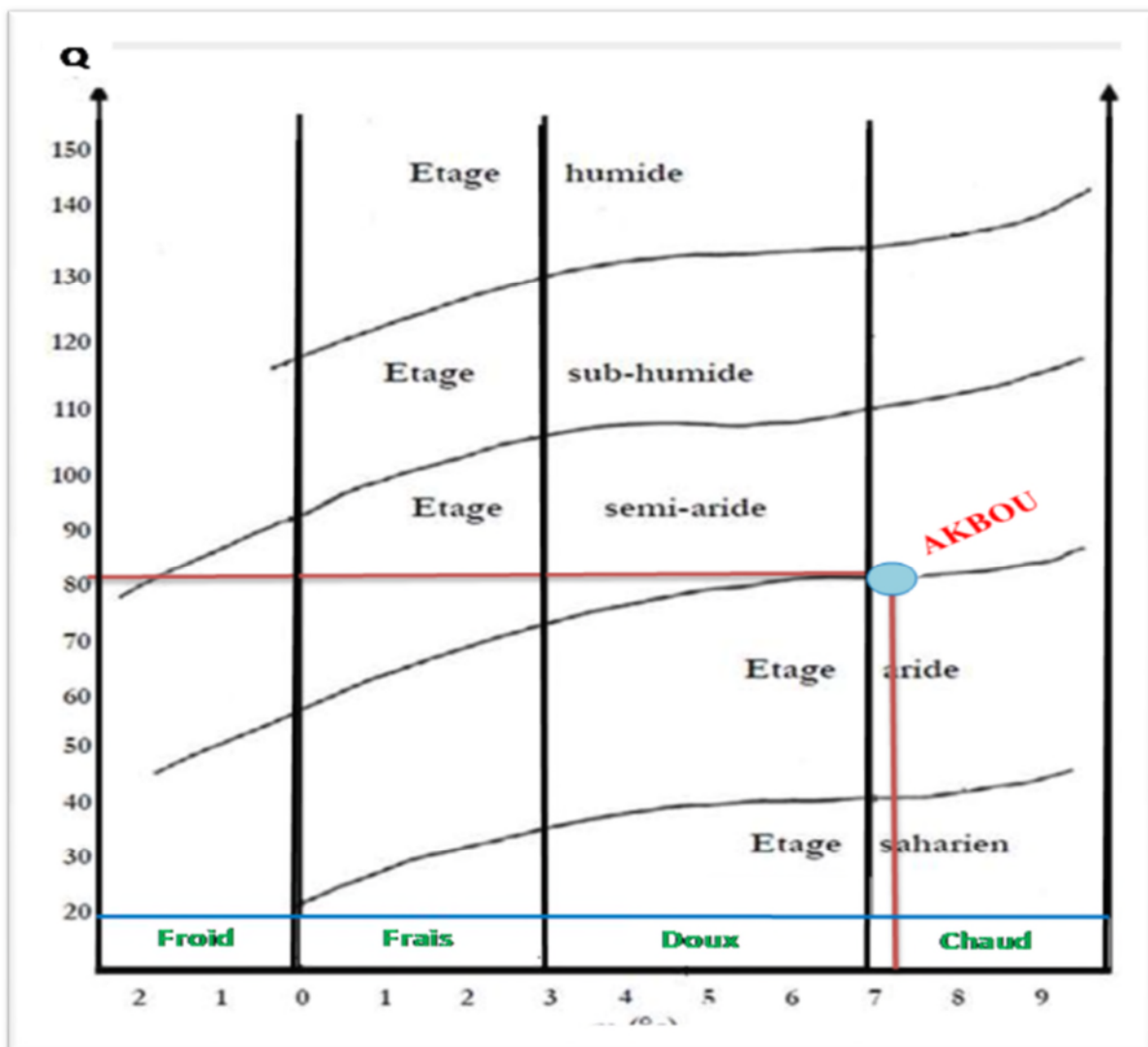


Figure I.2: Diagramme d'Emberger

Avec :

Q : quotient d'Emberger

m : moyenne des températures minimal du mois le plus froid (°C)

Après avoir calculé le quotient d'emberger qui est égale a 80, 2 (mm /°k), on positionne cette valeur sur l'axe des ordonnées du diagramme d'emberger, et suivant les données de notre projet dont la température moyenne minimale du mois le plus froid qui est égale a 7,2 °C, on positionne cette valeur sur l'axe des abscisses du diagramme d'emberger, l'intersection nous donne le positionnement de notre zone d'étude. On déduit que le type de climat de la zone d'Akbou est semi-aride d'après la figure I.2 qui représente nos résultats.

I.4.4. Détermination de la période sèche

I.4.4.1. Définition d'un mois sec

Un mois sec est un mois ou les précipitations sont inférieures à 2 fois la température moyenne mensuelle ($P < 2T$) (GAUSSEN & BAGNOULS, 1952) .

I.4.4.2. Diagramme Ombrothermique de Bagnouls & Gausсен

Le type de climagramme le plus répandu est sans doute celui conçu par Bagnouls et Gausсен (1953) .la représentation sur un même graphique des précipitations moyennes mensuelle, exprimé en mm, et des températures moyenne mensuelle, exprimée en (°C) avec en abscisse les mois, permet d'obtenir le diagramme Ombrothermique, amélioré et systématisé par Walter & Lieth.

Ce dernier permet une visualisation immédiate de la durée et l'intensité de la saison sèche. Ce diagramme qui montre la marche mensuelle des précipitations et de la température permet aussi d'évaluer la longueur de la saison pluvieuse, ce diagramme climatique montre ainsi la durée de la période défavorable a la croissance des végétaux et présente une signification écologique précise (MEDDOUR, 2010) .

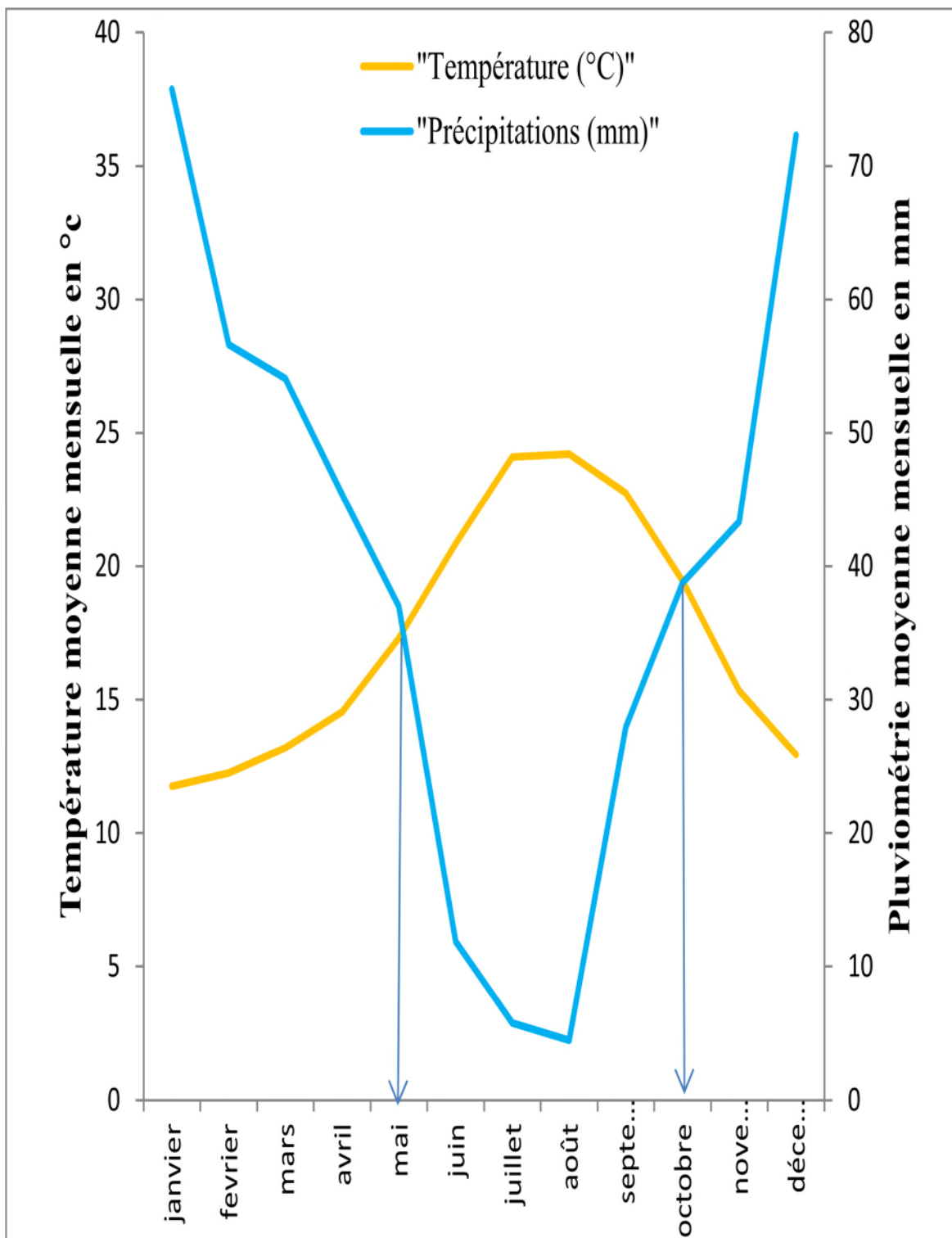


Figure I.3 : diagramme Ombrothermique

Suivant les données de notre étude, pluviométrique et température moyennes mensuelles, nous avons réalisé le diagramme Ombrothermique (figure I.2).

D'après le diagramme Ombrothermique nous faisons les analyses suivantes :

Durant la période de Janvier à Mai : les températures augmentent de 11,8°C jusqu'au 17°C, par contre les précipitations baisse de 72mm jusqu'au 49 mm.

Du mois de Mai au mois Juillet : les températures augmentent de 17°C jusqu'a atteindre une valeur maximale de 24°C correspondante au mois de juillet, puis elle chute vers 19,5°C, en parallèle les précipitations baissent de la valeur 49mm jusqu'a la valeur minimale 2,4 mm correspondante au mois de juillet, puis elle commence a augmenté jusqu'a 41,2 mm.

De la période Octobre – Décembre : les températures baissent de 19,5 °C jusqu'au 13°C en parallèle les précipitations augmente de 41,2 mm jusqu'au 91,2 mm.

On remarque deux points d'intersection entre la courbe des températures et la courbe des précipitations, le polygone formé représente la période sèche de notre zone d'étude.

Conclusion

D'après les données de notre projet et les résultats obtenus dans ce chapitre nous déduisons se qui suit :

Notre région d'étude Akbou se caractérise par un climat de type semi-aride, nous avons obtenue ce résultat a l'aide des indices climatique que nous avons calculé et le diagramme d'Emberger (figure I.2) qu'on a construit, les précipitations annuelles sont comprise entre 400-1200 mm (1913-1977), L'humidité de l'air est très importante durant tout l'année, elle peut dépasser légèrement les 70% (1981-1984) , Les températures varient entre 11°C et 30°C (1981-1984).

En analysant le diagramme Ombrothermique (figure I.3) qu'on a réalisé, nous avons conclu que la période sèche s'étale du mois de mai jusqu'au mois d'octobre, durant cette période sèche la quantité de pluie est insuffisante et l'irrigation est nécessaire pour couvrir les besoins en eau des cultures et notamment l'olivier qui est la principale culture de notre projet. Ainsi les besoins en eau des cultures seront étudiés dans le chapitre suivant.

CHAPITRE II: Les besoins en eau des cultures

II.1. Introduction

L'Algérie souffre du stress hydrique il est donc indispensable de connaître les quantités d'eau apportée aux cultures, afin d'optimiser chaque goutte d'eau. Tout calcul de réseau d'irrigation doit être basé sur une estimation de l'évapotranspiration qui est un phénomène extrêmement complexe, faisant intervenir des paramètres aérodynamique, énergétique et biologique, c'est se qu'on va étudier durant ce chapitre. Ainsi parmi les termes du cycle de l'eau, c'est sans doute le plus difficile à déterminer.

II.2. Estimation de l'évapotranspiration

Les plantes ont besoin d'eau pour la transpiration et pour l'évaporation, Les racines des plantes absorbent ou extraient l'eau du sol pour vivre et se développer, La plus grande partie de cette eau (95%) ne reste pas dans les plantes, mais se dissipe en vapeur d'eau dans l'atmosphère par les tiges et les feuilles. Ce processus s'appelle transpiration ; il a lieu essentiellement au cours de la journée.

L'eau dans le sol a entre autres la fonction de transport des nutriments et le maintien de la température. L'eau d'un plan d'eau à ciel ouvert s'évapore en vapeur dans l'atmosphère durant la journée. Le même processus s'applique à l'eau se trouvant à la surface du sol et sur les tiges et feuilles de la plante, ce processus s'appelle évaporation.

La combinaison de deux processus distincts par le quel l'eau est perdue, est appelé l'évapotranspiration (ET).

Les besoins en eau des cultures dépendent essentiellement :

- du climat (facteurs climatiques) ;
- du type de la culture ;
- de la phase de croissance de la culture.

II.2.1. Evaporation

L'évaporation est le processus par lequel un élément passe de l'état liquide à l'état gazeux (Sublimation).

Pour les hydrologues c'est l'ensemble des phénomènes qui transforme l'eau liquide en vapeur d'eau par un processus physique (OSTE, 1999) .

Aristote (384-332.av J.-C) liait l'évaporation au réchauffement de l'atmosphère par les rayons du soleil et la condensation au réchauffement de la vapeur atmosphérique. Alor qu'Aristote n'admettait pas le vent comme facteur de l'évaporation, Théophraste, un de ses contemporains (372-387.av J.-C) pensait que le vent permettait à la vapeur émise par le

réchauffement de l'atmosphère de s'évacuer. La controverse entre Aristote et Théophrastos peut être considéré comme l'origine du conflit opposant les disciples de l'approche aérodynamique et ceux de l'approche énergétique, évoqué par Panam (1956).

C'est Dalton (1802) qui a posé les premiers principes de la théorie actuelle de l'évaporation. il affirme notamment que le taux d'évaporation est directement lié a la température, aux mouvement de masse d'aire , a l'humidité de l'atmosphère et a la nature chimique du volume évaporant . Dalton propose aussi la première formule permettant d'estimer l'évaporation, à partir du vent et de la différence de pression de vapeur. Cette formule est la base du développement des formules dites aérodynamiques. Les premières théories sur le bilan énergétique ont été développées un peut plus tard à partir des travaux de Maury (1861) (LUDOVIC, 2004) .

Dans le contexte du cycle de l'eau se processus suppose le processus complémentaire de condensation (gaz-liquide) de la vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère et de son retour sur terre sous forme de précipitation. A l'échelle du globe, évaporation et précipitation se composent annuellement, sauf lors des phases de changement climatique qui entraînent des modifications des stocks de glaces polaires, encore que ces quantités soient infimes (minimes) au regard de celles concernées par le bilan global annuel. L'évaporation est l'une des phases essentielles du cycle de l'eau à plusieurs titres.

L'eau s'évapore ainsi d'une variété de surfaces, tel que les lacs, les rivières, les chaussées, les sols nus et la végétation mouillée. C'est par le mouvement des molécules d'eau que débute l'évaporation.

Suite a des travaux sur le sujet, Dalton (1802)a établi une loi qui exprime le taux d'évaporation d'un plan d'eau en fonction du déficit de saturation de l'aire et de la vitesse du vent u (approches aérodynamiques) d'après Penman 1948 cette loi est formulée selon la relation suivante :

$$E = F(u)(e_s - e_a)$$
$$F(u) = 0,33 \times u^{0,76}$$

Avec :

E : Taux d'évaporation

e_s : Pression de vapeur d'eau à saturation à température de la surface évaporant,

e_a : Pression effective ou actuelle de vapeur d'eau dans l'air,

$F(u)$: constante de proportionnalité, elle dépend de l'altitude des observations, de la vitesse du vent, des mesures de pressions de vapeur et de la température,

u : vitesse du vent pour $z= 2m$.

Cette relation exprime qu'en théorie et dans des conditions de pression et de température données, le processus d'évaporation est possible jusqu'à ce que la pression de vapeur effective atteigne la pression de vapeur saturante. En conséquence pour qu'il y ait évaporation, il faut que le gradient de pression du a la vapeur d'eau soit positif.

II.2.2. Transpiration

La transpiration se compose de la vaporisation de l'eau liquide contenue dans les tissus végétaux et l'élimination de la vapeur dans l'atmosphère. Les cultures perdent leurs eaux par les stomates. Ce sont de petit ouvertures sur la feuille de la plante par lesquels les gaz et la vapeur d'eau passe. L'eau ainsi que certain éléments nutritifs, sont repris par les racines et transporté dans la plante. la vaporisation se produit au sein de la feuille, à savoir dans les espaces intercellulaires, et l'échange avec l'atmosphère de vapeur est contrôlé par l'ouverture des stomates. Presque toute eau absorbée est perdu par la transpiration et seulement une infime partie est utilisée dans l'usine.

Transpiration comme l'évaporation directe, dépend de l'approvisionnement énergétique, de la vapeur a gradient de pression et du vent. Par conséquence, les conditions de rayonnement, température de l'aire, l'humidité de l'air, et le vent devrait être considéré lord de l'évaluation de la transpiration (Pereia & Martin, 1998).

II.2.3. l'évapotranspiration

II.2.3.1. Définition

L'évaporation et la transpiration constituent deux processus qui se déroulent simultanément. Ces deux termes sont regroupés sous l'appellation d'évapotranspiration. Le processus connu sous le nom évapotranspiration (ET) est de grande importance dans plusieurs disciplines, y compris la conception de système d'irrigation, des calendriers d'irrigation, et hydrologique et des études de drainage. Dans une définition large l'évapotranspiration est un processus combiné de l'évaporation à la surface du sol et des plantes, et la transpiration par les couverts végétaux (Pereia & Martin, 1998) .

Aujourd'hui, les connaissances théorique sur le processus d'évaporation sont relativement avancées et le perfectionnement des instruments de mesure permet d'estimer de façon fiable l'évapotranspiration à l'échelle ponctuelle, voir a l'échelle de la parcelle. Cependant, des lors que l'on s'intéresse à un bassin versant hétérogène, aucune technique ne permet d'estimer directement l'évapotranspiration et on a généralement des recours à des approches simplifiées.

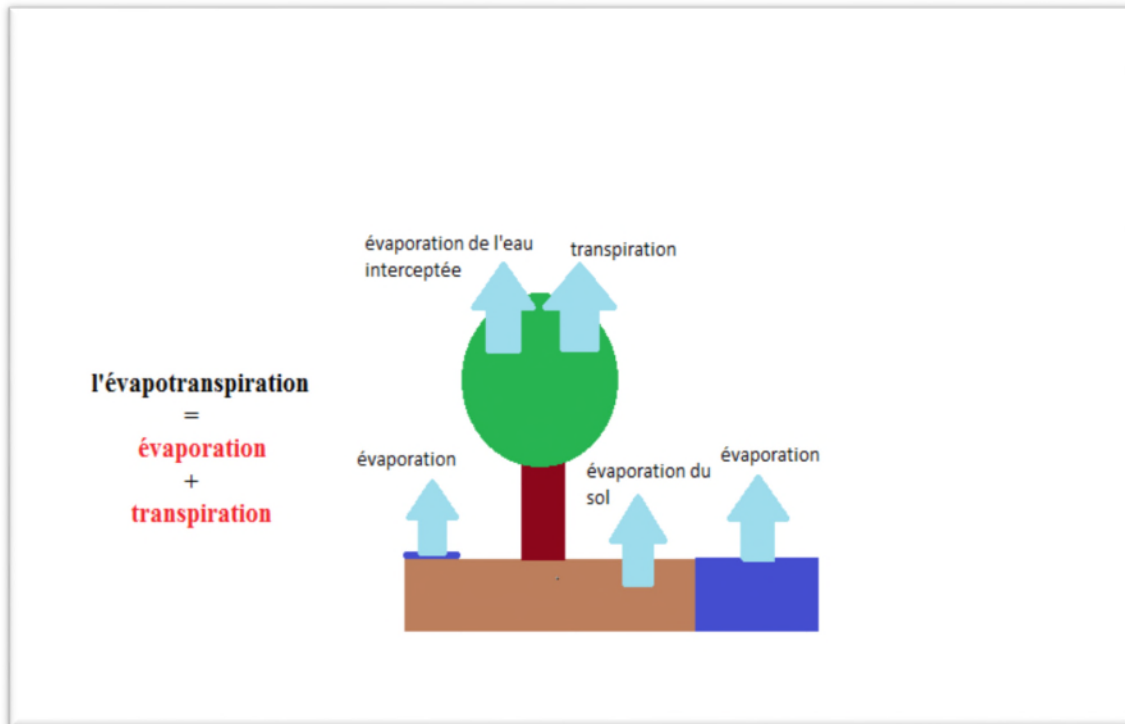


Figure II.1: Schéma explicatif de l'évapotranspiration

II.2.3.2. Les facteurs de l'évapotranspiration

L'évapotranspiration est naturellement conditionnée par les phénomènes physiques (soleil, vent, etc. ...) et les phénomènes biologiques,

En effet en premier lieu l'évapotranspiration dépend des échanges d'énergie radiante (énergie solaire et de la turbulence de l'atmosphère qui sont deux phénomènes lié directement aux conditions climatique (température, humidité de l'air, vent, durée d'exposition du soleil).

C'est, en fait, essentiellement l'énergie reçue du soleil qui limite l'évapotranspiration réelle. Le rayonnement net peut varier -100 W (c'est le sol qui rayonne et qui perd de l'énergie) a $+600 \text{ W par m}^2$.

En réalité la moyenne journalière estivale ne dépasse guère $100 \text{ à } 200 \text{ W par m}^2$, ce qui correspond a la variation de $3,5 \text{ à } 7 \text{ mm d'eau}$.

En effet pour évaporer 1 mm (soit 1 litre par m^2) il faut $2,5 \cdot 10^6 \text{ J}$ (chaleur latente de vaporisation), soit 600 kcal , soit $0,7 \text{ kWh}$.

En second lieu l'évapotranspiration varie en fonction des conditions biologiques. Les chercheurs Italiens en particulier ont remis en évidence des « périodes critique » pendant lesquelles les plantes sont plus exigeantes en eau et des périodes ou les plantes se trouve dans un repos relatif et sont très peu sensible vis- a vis de l'eau.

Pendant les périodes intermédiaires l'eau est utile mais son importance n'est plus absolument fondamentale.

Ainsi l'évapotranspiration journalière, pour une même culture sous un climat constant, varie selon le stade de développement de la plante (OLLIER & POIREE, 1981).

II.2.4. Différents types de l'évapotranspiration

II.2.4.1. Evapotranspiration potentielle 'ETP'

La définition de L'évapotranspiration potentielle est l'évapotranspiration maximale d'un gazon ras couvrant complètement le sol, bien alimenté en eau, en phase active de croissance et situé au sein d'une parcelle suffisamment étendu.

Cette définition, qui implique une culture de référence, et un stade au cours duquel les régulations physiologique ne subissent pas de changement important (se qui serai en revanche, la cas si la culture était à un stade de maturation ou un stade de sénescence), et une bonne alimentation en eau, a été conçu de manière a se que l'évapotranspiration potentielle (ETP) puissent être calculé uniquement à l'aide de donnée métrologique, c'est a dire de mesure physiques.

La formule utilisée pour calculer cette ETP au pas de temps décadaire est la formule de Penman (Penman 1948). Une étude, réaliser pour la communié européenne, a montré que cette formule de Penman était celle qui été le mieux adaptée pour simuler, à ce pas de temps, l'évapotranspiration d'un gazon irrigué. Pour calculer l'ETP au pas de temps journalier , il est préférable d'utiliser la formule de Penman-Monteith, cette formule a pour avantage , au pas de temps journalier, de mieux prendre au compte que celle de Penman, l'effet de la turbulence due au vent , et elle suit donc mieux que l'autre les fluctuations de l'ETP au jour le jour dans les régions soumise a des vents régionaux marquée (TIERCELIN & VIDAL, 2006).

II.2.4.2. Evapotranspiration réelle 'ETR'

On appelle évapotranspiration réelle (notée par la suite ETR), la quantité d'eau, généralement exprimée en millimètres, évaporée ou transpirée par le sol, les végétaux et les surfaces libres d'un bassin versant.

II.2.4.3. Evapotranspiration maximal 'ETM'

C'est la valeur maximal de l'évapotranspiration d'une culture donnée, à un stade végétatif donné et dans des conditions climatiques données, c'est-a-dire la couverture végétale n'est pas nécessairement totale.

II.2.5. Evapotranspiration et coefficient culturale

Pour déterminer les besoins en eau maximum des plantes on procède de la façon suivante :

- On calcule par l'une des méthodes exposé l'ETP période par période

- On obtient ensuite les besoins des plantes pour chacune de ces périodes par application d'un coefficient cultural K_c multiplicatif, lequel est fonction de la nature de la culture, de la phase de vie de végétale et des conditions climatiques (OLLIER & POIREE, 1981) :

$$\text{Besoins} = K_c \cdot (\text{ETP}) = (\text{ETM})$$

A titre indicatif nous donnons, d'après J.Doorenbos et W.O.Pruitt, quelque valeur numérique de K_c dans le tableau II.1, nous portons notre intention sur la valeur de variation du K_c qui caractérise les arbres fruitiers :

Tableau II.1: Valeur du coefficient cultural K_c de quelque culture

Culture	Valeur K_c extrême	Valeur K_c pendant la période de pointe
Cultures maraichères	0,2 – 1,25	0,95 à 1,25
Fourrages, luzerne, trèfle	0 ,1 – 1,25	1,05 à 1,25
Arbres fruitiers	0,4 -1,05	0,75 à 1,05

II.2.6. Technique et méthodes d'estimation de l'évapotranspiration

II.2.6.1. Mesure directe

Les mesures directes sont effectuées par des appareils, plus au moins normalisées, soumis aux phénomènes évaporatoires, qui mesurent une variation de quantité d'eau. On cite trois types d'appareils, les bacs évaporatoires, les évaporimètre et les lysimètres.

A. Les bacs évaporatoires

Ils sont conçus pour prendre en compte tous les phénomènes atmosphériques influençant l'évapotranspiration, ainsi que l'inertie thermique de la masse d'eau. Les bacs peuvent être de différentes tailles, formes, matériaux, et positionnements (enterrée ou flottant a la surface du plan d'eau). On mesure une quantité d'eau perdue par évaporation. Tous les paramètres cités précédemment vont influencer la mesure et il sera nécessaire de les corriger à l'aide de coefficients. Plus les bacs vont être imposants, plus il se rapproche de la réalité (BENAHMED, 2012) .

A.1.Le bac de classe A (bacs placés au dessus du niveau du sol)

Développé par le Werther Bureau, USA. Bac rond de 120.7 cm de diamètre, 25cm de profondeur. Il est posé à 15cm au dessus du sol et l'eau a l'intérieur du bac doit affleurer à 5-8cm du bord (figure II.2), étant petit, il est soumis a un problème d'inertie thermique trop faible. Ce type de bac est mis en service récemment par l'ANRH (BENAHMED, 2012) .



Figure II.2 : Bac d'évaporation classe A

A.2.Le bac enterré « Colorado »

Bac de section carrée de 100cm de côté, et de 60 cm de profondeur il est enterré de manière à ce que son rebord soit à 10cm au dessus de la surface du sol (figure II.3). De ce fait il représente mieux l'inertie thermique et se rapproche plus des conditions naturelles (BENAHMED, 2012) .

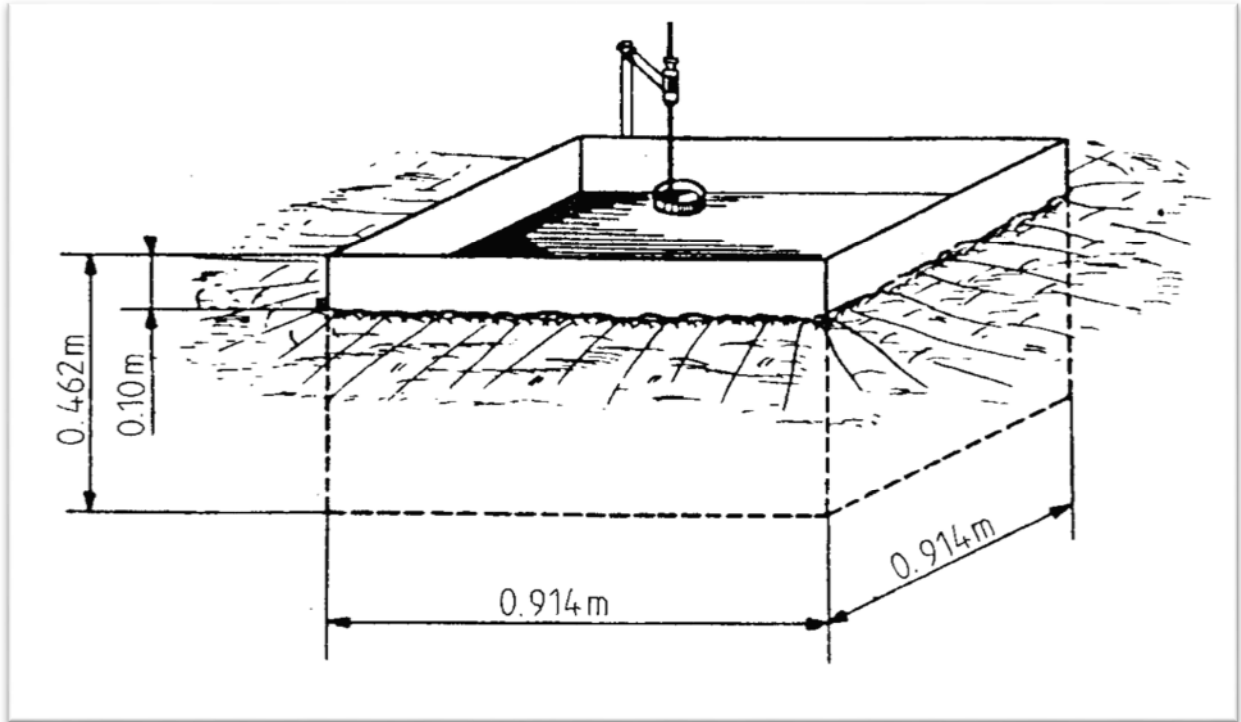


Figure II.3 : Bac d'évaporation du Colorado

A.3. Les bacs flottants

Ces bacs sont particulièrement utilisés quand on veut étudier l'évaporation de grandes surfaces d'eau (lacs ou rivières). Leur installation peut être difficile. Les mesures sont évidemment moins aisées qu'à terre et sont trop souvent faussées les jours où il y a de grand vent par l'eau introduite dans le bac par les vagues ou déversé sous l'action des mouvements de roulis (BENAHMED, 2012).



Figure II.4 : Bac flottant

B. Les évaporimètres

Ces appareils sont destinés à mesurer une grande caractéristique du pouvoir évaporant de l'air ambiant. Les plus utilisés sont l'évaporimètre « Piche » et « Wild »

B.1. L'évaporimètres « Piche »

Il est utilisé très fréquemment par les agronomes. Son emploi est justifié par sa simplicité et son faible coût. La surface évaporante est constituée par un film de papier buvard blanc, fixé à l'extrémité du tube en verre en forme de U, ce tube sert à la fois à l'alimentation et à la mesure de l'évaporation (figure II.5), la feuille de buvard est changée chaque jour après lecture de l'appareil.

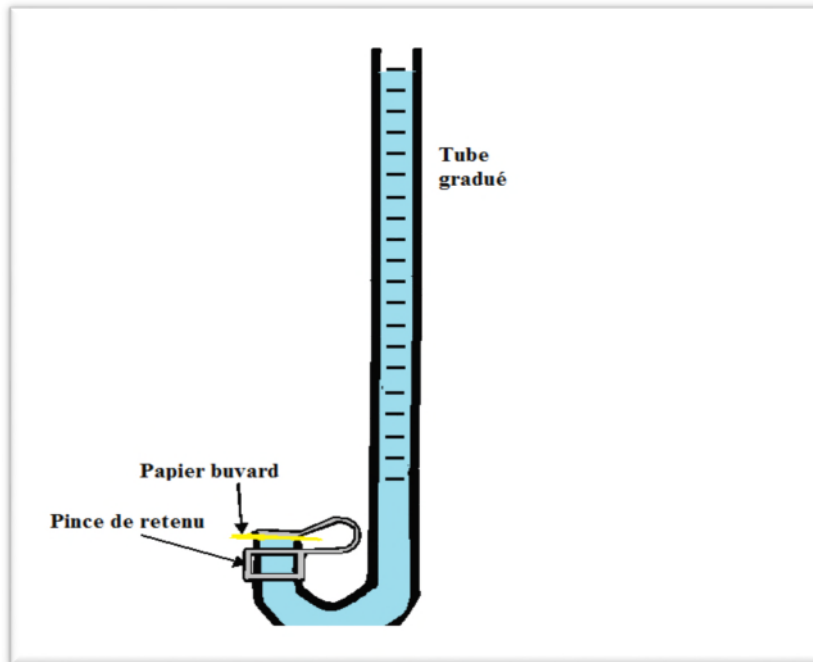


Figure II.5: Evaporimètre « Piche »

B.2. Evaporimètre « Wild »

Il est constitué par une balance du type 'pèse-lettres' dont le plateau supporte un petit bassin contenant de l'eau (surface : 250cm^2 , profondeur : 35 mm) on note ou on enregistre les variations de poids du bassin (figure II.6)

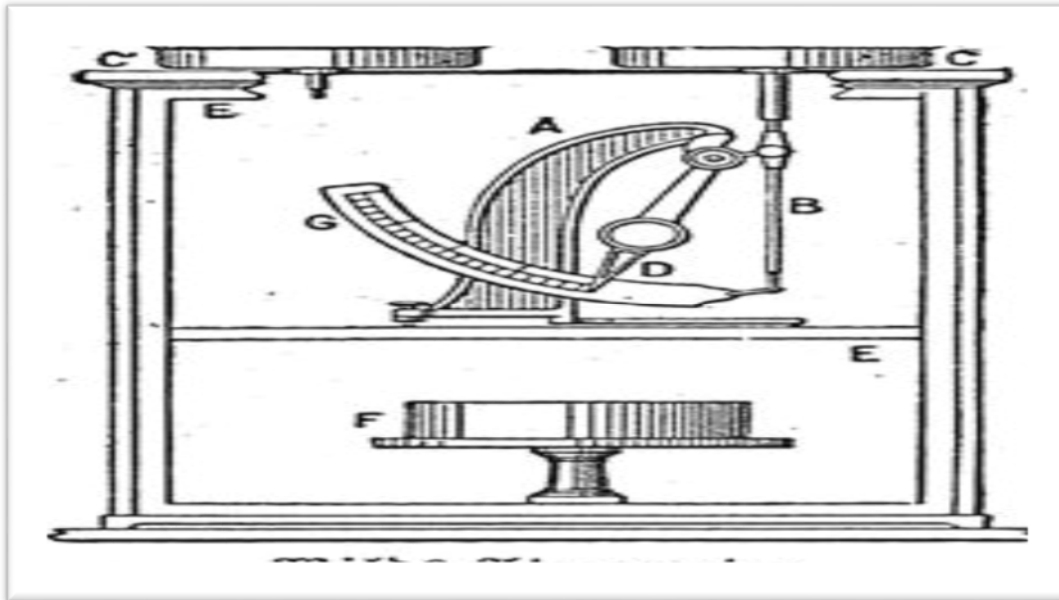


Figure II.6 : Evaporimètre Wild

C. Evapotranspiromètre ou case lysimétrique

Le lysimètre (figure II.7) est une cuve étanche enterrée, à parois verticales, ouverte en surface et remplie par une portion de terrain d'une épaisseur de 0,5 à 2 mètre. La végétation et les conditions à chaque niveau, surtout la teneur en eau, sont maintenues sensiblement identiques à celle du terrain en place. Les variations de stock d'eau peuvent alors être mesurées avec précision (Samuel, 2006).

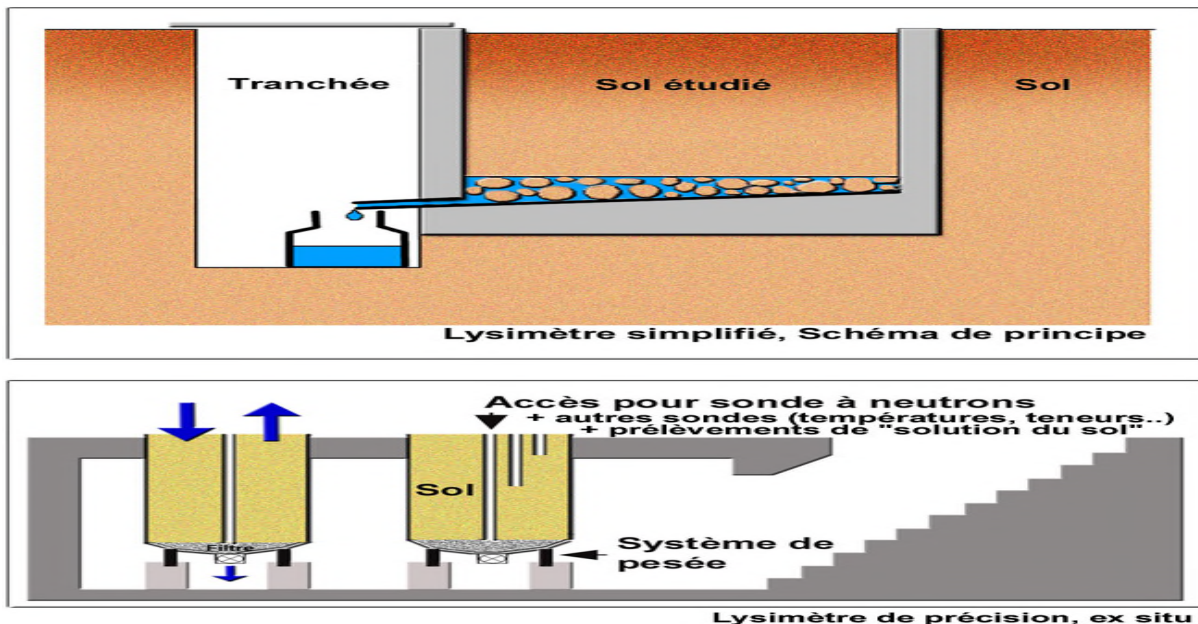


Figure II.7 : Schéma d'une cuve lysimétriques

II.2.6.2. Mesure indirecte

Pour la mesure indirecte de l'évapotranspiration, on utilise des formules empiriques. Ces

dernières prennent en considération les différents paramètres qui influent sur l'évapotranspiration, parmi ces formules on retrouve : Thornthwaite (1944), Turc (1962), Blanney-Criddle (1950) et Penman

A. Méthode de Thornthwaite (1944)

La formule de Thornthwaite est utilisée lorsqu'on ne dispose que de la température comme seule donnée climatique. Elle exprime l'évapotranspiration potentielle (ETP) par la formule suivante (BOUTELDJAOUI, BESSENASSE, & GUENDOUIZ, 2011) :

$$ETP = 16 \left[\frac{10T}{I} \right]^a f(\varphi)$$

Avec :

T: Température moyenne de l'air sous abri pour la période considérée

I : indice thermique annuel, est la somme de douze indices mensuels

f(φ) : Terme correctif fonction de la durée théorique de l'insolation

a : Fonction complexe de l'indice I.

B. Formule de Turc (1962)

Cette méthode fait intervenir la température moyenne mensuelle, la radiation globale du mois considéré et l'insolation relative. Dans ce cas, l'ETP est exprimée en (mm/mois) selon les formules suivantes (BOUTELDJAOUI, BESSENASSE, & GUENDOUIZ, 2011) :

$$ETP = 0,4 \times \frac{T}{T + 15} (I_g + 50)$$

Avec :

ETP : l'évapotranspiration potentielle (mm/mois) ;

I_g : la radiation globale du mois considérée (cm²/jour) ;

T : température moyenne mensuelle (°C).

Le calcul se fait mois par mois, il y a lieu de tenir compte de la durée variable des mois, pour le mois de février il est important de remplacer 0,4 par 0,37.

I_g est, en effet donnée par la relation suivante (OLLIER & POIREE, 1981) :

$$I_g = I_{gA} \left(0,18 + 0,62 \frac{h}{H} \right) \text{ (cal/cm}^2\text{/jour)}$$

Avec :

I_{gA} = La radiation maximale donnée par les tables d'ANGOT avec une transparence de l'atmosphère égale à 1

h/H = insolation relative, en heure ;

H = la durée du jour, du lever au coucher du soleil ;

h = durée de l'insolation effective du mois ;

si on considère des période décadaires, remplacer 0,4 par 0,1

Notons que la formule de Turc elle a été établie pour une humidité relative pour le mois considéré supérieur a 50%, lorsque Hr n'atteint pas 50%, la valeur trouver pour l'ETP doit être multiplié par le facteur correctif suivant (OLLIER & POIREE, 1981) :

$$1 + \frac{50 - Hr}{70}$$

C. La formule de Penman

Cette formule tient compte des différents facteurs de l'ETP : Rayonnement, vent, déficit de l'humidité et de la température de l'air. C'est néanmoins la formule qui donne la variation de l'ETP, mois par mois.

Penman a proposé d'évaluer L'ETP à partir d'un bilan énergétique simple :

$$R_n = A + S + E \times L$$

Avec :

R_n : la radiation nette reçus au sol.

A : le flux de chaleur au bénéfice de l'atmosphère.

S : le flux de chaleur résultant des échanges thermiques avec le sol.

E : le flux évaporé.

L : la chaleur latente.

La formule développée prend la forme suivante :

$$ETP = \left\{ \frac{Iga}{59} \times (1 - a) \left(0,18 + 0,62 \times \frac{h}{H} \right) - \frac{\sigma}{59} \times T^4 \times (0,56 - 0,08\sqrt{e}) \right. \\ \left. \times \left(0,10 + 0,9 \times \frac{h}{H} \right) \right\} \times \frac{\frac{F't}{\gamma}}{1 + \frac{F't}{\gamma}} + \frac{0,26}{1 + \frac{F't}{\gamma}} \times (ew - e) \times (1 + 0,54V)$$

Avec :

ETP_j : Évapotranspiration potentielle journalière en mm ;

Iga : Radiation solaire directe journalière en l'absence d'atmosphère exprimée en cal/cm²/j ;

α : La quantité de l'énergie du rayonnement incidente diffusée par la surface évaporant (Prise ici pour de la végétation à 0,2) ;

h : durée réelle d'insolation en heures et dixièmes du jour considéré ;

H : durée maximale possible d'insolation en heures et dixièmes pour ce jour ;

σ : Constante de STEFAN-BOLTZMAN soit $1,18 \times 10^{-7}$ en (cal/cm²/jour/°K) ;

T : température moyenne journalière de l'air sous abri exprimée en degrés Kelvin ($T = t + 273$) si l'on mesure la température (T) en ° Celsius;

e : Tension moyenne journalière de la vapeur d'eau mesurée sous abri et exprimée en millibars ;

F_t : pente de la courbe de tension de vapeur saturante pour la température de l'air T ;

γ : Constante psychrométrique ;

e_w : tension maximale possible de la vapeur d'eau, exprimée en millibars

V : Vitesse moyenne journalière du vent mesuré à 2 mètres au dessus de la surface d'évaporation est exprimée m/s. » (LONGLOIS, 2006) .

D. Formules de Blaney-Criddle (1950)

Cette formule est très utilisée car elle exploite des données climatiques facilement accessibles dans les périmètres étudiés.

Utilisée dans des zones arides et semi-arides, n'est pas précise, elle apporte une estimation grossière, l'imprécision est particulièrement importante dans les conditions climatiques extrêmes l'évapotranspiration du gazon est sous estimée dans les régions venteuses, sèches et ensoleillés, elle est surestimée dans les régions calmes, humides et nuageuses.

En 1950, Blaney et Criddle adoptent la formule originale appelée « Blaney-Criddle » qui s'écrit comme suit (LONGLOIS, 2006) :

$$ETP = P \times K \times (0.457 \times T + 8.13)$$

Avec

ETP : Evapotranspiration potentielle en mm / jour

p : Pourcentage de la durée mensuelle de l'éclairement rapporté à la durée annuelle et ne dépend que de latitude

K : Coefficient qui est fonction de la culture et de la zone climatique.

T : Température moyenne mensuelle en (°C) »

II.3. Détermination de l'évapotranspiration potentielle par la formule de TURC :

On a latitude de notre région 36,72°N, on retire du tableau II.8 les valeurs d'Ig_A qui correspond à notre latitude :

Tableau II.2 : Valeur d'Ig_A correspondante a la région d'étude

MOIS	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
36°	422	547	710	853	947	981	957	872	742	586	446	381

On retire du tableau II.9 les valeurs de H qui correspond à notre latitude :

Tableau II. 3: Valeur de H correspondante à la région d'étude

MOIS	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
36°	311	307	371	395	441	443	449	422	373	348	304	297

On calcule Ig puis l'ETP avec la formule de Turc qui sont représenté dans le tableau II.4 et illustré dans le graphe figure II.10 :

$$ETP = 0,4 \times \frac{T}{T + 15} (Ig + 50)$$

$$Ig = Ig_A (0,18 + 0,62 \frac{h}{H}) \text{ (cal/cm}^2 \text{/jour)}$$

Tableau II.4 : Valeur d'ETP calculé par la formule de turc

mois	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUILL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
t (C°)	11,8	12,3	13	14,6	17	20,9	24	24	22,8	19,5	15,4	13
Hr (%)	74,9	77	76,8	78,2	78,5	77	72,7	75,5	75,4	74,2	76,3	75,5
Ig (cal/cm ² /jour)	80,3	104	135	162	181	190	186	169	143	112	85,3	72,2
ETP (mm)	22,9	25,7	34,4	41,9	49,1	55,9	58,1	53,9	46,7	36,5	27,4	22,7

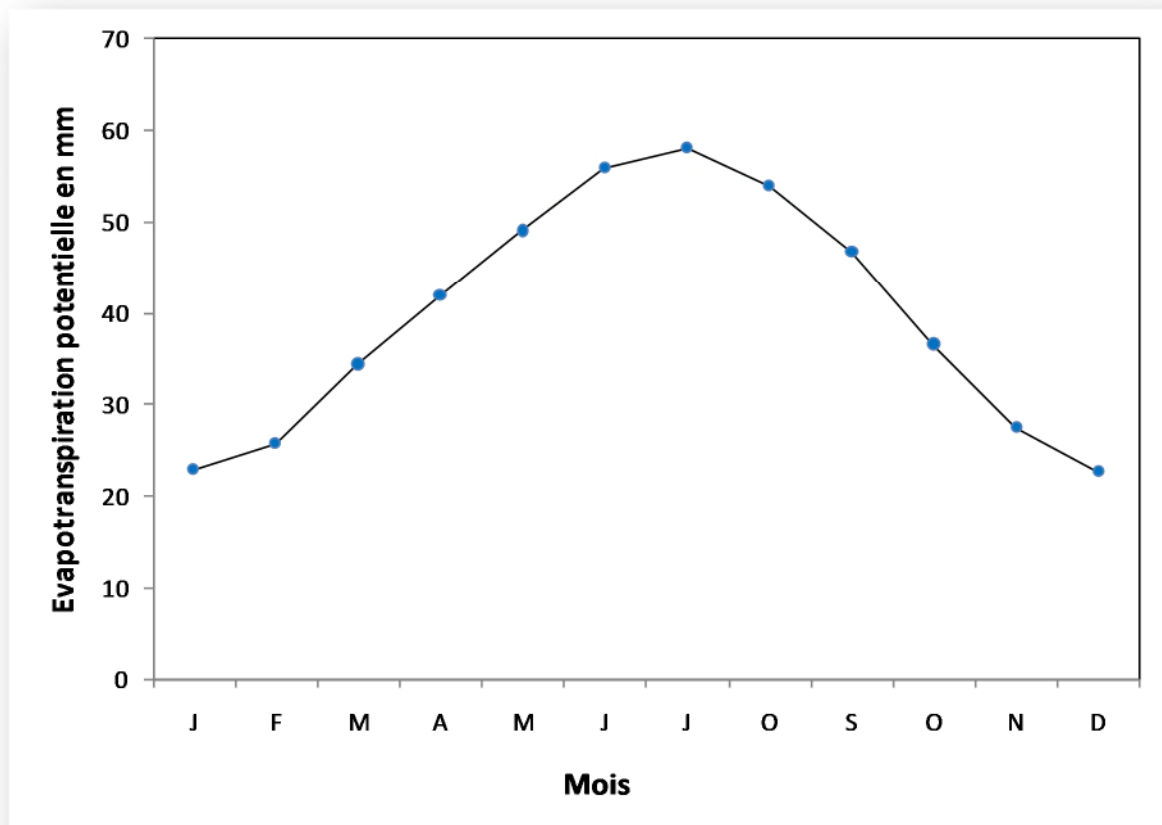


Figure II.8 : Evapotranspiration potentielle (mm) mensuelle par la méthode de Turc

II.4. Détermination de l'évapotranspiration réel

En utilisant les résultats de calcul de l'évapotranspiration, on calcule l'évapotranspiration réelle de l'olivier. L'évapotranspiration réelle ETR est donnée par la formule suivante :

$$ETR = Kc \times ETP$$

Tableau II.5 : Résultat de calcul de l'ETR

Mois	M	A	M	J	J	O	S	O	N
ETP (mm)	34,4	41,9	49,1	55,9	58,1	53,9	46,7	36,5	27,4
Coefficient cultural Kc	0,9	0,9	1	1	1	1	1	0,9	0,9
ETR en mm	30,9	37,7	49,1	55,9	58,1	53,9	46,7	32,9	24,7

II.5. Calcul des pluies efficaces

C'est la partie résiduelle de l'eau de pluie stockée dans la zone racinaire et qui peuvent être utilisée par la plante.

Elles sont égales à la différence entre les précipitations totales et l'évapotranspiration. Les précipitations efficaces peuvent être calculées directement à partir des paramètres climatiques et de la réserve utile du sol. L'eau des précipitations efficaces est répartie, au niveau du sol, en deux fractions : l'écoulement superficiel et l'infiltration. Elles sont exprimées par la formule suivante :

$$P_{eff} = \frac{P_{tot} \times (125 - 0.2 \times P_{tot})}{125}$$

Avec :

P_{eff} : la pluie efficace en mm.

P : précipitations totale en mm.

Tableau II.6: Résultats de calcul de la précipitation efficace

mois	M	A	M	J	J	O	S	O	N
ETR(mm)	30,9	37,7	49,1	55,9	58,1	53,9	46,7	32,9	24,7
Pluie brute (mm)	49,8	47,1	49,5	11,8	2,4	7,3	24,7	41,2	46,6
Pluie efficace (mm)	45,9	43,6	45,6	11,6	2,4	7,2	23,7	38,5	43,2

II.6. Calcul de la réserve utile (RU)

La quantité d'eau du sol retenue entre la capacité de rétention et le point de flétrissement permanent constitue la quantité d'eau disponible pour la plante, on l'appelle la réserve utile en eau, notée RU.

La teneur en eau à la capacité de rétention et au point de flétrissement permanent sont généralement déterminées en laboratoire et exprimées d'une manière pondérale.

L'équation de calcul de la réserve facilement utilisable est donnée par la formule suivante :

$$RU = p.ds(H_{cr} - H_{pF})$$

Avec :

RU : réserve utile (mm)

H_{cr} : eau contenu au maximum dans le champ (%)

H_{pF} : eau contenu au point de flétrissement (%)

P : profondeur des racines (cm)

Application numérique

$$RU = 1,2 * 1,98 (30 - 2,85) = 61,25 \text{ mm}$$

II.7. Calcul de la réserve facilement utilisable (RFU)

Elle correspond à la quantité d'eau du sol en dessous de laquelle une plante flétrit ce qui permet de déterminer les doses d'irrigation .elle sont s'exprimées par la formule suivante :

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

Avec :

RFU : réserve utile facilement utilisable (mm)

RU : réserve totale disponible (mm)

La réserve facilement disponible de l'olivier est :

$$RFU = \frac{2}{3} * 61,25 = 40,8 \text{ mm}$$

II.8. Calcul de l'irrigation requise

L'irrigation requise correspond à la différence entre l'évapotranspiration réelle et les précipitations efficaces et l'apport d'eau souterrain.

$$Irr_{req} = ETm - P_{eff} - K.RFU$$

Avec :

Irr_{req} : irrigation requise en mm ;

ETM : l'évapotranspiration maximale en mm ;

RFU : réserve facilement utilisable ;

K : coefficient d'utilisation de la réserve facilement utilisable

L'irrigation requise est présenté dans le tableau II.7 et la figure II.9

Tableau II.7 : Irrigation requise de l'olivier

mois	M	A	M	J	J	O	S	O	N
K	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77
irrig requise	8,4	-35,9	-26,5	14,3	46,3	46,7	23,0	-5,6	-22,7

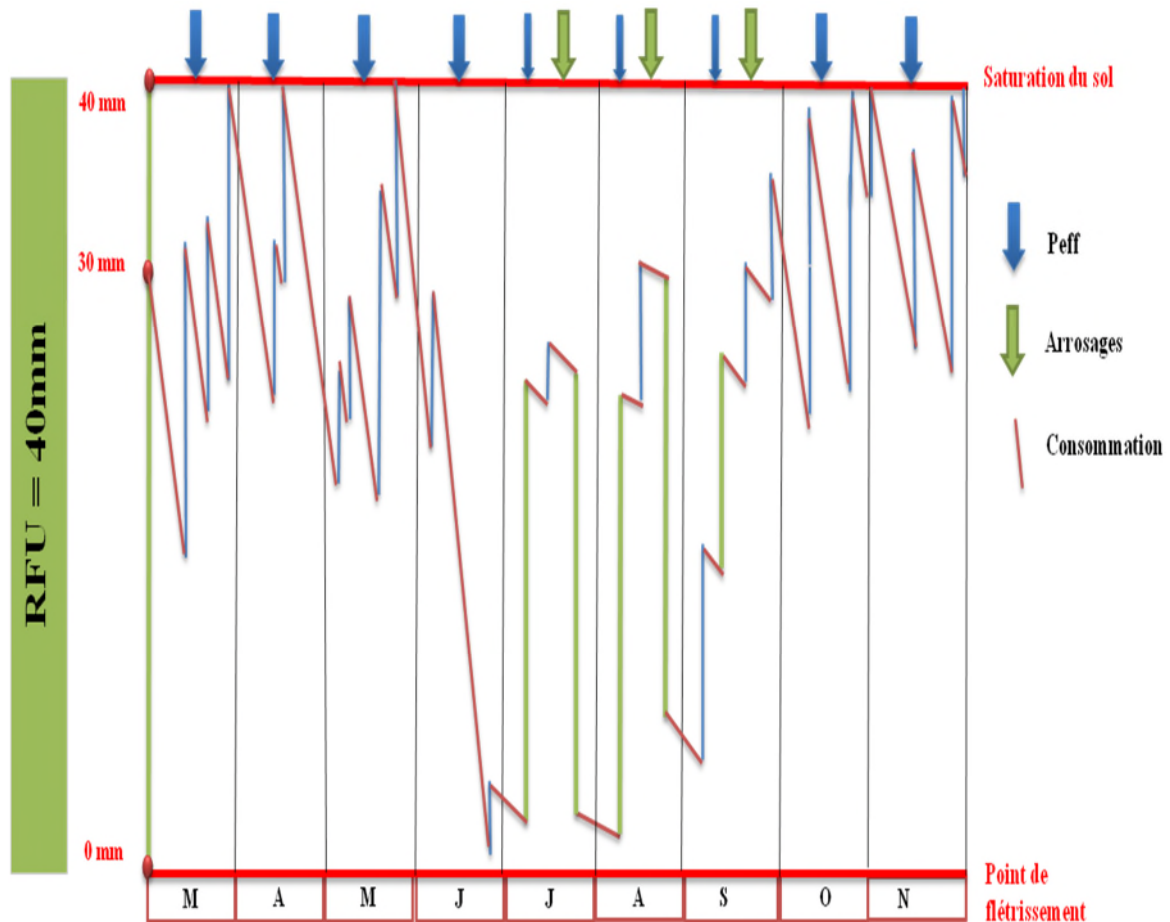


Figure II.9 : Graphe explicatif de l'irrigation requise.

II.9. Calcul du nombre d'arrosage

Nombre d'arrosage est calculée par la formule suivante :

$$N = \frac{ETM}{RFU}$$

Avec :

ETM : besoins en eau de la culture considérée en (mm/mois)

RFU: Réserve facilement utilisable en (mm/mois)

II.10. Détermination de la période d'arrosage de l'olivier

La connaissance de l'évapotranspiration potentielle, des pluies efficaces, réserve utile et réserve facilement utilisable nous permettra de déterminer la période d'arrosage de l'olivier qui est déterminé dans le tableau II.8

Tableau II.8 : Nombre et dose d'arrosage de l'olivier

MOIS	Juillet	Aout	Septembre
Bilan hydrique (mm)	43,1	46,7	23,0
Apport d'eau par irrigation (mm)	43,1	46,7	23
Nombre des arrosages	2	2	1
Dose réel (mm)	21,6	23,4	11,5

A partir du tableau II.8 nous pouvons retirer que la période d'irrigation est comprise entre juillet et septembre, le mois de pointe est le mois d'aout et le débit max qu'il faut apporter a l'olivier est égale a 23,4 mm, durant le mois de juillet nous allons irriguer en deux fois une dose de 21,6m et durant le mois de septembre on irrigue une seule fois avec une dose de 11,5mm.

Conclusion

A travers ce chapitre nous avons pu déterminer l'étape la plus importante de notre projet qui est l'estimation des besoins en eau de la culture d'olivier.

Pour arriver a ses résultats nous avons calculé l'évapotranspiration potentielle et réel avec la méthode de TURC et représenté graphiquement l'ETP, grâce au coefficient culturale de l'olivier K_c on a calculé l'ETR, sa valeur maximal est de 58,1 mm durant le mois de juillet.

Nous avons aussi déterminer la pluie efficace utilisable par la plante, sa valeur minimale est égale a 2,4 mm durant le mois de juillet, la réserve utile qui est égale a 61,25 mm et la réserve facilement utilisable qui est d'une valeur de 40,8 mm, en utilisant ses paramètres on a déterminer le bilan hydrique ainsi déduit la période d'arrosage de l'olivier qui est inclue trois mois juillet, aout et septembre et a la fin nous avons déterminé l'irrigation requise, le nombre et la dose d'arrosage se qui nous introduit au dimensionnement de notre réseau d'irrigation de la parcelle .

CHAPITRE III : Ressources et qualité des eaux d'irrigation

III.1.Introduction

En agriculture, l'eau est une ressource indispensable et avec la probable augmentation des restrictions des volumes d'eau alloués à l'agriculture. Face à la rareté de la ressource et à la montée en puissance de l'agriculture intensive il est nécessaire de préserver ses ressources et optimiser chaque goutte d'eau.

Dans ce chapitre nous allons étudier la source principale des eaux utilisées pour irriguer l'olivier qui est les eaux souterraines et déterminer les différents types de nappes de ces dernières, nous allons définir les moyens principaux pour récupérer ces eaux qui sont les forages et à la fin nous allons présenter l'analyse physico-chimique que nous avons pu réaliser au sein des laboratoires de "IFRI" pour un échantillon d'eau d'un forage destiné à l'irrigation d'olivier.

III.2.Eaux souterraines

III.2.1.Définition des eaux souterraines

Elles ne sont ni des lacs ni des cours d'eau souterrains ; c'est de l'eau contenue dans les roches poreuses saturées par les eaux de pluie qui se sont infiltrées elles sont, en générale, d'autant mieux protégées et, par conséquent, d'autant plus pures qu'elles proviennent de gisements moins proches de la surface.

III.1.2.Type de nappe souterraine

III.1.2.1.Les nappes libres

Communiquent avec la surface car une couche perméable les recouvre ; les pores de la roche sont partiellement remplis d'eau, le sol n'est pas saturé et les eaux de pluies peuvent imprégner la nappe par toute la surface. Son niveau monte ou baisse en fonction des précipitations. Elle se renouvelle rapidement. Les nappes phréatiques appartiennent à cette catégorie.

III.1.2.2.Les nappes captives

Elles sont recouvertes par au moins une couche géologique imperméable qui confine l'eau. Sous pression, celle-ci peut jaillir dans des forages dits artésiens. Les nappes captives sont souvent profondes, quelques centaines de mètres voire plus. Elles se renouvellent plus lentement. Leur alimentation provient pour partie de zones affleurantes. Lorsque moins de 5 % de ces eaux sont renouvelés à l'année, ces nappes sont dites fossiles.

III.3. Analyse physicochimique des eaux d'irrigation de l'olivier

III 3.1.Introduction

L'analyse de l'eau est un procédé important pour tous les usagers, industrie, irrigation et pour les consommateurs qui utilise cette eau, du moment qu'elle contienne des impuretés indésirables ou toxique et des teneurs en quelques éléments qui sont au-delà des normes admissibles.

Pour cela, une analyse est très importante pour n'importe qu'elle source, soit souterraine, soit de surface ou de forage qui sera utilisée dans un domaine économique bien définie (industrie, agriculture, ménage,.....).

Donc, notre travail consiste en une analyse semi-complète de l'eau de forage destiné a l'irrigation de notre parcelle qui passera par les étapes (détermination et mesures) suivantes :

- Mesure de sa conductivité.
- Mesure du Ph.
- Mesure de sa dureté totale.
- Titre alcalimétrique simple : TA.
- Titre alcalimétrique complet : TAC.
- Analyse volumétrique (dosage des chlorures).
- Dureté calcique.
- Dureté magnésienne.
- Analyse Spectrophotométrie (dosage des nitrites, nitrate, sulfates, cuivre, fer, phosphate).

III.3.2. Echantillonnage

Le prélèvement a été porté sur le lieu des points d'eau situé en plaine côtière d'Abou parcelle cultivé en olivier à Taharacht, ses eaux sont destinées à l'irrigation.

II.3.3. Matériels et méthodes d'analyse

III.3.3.1. Mesure du potentiel hydrogène (pH)

Le pH est par définition une mesure de l'activité des ions H^+ contenu dans une eau.

$$pH = -\log(H^+)$$

Le pH-mètre est l'appareil qu'on a utilisé pour déterminé la valeur du pH, on a trouvé :

$$Ph = 6,79$$

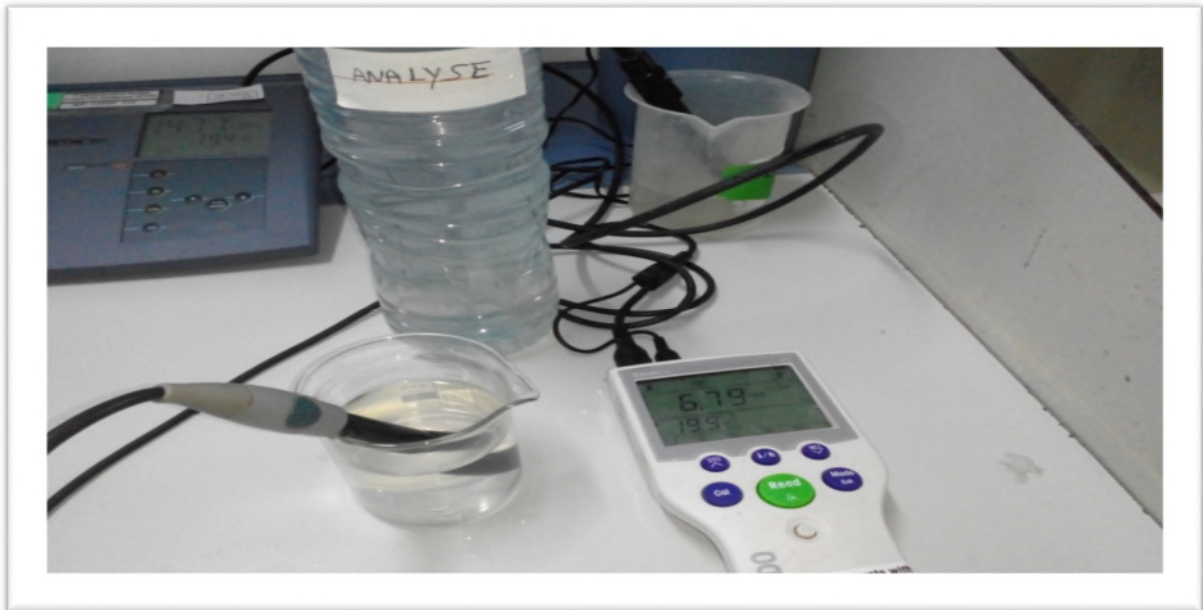


Figure III.1: photo prise lors de la mesure du Ph

III.3.3.2. Mesure de conductivité

La conductivité de notre échantillon on la mesuré directement à l'aide d'une conductimètre, on a trouvé :

Conductivité = $1091\mu\text{S}/\text{Cm}$



Figure III.2 : photo prise lors de la mesure de la conductivité

III.3.3.3. Manipulation avec des réactifs chimiques

- **Détermination de la dureté**

La dureté a un caractère naturel lié au lessivage des terrains traversés et correspond à la teneur en Calcium et en Magnésium, une eau ayant une teneur inférieure à 7,5 °F de CaCO₃ ou 0,3°F de Calcium Ca, est une eau douce et qu'au dessus de cette valeur, il s'agit d'une eau dure. La valeur limitée établie par l'OMS pour la dureté totale d'une eau potable est de 50°F de CaCO₃

Mode opératoire : On mesure grâce à une burette 100ml de l'échantillon de l'eau du forage, on le verse dans un bicher, on lui ajoute 2ml de K₁₀ (solution tampon) plus 2 à 3 gouttes de N.E.T, on titre avec une solution EDTA jusqu'à obtention d'une couleur bleu, on a fait la lecture suivante :

$$\text{Dureté} = 33,4^\circ\text{F}$$

- **Mesure de titre Alcalimétrique simple TA**

Mode opératoire : on mesure 100 ml de l'échantillon d'eau de forage à l'aide d'une burette, on le verse dans un bicher, on lui ajoute de la phénolphthaléine, si la couleur rose apparaît alors le Ta existe sinon le Ta est nul, dans notre cas on a trouvé :

$$\text{Ta} = 0$$

- **Mesure du titre alcalimétrique complet Ta**

Mode opératoire : on prend le bicher qui contient l'échantillon de l'analyse précédente, on lui ajoute quelque du réactif de rouge de méthyle, on titre avec H₂SO₄ jusqu'à l'apparition d'une couleur rose, on a fait la lecture suivante :

$$\text{TAC} = 5,2\text{mg} / \text{L}$$

- **Chlorure**

Mode opératoire : on prend 100ml d'échantillon d'eau de forage on lui ajoute du bichromate de potassium K₂CrO₄, on titre avec AgNO₃ jusqu'à l'apparition d'une couleur rouge brique, pour trouver le résultat on applique la formule suivante :

$$(\text{Chute de la burette} - \text{l'erreur}) * 7,09$$

On a trouvé le résultat suivant :

$$\text{Chlorures} = (7,8 / 0,4) * 7,09 = 128,41 \text{ mg/L}$$

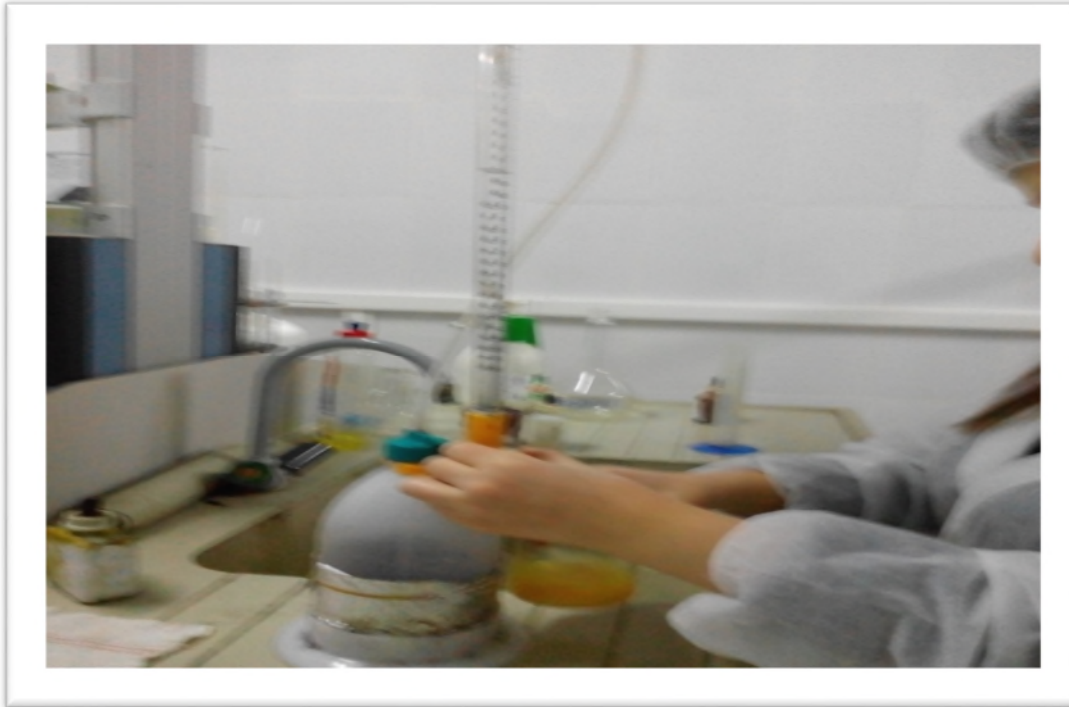


Figure III.3: Manipulation avec réactifs chimiques.

- **Dureté calcique**

Mode opératoire : on prend 50 ml d'échantillon on lui ajoute 2ml de NaOH plus 0,2g d'indicateur coloré HSN, on titre avec une solution EDTA, jusqu'à l'obtention d'une coloration bleu, pour trouvé le résultat on utilise la formule suivante :

(Chute de la burette * 9* 40,08) /50

On a trouvé le résultat suivant :

Calcium = 239,46 mg/l

- **Mesure de Magnésium**

Pour trouver le résultat on applique la formule suivante :

[Résultat de la dureté calcique / 0,4) – TH) * 10)* 0,29* 0,842]

On a trouvé :

Magnésium = 39,5 mg/L

III.3.3.4.Mesure avec Spectrophotomètre

Pour déterminer la quantité du Fer, Cuivre, Nitrate, Nitrite, phosphate, et le Sulfate on a utilisé un Spectrophotomètre programmé, il est très efficace et moderne, par définition la spectrophotométrie est une méthode analytique qui consiste a mesurer l'absorbance ou la densité optique d'une substance chimique donnée, généralement en solution . Plus l'échantillon est concentré plus il absorbe la lumière dans les limites de proportionnalité énoncées par la loi de Beer-Lambert, la densité optique des échantillons est déterminer par un

spectrophotomètre probablement étalonnée sur la longueur d'onde d'absorption de substance à étudier.



Figure III.4 : Spectrophotomètre utiliser lors de la manipulation.

- **Mesure du Cuivre**

Mode d'emploi : on prend 10 ml d'échantillon dans une éprouvette on lui ajoute un réactif cuivre on mélange bien pour homogénéiser, on le laisse 2 min temps de réaction, on fait la lecture suivante :

$\text{Cu} = 0,63 \text{ mg / L}$

- **Mesure du Fer**

Mode d'emploi : on prend 25 ml d'échantillon on lui ajoute un réactif fer, on homogénéise bien, on attend 3 min temps de réaction, et on fait la lecture suivante :

$\text{Fe} = 0,30 \text{ mg/L}$

- **Mesure de Nitrate**

Mode d'emploi : on prend 10 ml d'échantillon on lui ajoute un réactif plus une minute d'agitation pour homogénéise bien, on attend 5 min temps de réaction, et on fait la lecture suivante :

$\text{NO}_3^- = 0,4 \text{ mg/ L}$

- **Mesure de Nitrite**

Mode d'emploi : on prend 10 ml d'échantillon on lui ajoute un réactif, on homogénéise bien, on attend 20 min temps de réaction, et on fait la lecture suivante :

$\text{NO}_2^- = 0,027 \text{ mg /L}$

- **Mesure de Phosphate**

Mode d'emploi : on prend 10 ml d'échantillon on lui ajoute un réactif, on homogénéise bien, on attend 2 min temps de réaction, et on fait la lecture suivante :

$$\text{PO}_4^{3-} = 0,41 \text{ mg/ L}$$

- **Mesure de Sulfate**

Mode d'emploi : on prend 10 ml d'échantillon on lui ajoute un réactif, on homogénéise bien, on attend 5 min temps de réaction, et on fait la lecture suivante :

$$\text{SO}_4^{2-} = 86 \text{ mg/ L}$$

Les résultats obtenus sont regroupé dans le tableau III.1

Tableau III.1: Résultats de l'analyse physicochimique

Paramètres	Mesures
Ph	6,79
Conductivité ($\mu\text{S}/\text{Cm}$)	1091
Dureté ($^{\circ}\text{F}$)	33,4
TA (mg/l)	0
TAC (mg/l)	5,2
Chlorure (mg/l)	128,41
Dureté Calcique (mg/l)	239,46
Magnésium (mg/l)	39,5
Cuivre (mg/l)	0,63
Fer (mg/l)	0,30
Nitrate (mg/l)	0,4
Nitrite (mg/l)	0,027
Phosphate (mg/l)	0,41
Sulfate (mg/l)	86

Conclusion

Dans se chapitre nous nous somme intéressé aux sources d'eau utiliser pour l'irrigation de l'olivier. Nous avons cité quelque définitions concernant les eaux souterraine, les nappes d'eaux et les aquifères nous avons aussi parler sur quelque type de forages les plus adaptés pour l'irrigation et a la fin nous avons présenter le mode opératoire et les résultats que nous avons obtenue lord de notre manipulation, nous concluons que cette eau est apte pour l'irrigation de l'olivier.

CHAPITRE IV: Les techniques d'irrigation et dimensionnement du réseau

IV.1. Introduction

L'irrigation est le rapport artificiel d'eau aux cultures, en complément aux précipitations naturelles, l'objectif est de créer des conditions favorables de production, tant au point de vue quantitatif que qualitatif, quelque soit l'origine de cette eau (cours d'eau naturel, nappe souterrain, eau de ruissellement) ; le mode de transport et le choix de la technique d'irrigation reste un problème fondamentale afin d'arrivé a une meilleur production nous allons étudier ce chapitre quelques unes de ses techniques :

- Irrigation de surface.
- Irrigation par aspersion.
- la micro-irrigation ou irrigation goutte à goutte.

IV.2. Irrigation de surface

L'irrigation de surface ou irrigation gravitaire consiste à repartir l'eau directement sur la parcelle cultivée par ruissellement sur le sol.

Cette technique regroupe l'ensemble des techniques d'arrosage dans lesquelles la répartition de l'eau à la parcelle se fait entièrement à l'air libre, par simple écoulement à la surface du sol. La répartition de l'eau est assurée grâce à la topographie du terrain et aux propriétés de sol (ruissellement, infiltration et capillarité). (Jean -Robert, 2006)

Dans cette catégorie nous citons toute une panoplie de techniques telle que :

- irrigation par planche.
- irrigation par bassin.

IV.2.1. L'irrigation par planche

Cette dernière représente des avantages et des inconvénients comme suit :

Les avantages

- Cout d'investissement relativement faible.
- Besoins en énergie faible ou nuls.
- Technique éprouvées.
- Insensibilité au vent.
- Bonne adaptation à l'épandage d'eaux usée.
- Possibilité d'utiliser l'eau salée(en pratiquant le lessivage de sol).
- Les végétaux ne sont pas mouillés, ce qui est favorable sur le plan phytosanitaire

Les inconvénients

- Besoin important en main -d'œuvre (sauf système modernes).
- Efficience d'arrosage à la parcelle généralement faible (sauf dans le cas de bassin parfaitement nivelés et très bien gérés) Inadaptation aux sols très filtrants.
- Planage nécessaire des parcelles.
- Dessert de parcelle en général assurée par des canaux, qui viennent cloisonner et figer le parcellaire.
- Perte d'eau dans les réseaux de canaux (dépendent de la présence ou de l'absence de revêtement, et de la qualité et de la régulation des niveaux et débits).
- Surface consommée par les canaux et rigoles.

Cette technique consiste à diviser la surface à irriguer en bandes rectangulaires de longueur L, prise dans le sens de la plus grande pente, et de largeur l. En générale, la largeur des planches varie de 5 à 30m, et leur longueur de 50 à 800 m.

Néanmoins, par souci de bonne conduite des irrigations, la longueur maximale des planches est limitée généralement à environ 400m. Cette méthode est très utilisée aux Etas –Unis et dans le bassin méditerranéen ; elle est peu rependue ailleurs.

L'irrigation par planches convient le mieux aux pentes inférieures à 0,5% .Cependant, les pentes longitudinales maximales des planches peuvent atteindre 4% à 5%, voire d'avantage dans le cas des prairies qui assurent la protection du sol contre l'érosion.

Dans tous les cas, la pente transversale des planches doit être nulle pour atteindre une meilleure uniformité de l'arrosage.

L'eau est déversée en tête de la planche limitée latéralement par des petites diguettes (levée de terre, de pierre) ou bourrelets de terre en bas par une colature.

Les petites diguettes destinées à délimiter la zone d'arrosage sont de faible hauteur (15à20cm) et n'empêche pas ou empêchent peut le travail mécanique transversal. L'eau peut être également distribuée par une conduite munie d'orifices. Les sols convenant le mieux à cette technique sont les sols moyennement filtrants (Jean -Robert, 2006).

L'irrigation par planche s'applique à la culture telle que les prairies (terrain couvert de plantes herbacés), les céréales et les vergers. (lieu planté d'arbres fruitiers) "trait d'irrigation" il s'agit donc d'une technique qui assure :

- Une répartition uniforme de l'eau sur le terrain en même temps qu'un assainissement convenable.
- Elle est économique du point de vue de son exploitation.
- Elle n'exige que des modules réduits en raison du fractionnement de la surface, qui permet d'utiliser les faibles débits des sources ou des eaux pluviales.



Figure IV.1: L'irrigation par planche.

IV.2.2. l'irrigation par bassin

L'irrigation par bassin est similaire, sauf que le sol n'est pas incliné, il est donc nécessaire de fournir une quantité et un débit d'eau plus important pour obtenir une nappe d'eau sur toute la surface de la parcelle de terre délimitée par des rigoles. Cette nappe d'eau va ensuite s'infiltrer progressivement dans le sol .

Cette technique est applicable seulement dans le cas des cultures qui supportent la submersion par l'eau, cet eau submerge le terrain et s'infiltré.il peut arriver que l'on maintienne une lame d'eau suivant l'exigence de certaines cultures tel que le riz ou au contraire que l'on provoque au bout d'un certain temps l'écoulement de l'eau non infiltrée dans les colatures (Saiyouri, 2012).

Les avantages

- Celle-là exige des sols peu perméables pour éviter les pertes par infiltration et l'entraînement des minéraux et engrais.

Les inconvénients

- un tassement du sol en profondeur.
- Une réduction de la perméabilité et une asphyxie temporaire du sol qui peut être nuisible
- Réclame beaucoup d'eau et donc la proximité d'une oasis.
- Elle est traditionnelles, reste néanmoins très utilisée (elle été modernisée ces dernières années)

L'uniformité de l'arrosage est directement liée à trois facteurs :

- faible perméabilité (terrains très peu ou moyennement perméables) .
- fort débit d'apport.
- qualité du nivellement.

IV.2.3. L'irrigation à la raie

L'irrigation à la raie se prête mieux à la mécanisation par siphon, par rampes à vannettes, par gaine souple. (Saiyouri, 2012).

Cela consiste à amener l'eau à la plante par une série plus ou moins dense (espacement d'environ 0.75 à 1 m voire d'avantage) de petits fossés à ciel ouvert à pente faible mais régulière.

L'eau s'infiltré en tous sens (verticalement et latéralement et remonte par capillarité, atteint les racines..

Au lieu de s'étendre sur toute la surface, l'eau quittant le canal d'amenée ruisselle puis s'infiltré dans les rigoles bordant les billons sur lesquels sont implantées les cultures. s'infiltrant latéralement et remontant par capillarité, elle atteint les racines.

Les raies sont tracées suivant la ligne de plus grande pente du terrain pour des pentes < 2%, pour des pentes > 2%, les raies sont orientées obliquement par rapport à la ligne de plus grande pente. la forme des sections des raies peut être triangulaire, trapézoïdale, avec une Largeur de 25 à 40 cm et d'une profondeur de 15 à 30 cm.

On l'utilise idéalement pour des sols composés de sable de texture grossière et de limon sableux.

Elle se pratique sur des terrains d'environ 0.5 à 4 % de pente et convient à toutes les cultures de céréales et de plantes sarclées et elle est utilisée pour les cultures semées en billon telle que la betterave à sucre et la pomme de terre (Jean -Robert, 2006).

Ces techniques ont différents avantages et inconvénients les uns par rapport aux autres.

Les avantages :

- Elle est peu chère et facile à mettre en place.

Les inconvénients :

- Des fortes pertes d'eau par percolation ou par fuite lors de l'acheminement de l'eau (30 à 40% de l'eau est ainsi perdue au Maroc).

Il faut donc veiller à l'entretien de ces canaux et utiliser des gaines souples ou des tuyaux semi-rigides en polyéthylène pour réduire ces pertes.



Figure IV.2: Irrigation à la raie par siphon

IV.3. l'irrigation par aspersion

L'irrigation par aspersion est un moyen polyvalent pour arroser n'importe quels types de cultures, de sols et de topographies.

Elle épandage de l'eau sous forme de pluie avec régulation et uniformité de la dose apportée à condition que la zone ne subisse pas des vents supérieurs à 4 m/s ; les systèmes d'irrigation par aspersion sont soit fixes, soit mobiles.

Elle peut être efficace dans des conditions de sols ou de topographies pour lesquelles les méthodes d'irrigation de surface ne le sont pas, mais pose des problèmes dus aux exigences en main d'œuvre et aux coûts d'investissement ([The leading International Irrigation magazine, 2015](#)).

En général les systèmes sont définis selon le type de déplacement des rampes sur lesquelles sont fixés différents types d'asperseurs.

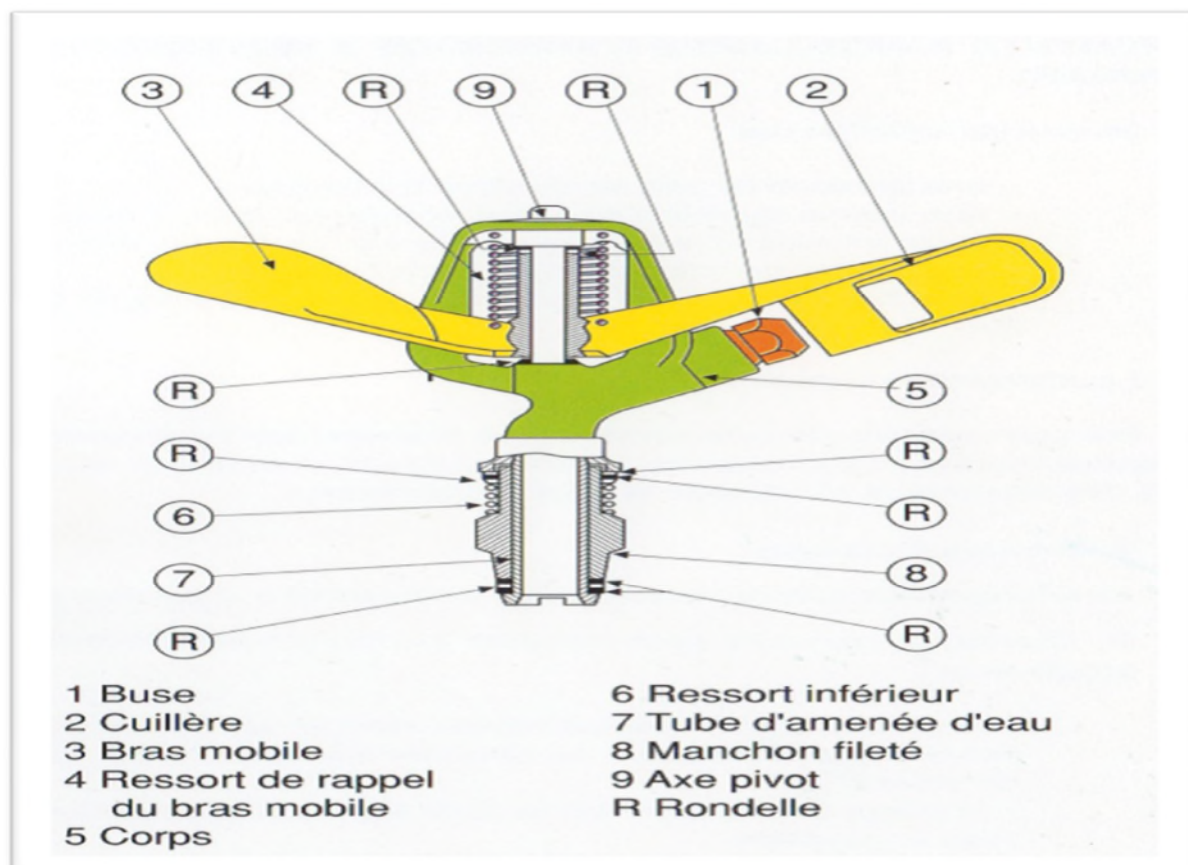


Figure IV.3: schémat explicatif d'un asperseur

Au niveau de l'asperseur, pièce maîtresse du dispositif, une buse crée un jet et l'oriente vers la cuillère.

Le bras mobile est activé par le jet, le ressort de rappel provoque le retour du bras mobile et assure ainsi la rotation de l'asperseur.

Les avantages d'irrigation par aspersion

- Possibilité d'arroser tous les types de sol, des plus sableux aux plus argileux.
- Possibilité de réaliser des installations mobiles ; susceptibles d'être déplacées suivant la nature des cultures, ce qui facilite les rotations culturales ; cette mobilité permet une mise en place rapide en temps et lieu voulus sur une aire de culture menacée par la sécheresse ;
- Avec les matériels entièrement automatiques, possibilité de réaliser des arrosages à faible dose et à cadence rapide (levée de semis en l'absence de pluie ; culture de contre-saison, céréaliculture) .
- Possibilité de réaliser des installations de projection contre les gelés radiatives de printemps.
- Oxygénation de l'eau projetée en pluie, favorable dans le cas d'utilisation d'eaux résiduaires réductrices. (Jean -Robert, 2006).

Les inconvénients d'irrigation par aspersion

- Dépense énergétique élevée, parfois prohibitive dans les pays où l'énergie est chère.
- Difficultés d'utilisation et efficacité réduite en régions ventées.
- Obligation de multiplier les traitements phytosanitaires en raison du lavage des appareils.
- Mouillage des feuilles favorisant les maladies cryptogamiques chez certaines espèces végétales.
- Mauvaise adaptation aux sols «battants», susceptibles de tassement superficiel à l'impact des gouttes d'eau.
- Déplacement du matériel difficile dans les zones à cultures hautes (inconvenient supprimé dans le cas des systèmes automatisés).
- Ne convient pas aux eaux salées sur beaucoup de cultures (risques de brûlure du feuillage, ou de dépôts inesthétiques sur les fruits).

Les conditions d'utilisation de système d'aspersion

- Alimentation en eau suffisante à partir de rivière, de lac, de réservoir ou de source d'eau souterraine.
- Mobilité du système d'irrigation.
- L'irrigation d'appoint.
- Vent faible.

Les exigences pour l'utilisation de système d'aspersion

- Equipement disponible dans le commerce.
- Système de pompe pressurisé (2-3bars).
- Énergie peu coûteuse disponible.
- Conseil technique pour la conception, l'installation et l'exploitation de système.

Les contraintes pour l'utilisation de système d'aspersion

- Coût énergétique élevé.
- Coût d'investissement élevé.
- Coût de main d'œuvre pour déplacer les dérivations de conduites (Martin & Giovanni, 2014) .

Il existe deux types d'irrigation par aspersion. L'aspersion traditionnelle et l'aspersion mécanisée.

IV.4. L'irrigation par goutte à goutte

On appelle irrigation au goutte à goutte l'application lente et localisée d'eau littéralement au goutte à goutte, au niveau d'un point ou d'une grille de pointes sur la surface de sol.

Si l'eau s'écoule à une vitesse inférieure à la capacité d'absorption ou d'infiltration du sol.

Celui-ci n'est pas saturé et il ne reste pas d'eau qui stagne ou ruisselle à la surface. (Jean - Robert, 2006).

L'eau est amenée jusqu'aux orifices de gouttage par un assemblage de tuyaux en plastique généralement en polyéthylène opaque ou en PVC résistant aux intempéries, des canalisations latérales, alimentée par une conduite maitresse sont posée sur le sol.

Dans l'irrigation au goutte-à-goutte, l'eau est directement versée sur les cultures par de petits goutteurs placés sur des tuyaux souples en polyéthylène longeant les rangées de culture.

Le système peut être très efficace en termes d'utilisation d'eau, atteignant jusqu'à 90 %. Le système verse l'eau très précisément sur la culture, ce qui entraîne un rendement de culture optimal. (Martin & Giovanni, 2014)

L'utilisation de l'irrigation au goutte-à-goutte marche le mieux pour les exploitations agricoles et les serres de fruits et légumes à visée commerciale.

Les systèmes d'irrigation au goutte-à-goutte familiaux et les systèmes d'irrigation au goutte-à-goutte simplifiés à seau ont été élaborés et introduits commercialement et spécifiquement pour les petits exploitants agricoles en Afrique australe. Un seau réservoir de 10–15 L ou un ancien fût à carburant de 200–300 L est placé à une hauteur élevée (1–2 m) au-dessus du champ et est connecté à de petits tuyaux et goutteurs pour irriguer une petite surface de jardin de 50m² dans le cas du seau réservoir, ou de 250–500 m² dans le cas d'une irrigation au goutte-à-goutte avec un réservoir plus large..

Même si la technologie est efficace, les systèmes d'irrigation au plusieurs cas, étant donné que les exploitants agricoles ne se sont pas suffisamment familiarisés avec les aspects opérationnels de la technologie. Les difficultés incluent le remplissage fréquent du seau ou du réservoir, l'accès aux sources d'eau, le manque de connaissances sur la fréquence d'application d'eau, et le fait de ne pas nettoyer régulièrement le système de filtrage

Ces difficultés ont été les causes de performances décevantes et de pannes de petits systèmes d'irrigation au goutte-à-goutte. (Martin & Giovanni, 2014).

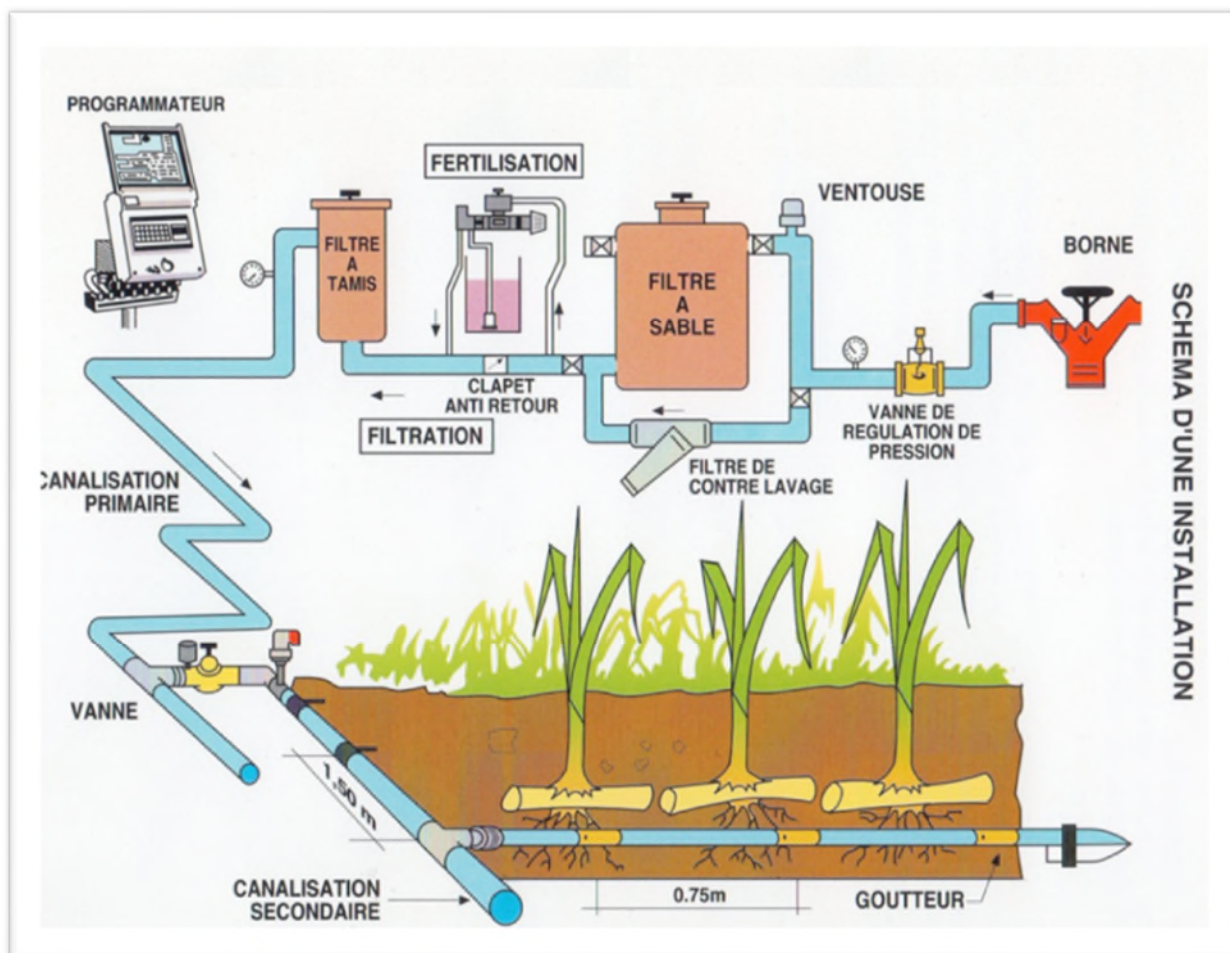


Figure IV.4 : Schéma d'une installation de goutte à goutte.

Le système goutte à goutte représente des avantages et inconvénients comme suite :

Avantage :

- Très faible couts d'investissement et de fonctionnement, sur des parcelles probablement équipées en drainage souterrain.
- Besoins en main-d'œuvre insignifiants.
- Absence de matériel en surface, d'où aucune gêne pour l'exploitant.
- Ne mouille pas le feuillage, ce qui est favorable du point de vue phytosanitaire ;
- Ne mouille pas le sol, ce qui est favorable aux façons culturales.
- Ce système est aussi très pratiqué car nous pouvons le programmer et ne risquons pas de faire augmenter notre facteur d'eau.

Inconvénients :

- Maitrise incomplète et aléatoire de l'alimentation hydrique des cultures, qui fait réserver cette technique aux productions à faible valeur ajoutée ;

- Technique utilisable seulement dans certaines conditions pédologiques.

IV.5. Le choix de la technique d'irrigation

Le choix de la technique d'irrigation, est déterminé en fonction d'un certain nombre de facteurs, à savoir:

Les conditions naturelles

- Les cultures
- La technologie
- Les contraintes humaines
- La contrainte économique.

IV.5.1. Les conditions naturelle

➤ L'évaporation

L'évaporation représente une contrainte très importante par le fait qu'elle entraîne des pertes d'eau importantes surtout sur les planches de ruissellement, ainsi que pour l'aspersion sur le feuillage et cela est dû à la longue portée du jet d'eau.

➤ Type de sol

Les sols sableux sont caractérisés par une faible capacité de rétention et un taux d'infiltration élevé. C'est pourquoi, en sols sableux, la dose d'arrosage est faible mais les arrosages sont moins espacés, surtout quand ces sols ne sont pas profonds. Dans ces conditions, l'irrigation par aspersion ou au goutte à goutte est plus appropriée que l'irrigation de surface.

➤ La pente

L'irrigation par aspersion ou au goutte à goutte est préférable dans les régions des terrains à forte pente ou à pente irrégulière que l'irrigation à la surface.

➤ Le vent

Les vents forts sont donnés la mauvaise répartition des filets liquides en irrigation .

➤ La qualité de l'eau

La connaissance de la qualité d'eau est importante dans tous les cas :

- En aspersion : la salinité temporaire d'une eau peut limiter à l'utilisation, la tolérance des plante étant variable;
- En goutte-à-goutte : il faut aussi prendre en compte la salinité de l'eau, bien que cette technique permette d'utiliser des eaux plus salées qu'avec l'aspersion ([Encyclopédie Agricole pratique, Nathan](#)).

Avec une eau chargée de sédiment, l'irrigation de surface est préférable que par aspersion ou goutte à goutte car les sédiments peuvent provoquer à l'obstruction des asperseurs.

IV.5.2. Les cultures pratiqués

L'irrigation de surface s'applique à toutes les cultures. Les méthodes d'irrigation par aspersion et la goutte à goutte, du fait des coûts d'investissement importants, sont principalement adoptées pour l'irrigation des cultures à haute valeur financière telles que les légumes et les arbres fruitiers. Elles sont rarement utilisées pour les cultures de base à faible valeur financière. L'irrigation au « goutte à goutte » est très recommandée pour l'irrigation des plantations individuelles (BROUWER, 1990).

IV.5.3. Les contraintes humaine

Cette contrainte est directement liée au facteur humain, à savoir l'ensemble de la main d'œuvre qui intervient sur la parcelle irriguée, en termes de Nombre d'employés, nombre d'heures de travail journalier, nombres de jours de travail mensuel ainsi que la qualité et le cout de la main d'œuvre qui pratique l'irrigation.

IV.5.4. Les contraintes économiques

Chaque utilisateur a une capacité d'investissement particulière qu'il faut connaître. Elle se déduit de situation financière actuelle et à venir, compte tenu de la plus-value suscitée par l'irrigation qu'il se propose de faire

IV.6. Calcule du régime d'irrigation

Pour le dimensionnement du réseau d'irrigation de la parcelle nous avons opté pour la technique d'irrigation du « goutte à goutte ». Et cela pour se qu'elle offre comme avantage pour l'irrigation de l'olivier.

IV.6.1. Caractéristique des goutteurs

Nous avons choisit des goutteurs avec un débit par goutteur : $Q_{\text{goutteur}} = 1,8 \text{ l/h}$, le nombre de goutteurs par olivier est de 4 goutteur, ses dernier sont portée sur deux gaines parallèles, l'espacement entre deux goutteur est de 50cm, la figure IV.5 illustre bien l'emplacement des gaine.

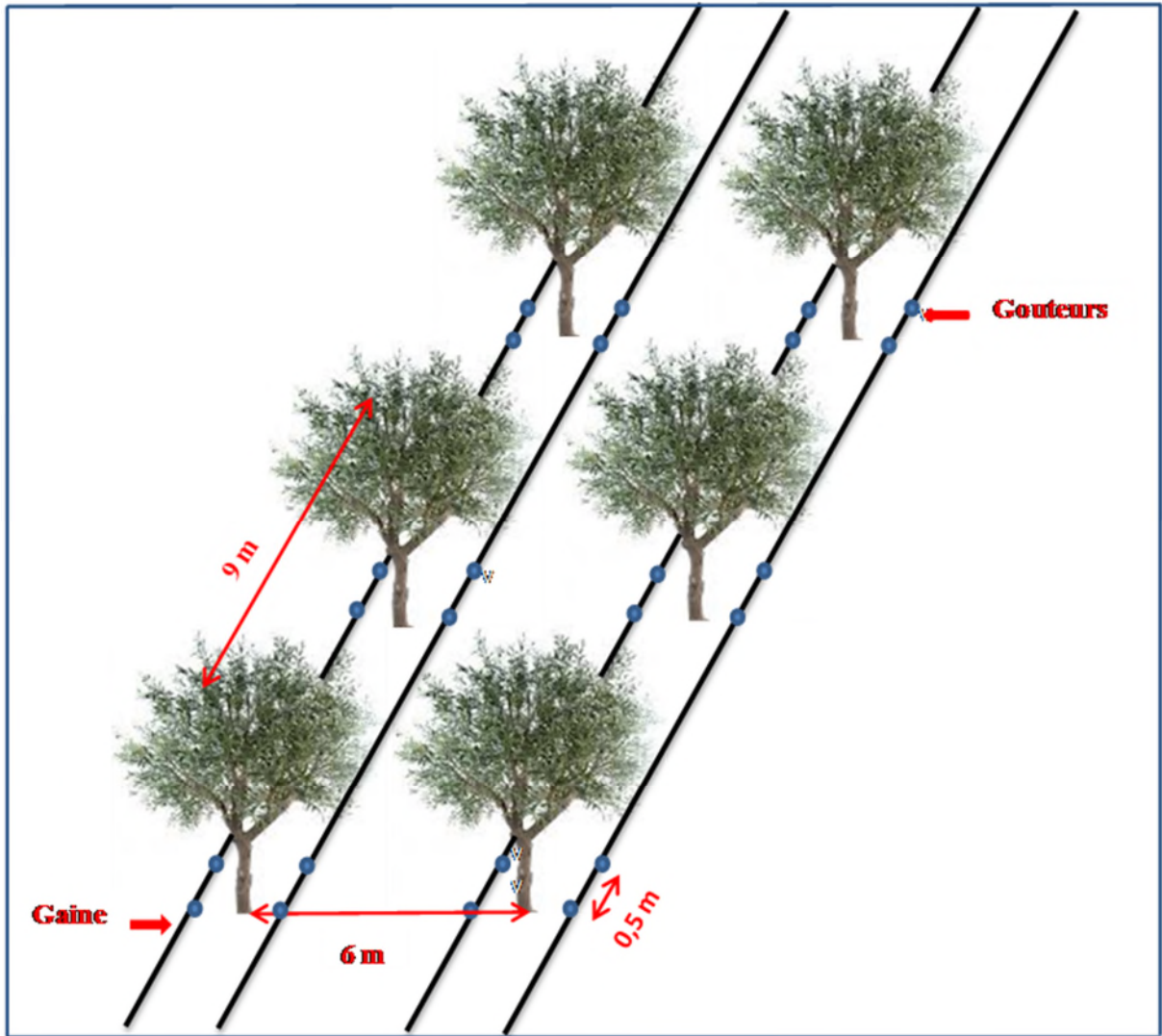


Figure IV.5 : Schéma explicatif de l'emplacement des goutteurs.

IV.6.2. Débit par olivier

Nous avons : $Q_{\text{goutteur}} = 1,8 \text{ l/h}$

Ainsi, le débit à fournir à un seul olivier sera calculé comme suit :

$$Q_{\text{olivier}} = N_{\text{goutteur}} * Q_{\text{goutte}}$$

$$Q_{\text{olivier}} = 4 * 1,8 = 7,2 \text{ l/h}$$

Donc, le débit consommé par un seul olivier lors de l'irrigation est de 7,25(l/h)

IV.6.3. Calcul du débit fictif continu

Pour cela, on commence par calculer le nombre d'olivier en un hectare, en prenant comme distance entre deux oliviers 9m, on prend une longueur et largeur égales de 100m, donc 11 oliviers par lignée et la distance entre les lignes est de 6m alors on a 16lignes d'oliviers d'où on a le nombre totale d'oliviers dans un hectare égale à :

$$N = 16 * 11 = 176 \text{ oliviers/ha}$$

Le débit total qui permet d'arrosage 176 oliviers est défini par la formule suivante :

$$Q_{\text{Fictif}} = N * Q_{\text{Olivier}}$$

Avec :

Q_{olivier} : le débit d'arrosage d'un olivier en (l/h) fictif

N : nombre des oliviers pour un hectare

Q_{Fictif} : le débit fictif continu (total) d'arrosage d'un N des oliviers en (l/h)

$$Q_{\text{Fictif}} = 176 * 7,2 = 1267,2 \text{ l/h/ha}$$

Donc, le débit fournit à l'hectare pour irriguer la parcelle est de $1,27 \text{ m}^3/\text{h/ha}$

Nous avons, le débit fournit à l'hectare pour irriguer la parcelle d'un hectare est de :

$$1267,2 \text{ l/h/ha} = 0,35 \text{ l/s/ha}$$

D'où le débit totale fourni pour irriguer une superficie de 86,48 ha est de :

$$Q_{\text{Périmètre}} = 0,35 * 86,48 = 30,44 \text{ l/s}$$

IV.7.Etude technico-économique

Elle consiste à étudier le choix le plus économique pour le diamètre de la conduite, le choix de cette dernière repose sur deux critères :

- ✓ Techniquement, le diamètre de la conduite doit pouvoir faire transiter le plus grand débit à des vitesses acceptables, en assurant une pression de service compatible avec la résistance de la conduite.
- ✓ Les frais d'investissement (frais d'exploitation et /ou les frais d'amortissements) sont proportionnels aux diamètres des conduites.

Pour le calcul d'une conduite, quatre paramètres interviennent :

- Le débit : $Q \text{ (m}^3/\text{s)}$;
- La vitesse : $V \text{ (m/s)}$;
- La perte de charge unitaire : $j \text{ (m)}$;
- Le diamètre : $D \text{ (m)}$.

IV.7.1.Calcul de diamètre économique

IV.7.1.1.Calcul de diamètre

Les formules qui nous permettent de calculer le diamètre économique sont :

- ✓ **Formule de JACQUES BONNIN :**

$$D = \sqrt{Q} \text{ (m)} ;$$

- ✓ **Formule de CHARLES BRESS :**

$$D = 1.15 \sqrt{Q} \text{ (m)}.$$

Avec :

D : diamètre de la conduite en (m) ;

Q : débit transitant par la conduite (m³/s).

Ces deux relations nous donnent une approche du dernier diamètre économique, plusieurs diamètres normaliser seront fixés, une autre étude portera sur ces derniers, Le diamètre économique de la conduite correspondra au cout minimal des frais d'exploitation plus les frais d'amortissement.

IV.7.1.2.Calcul de la vitesse

Elle est donnée par la formule suivante :

$$V = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2}$$

Avec :

- V : Vitesse d'écoulement ;
- Q : Débit transitant dans la conduite ;
- D : Diamètre de la conduite.

IV.7.1.3. Les pertes de charge

Les parois de la conduite de refoulement exercent une friction sur l'eau. Cette friction entraîne une perte de charge, c'est-à-dire qu'elle réduit considérablement le rendement. la perte de charge est liée à la longueur de la conduite, à son diamètre ainsi qu'aux singularités (vannes, coudes, tés, clapet et raccords) utilisées lors de l'installation. Elles se présentent sous deux formes :

Pertes de charge linéaire.

Pertes de charge singulières.

A) Les pertes de charge linéaires

Elles sont exprimées par la formule de DARCY WEISBACH :

$$J_1 = \lambda \cdot L \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g \cdot D}$$

Avec :

- J₁: Pertes de charge linéaire (m);
- L : Longueur de la conduite (m) ;
- g : accélération de la pesanteur (g=9.81m/s²) ;
- λ : Coefficient de frottement, qui dépend de la rugosité relative et du régime d'écoulement.

λ : est déterminé à partir de la formule de COLBROOK-WHITE :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left(\frac{k}{3.71 \cdot D} + \frac{2.51}{Re \cdot \sqrt{\lambda}} \right)$$

- ✓ Pour les tubes en PVC :

$$K = 0,015 \text{ mm}$$

Avec :

- K : la rugosité hydraulique de la conduite en (mm)
- Re : nombre de Reynolds est donné par la formule suivante :

$$Re = \frac{VD}{\nu}$$

- ν : Viscosité cinématique de l'eau donnée par la formule de STOCKES :

$$\nu = \frac{0.0178}{1 + 0.00337t + 0.000221t^2}$$

à $t = 20^\circ\text{C} \implies \nu = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$.

B) Les pertes de charge singulières

Elles sont estimées à 15% des pertes de charges linéaires.

$$J_s = 0.15.J_l$$

B) Les pertes de charge singulières

Elles sont estimées à 15% des pertes de charges linéaires.

$$J_s = 0.15.J_l$$

C) Les pertes de charge totales

Elles sont déterminées par la somme des pertes de charge linéaires et singulières :

$$J_T = J_l + J_s = 1.15.J_l$$

- Calcul du diamètre :

En appliquant la formule de BONNIN et de BRESS on trouve les diamètres de la conduite principale égale à :

$$D_{\text{BONNIN}} = 0.170 \text{ m} = 170 \text{ mm}$$

$$D_{\text{BRESS}} = 0.2 \text{ m} = 200 \text{ mm}$$

Les diamètres normalisés pour PVC (PN 6) sont : 200 mm, 250 mm

Tableau IV.1: Calcul de diamètre normalisé

D (mm)	Q (m ³ /s)	V (m/s)	L (m)	Re	λ	J _T (m)	H _d (m)
195,1	0,03	1,004	1370	195880,4	0,0165	6,85	34
243,8	0,03	0,64	1370	156032	0,0170	2,29	34

On optera pour un diamètre intérieur $D_{int} = 195,1$ mm correspondant à $D_{ext} = 200$ mm et $J_t = 6,85$ m est inférieur à $H_d = 34$ m avec une vitesse acceptable de 1,00 m/s

IV.8. Calcul du temps d'arrosage

Pour dimensionner notre réseau il est nécessaire de déterminer le temps d'arrosage mensuel. Le temps d'arrosage varie en fonction de la consommation de l'olivier dans le mois de pointe. $ETM = 58,1$ mm/mois

La dose réelle d'arrosage dans ce mois est : $21,6$ mm = 216 m³/ha

Le temps d'arrosage par des goutteurs est défini par la formule suivante :

$$T = \frac{D}{Q_{\text{fictif}}}$$

T : le temps d'arrosage par des goutteurs en (h)

D : la dose réelle d'arrosage en (m³/ha)

Q_{Fictif} : le débit fictif continu en (m³/h/ha)

$$T = \frac{D}{Q_{\text{fictif}}} = \frac{216}{1,27} = 170 \text{ heures}$$

Tableaux IV.2: Répartition du temps d'irrigation

Mois	Juillet	Aout	Septembre
Temps d'arrosage (h/mois)	170,1	184,2	90,5
nombre d'arrosage	2,0	2,0	1,0
Temps d'arrosage (h/jour)	11,3	12,3	3,0
temps d'arrosage (mn/jour)	680,4	736,8	181
Total d'irrigation (h/mois)	340,2	368,4	90,5
Total d'irrigation (h/jour)	14,2	15,4	3,8

On analysant le tableau on remarque que les temps d'irrigation journalier vari d'un minimum de 3,8 heures par jour en mois de septembre à un maximum de 15,4 heures par jours durant le mois de Aout, mois de pointe, on constate donc que le temps d'arrosage journalier est fonction de la consommation mensuelle d'olivier.

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons vu les différentes techniques d'irrigations, nous avons opté pour le goutte à goutte pour ses avantages apporté à l'agriculture. Suivant les résultats des calculs de chapitre 2 nous avons pu calculer le régime d'irrigation, nous avons d'abord étudié les caractéristiques des goutteurs soit leur débit est 1,8 l/h, nous avons calculé le débit par olivier il est de 7,2 l/h sachant que chaque olivier dépose de 4 goutteurs ensuite nous avons calculé le débit fictif continu qui est égale a 0,35 l/s/ha et le débit au périmètre qui est a 30,44 l/s.

Puis nous avons passé au dimensionnement de la parcelle, nous avons opté pour du PVC (PN 6) avec un diamètre intérieur $D_{int} = 195,1$ mm correspondant à $D_{ext} = 200$ mm et $J_t = 6,85$ m est inférieur à $H_d = 34$ m avec une vitesse acceptable de 1,00 m/s. Puis nous avons passé au calcul du temps d'arrosage, qui a une valeur de 170 heures pour le mois de juillet ou l'ETR est maximal a la fin nous avons élaboré un planning d'irrigation.

CONCLUSION GENERALE

Les jeunes représentent une grande part de la population rurale, et sont bien souvent au chômage ou en situation précaire malgré un secteur agricole en forte demande de main d'œuvre. Notre étude ne consiste pas seulement à réaliser un aménagement hydro-agricole afin d'optimiser les ressources en eaux et maximiser le rendement des cultures mais aussi à développer les techniques d'irrigation afin de rendre à l'agriculture son ancienne image de profession prestigieuse et d'encourager les jeunes à investir dans ce secteur, en vue d'améliorer la situation économique de l'Algérie.

Ce projet a été étudié en tenant compte des conditions naturelles et tout en essayant de satisfaire les besoins en eau de la culture dans des conditions technico-économique rationnelles.

Dans le premier chapitre, nous avons calculé les indices d'aridité de MARTONNE et construit le diagramme d'EMBERGER sur la base des données météorologiques que nous avons obtenue du CTH, nous avons conclu que Akbou se caractérise par un climat de type semi-aride avec des précipitations annuelles comprise entre 400 et 1200 mm et une humidité d'air de 70%, ensuite nous avons élaboré un diagramme Ombrothermique et nous avons conclu que la période sèche dans la zone Akbou s'étale du mois de mai jusqu'au mois d'octobre, durant cette période la quantité de pluie est insuffisante pour couvrir les besoins en eau des cultures et l'irrigation jouera un rôle important.

Dans le deuxième chapitre, nous avons abordé le noyau de notre étude à savoir l'estimation des besoins en eau pour l'irrigation des oliviers. Nous avons calculé l'évapotranspiration potentielle et nous l'avons représenté sous forme d'un graphique, ensuite grâce au coefficient cultural spécifique à l'olivier nous avons calculé l'évapotranspiration réelle qui est d'une valeur maximal de 58,1 mm durant le mois de juillet. Par la suite nous avons déterminé la pluie efficace utilisable par la plante, sa valeur minimale qui est égale à 2,4 mm durant le mois de juillet, la réserve utile est de 61,25 mm et la réserve facilement utilisable qui est d'une valeur de 40,8 mm, en utilisant tous ses paramètres nous avons déterminé le bilan hydrique ainsi déduit la période et la dose d'arrosage de l'olivier qui inclus trois mois d'irrigation.

Par la suite, nous avons cité la principale source utiliser pour l'irrigation de notre parcelle ainsi que donner quelque définition sur les eaux souterraine, les nappes d'eau et les aquifères et à la fin nous avons présenter le mode opératoire et les résultats de l'analyse physico-chimique des eaux d'irrigation nous avons conclu que l'eau des forage situé à notre parcelle ont un Ph de 7,79 ce qui donne à cette eau une alcalinité peut élevée qui se traduit par une salinité favorable, donc parfaite pour l'irrigation.

Enfin, dans le dernier chapitre nous avons abordé les différents technique d'irrigation, et nous avons opté pour le goutte a goutte pour ses avantages apportée a l'agriculture, ensuite nous avons étudié les caractéristique des gouteurs, leur débit de 1,8 l/h et leur emplacement, 4 gouteur par oliviers, nous avons calculer le débit au périmètre qui est a 30,44 l/s, ensuite nous avons dimensionner la conduite principale, nous avons opté pour du PVC (PN 6) avec un diamètre intérieur de 195,1 mm et extérieur de 200 mm a la fin de se chapitre nous avons calculer le temps d'arrosages qui comporte 170 heures pour le mois de pointe juillet.

Remarquons aussi, que par faute de temps nous étions dans l'incapacité de traiter la partie de calcul des pertes de charge dans le réseau, la station de tête et l'estimation du cout de projet.

Références bibliographiques

- [1] BENAHMED, L., Développement d'une nouvelle relation ajustée de Turc pour l'évaluation de l'évapotranspiration de référence dans la zone humide de l'Algérie, Mémoire de fin d'étude, Master, 2012.
- [2] BOUBCHIR, A. et OUHADDAD, M., Forage et adduction en eau de la base sonatrach de medjedel (wilaya de m'sila), Mémoire de fin d'étude, Master, Université Abderrahmane Mira de Bejaia, Algérie, 2001.
- [3] CASTANY, G., Principe et méthodes de l'hydrologie, Edition BORDAS, Paris, 1982.
- [4] Source ONM, station aéroport de Bejaia.
- [5] DAGET, P., Le bioclimat méditerranéen: analyse des formes climatiques par le système d'Emberger, 1977.
- [6] DUCROCQ, M., Les bases de l'irrigation, Editions Scientifiques Universitaires Mkalles - Mar Roukoz (Liban), 1987.
- [7] GAUSSEN, H. et BAGNOULS, F., L'indice xérothermique. Bulletin de l'association de géographes français N°222-223, pp 10-16, Janvier-février 1952.
- [8] JEAN -ROBERT, T. et ALAIN, V., traité d'irrigation, Editions Lavoisier F-75008, Paris, 2006.
- [9] LONGLOIS, F., L'influence de la pluviométrie sur la production agricole dans la région de volta, geoscience agronomie et environnement, Montpellier, 2006.
- [10] LUDOVIC, O., recherche d'un modèle d'évapotranspiration potentielle pertinent comme entrée d'un modèle pluie-débit globale, thèse doctorat science de l'eau, Ecole Nationale du Génie Rural des Eaux et Forêts, 287 p, Paris, 2004.
- [11] MABILLOT, A., Le forage d'eau, Saint-Etienne, 1984.
- [12] MARTIN, S. et GIOVANNI, M ., Techniques d'irrigation pour l'agriculture à petite échelle, 2014.
- [13] MEDDOUR, R., Bioclimatologie, phytogéographie et phytosologie algérie, thèse de doctorat , université moiloud mammerie de tizi ouzzou, 2010.
- [14] OLLIER, C. et POIREE, M ., Les réseaux d'irrigation théorie, technique et économie des arrosages, Editions EYROLLES, Paris, 1981.
- [15] OSTE, B ., Mesure de l'évapotranspiration réelle et des coefficients culturaux dans la culture de la pomme de terre à l'aide de lysimètre drainant, Thèse maître en science, Université laval, 102 p, 1999.
- [16] PEREIA, D. ET MARTIN, S., Crop Evaporatranspiration, Guidelines for computing crop water requirement, Irrigation and drainage. paper N°56 FAO, Italy, 1998.
- [17] RAHMANI, A., Thèse de doctorat, 2011.

- [18] SAIYOURI, N., Méthodes d'irrigation en milieu aride, *projet d'eau*, 2012.
- [19] Samuel, P., Contribution à la détermination d'un terme du bilan hydrologique dans la région d'er-rachidia- tafilalet, évaluation de l'évapotranspiration de référence a tafilalet, Thèse de Doctorat, Université Mohamed 5, 2006.
- [20] The leading International Irrigation magazine. (2015, october 9). les techniques d'irrigation agricole.
- [21] TIERCELIN, J.-R. et VIDAL, A., Traité d'irrigation, Edition Tec & Doc Lavoisier, Paris, 2006.
- [22] ZIOUANI, E., Etude de confortement d'un glissement de terrain a IFRI, Memoir de fin d'étude, Master, Université Abderrahmane Mira de Bejaia, Algérie, 2004.

Résumé

L'agriculture de l'olivier à toujours été un facteur important dans le développement socio-économique des régions kabyle. L'olivier est l'une des cultures les plus anciennes qui a marqué sa place dans la méditerranée, c'est un arbre résistant qui est presque immortel qui peut vivre des centaines d'années. Le but de notre étude est d'exploiter les ressources en eau dans la région d'Akbou, principalement souterraines, dans le cadre d'un aménagement hydro-agricole de la zone Taharracht, pour un éventuel projet d'irrigation de l'olivier par la technique du « goutte à goutte ». Et cela en optimisant au maximum les pertes pour la préservation des ressources en eau.

Mots clés : Aménagement ; hydraulique agricole ; irrigation ; semi-aride ; goutte à goutte ; olivier ; les ressources en eau ; développement durable ; agriculture.

Summary

Agricultural olive trees have always been an important factor in socio-economic development of regions Kabyle. The olive tree is one of the oldest cultures that marked its place in the mediterranean, it is a tree that is resistant almost immortal, which can live for hundreds of years. The aim of our study is to exploit the water resources in the region Akbou, mainly underground, as part of a hydro- agricultural development of the Taharracht area for possible irrigation project of the olive tree by the technique of "drip". And that by optimizing the maximum losses for the preservation of water resources.

Keywords : Development ; AWM ; irrigation ; semi-arid ; drip ; Olivier ; water resources ; sustainable development ; Agriculture.

ملخص

وكانت زراعة شجرة الزيتون دائما عاملا هاما في التنمية الاجتماعية و الاقتصادية للمناطق القبائل, شجرة الزيتون هي واحدة من أقدم الثقافات التي تميز موقعها في البحر الأبيض المتوسط ، وهو من الأشجار المقاومة ، والتي يمكن أن تعيش لمئات السنين . والهدف من دراستنا هو استغلال الموارد المائية في منطقة أقبو ، وذلك كجزء من مشروع تطوير الري من قبل تقنية " بالتنقيط " . و ذلك عن طريق الاستفادة المثلى ، أقصى حد للخسارة من أجل الحفاظ على الموارد المائية .

كلمات البحث: التنمية ؛ الري، شبه القاحلة ، بالتنقيط ، الزيتون، الموارد المائية؛ التنمية المستدامة؛ الزراعة.

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE.....	1
CHAPITRE I Etude du milieu	3
I.1. Situation géographique et administrative.....	3
I.2. Géologie.....	4
I.2.1. Géologie de la zone d'étude.....	4
I.2.2. Analyse granulométrique du sol	4
I.3. Climatologie.....	5
I.3.1. Les températures	5
I.3.2. humidité relative	6
I.3.3. la vitesse du vent.....	6
I.3.4. L'évaporation.....	6
I.3.5. Insolation.....	7
I.3.6. Pluviométrie	7
I.4. Caractéristiques climatiques	9
I.4.1. Calcul de l'indice d'aridité.....	9
I.4.2. Calcul du quotient d'Emberger	11
I.4.3. Diagramme bioclimatique d'Emberger.....	12
I.4.4. Détermination de la période sèche.....	13
I.4.4.1. Définition d'un mois sec.....	13
I.4.4.2. Diagramme Ombrothermique de Bagnouls & Gaussen.....	13
Conclusion.....	15
CHAPITRE II: Les besoins en eau des cultures	16
II.1. Introduction	16
II.2. Estimation de l'évapotranspiration	16
II.2.1. Evaporation.....	16
II.2.2. Transpiration.....	18
II.2.3. l'évapotranspiration	18
II.2.3.1. Définition.....	18
II.2.3.2. Les facteurs de l'évapotranspiration.....	19
II.2.4. Différents types de l'évapotranspiration.....	20
II.2.4.1. Evapotranspiration potentielle 'ETP'	20
II.2.4.2. Evapotranspiration réelle 'ETR'	20
II.2.4.3. Evapotranspiration maximal 'ETM'	20
II.2.5. Evapotranspiration et coefficient culturale.....	20
II.2.6. Technique et méthodes d'estimation de l'évapotranspiration	21
II.2.6.1. Mesure directe	21

II.2.6.2. Mesure indirecte	25
II.3. Détermination de l'évapotranspiration potentielle par la formule de TURC	29
II.4. Détermination de l'évapotranspiration réel	30
II.5. Calcul des pluies efficaces.....	30
II.6. Calcul de la réserve utile (RU)	31
II.7. Calcul de la réserve facilement utilisable (RFU).....	32
II.8. Calcul de l'irrigation requise	32
II.9. Calcul du nombre d'arrosage.....	33
II.10. Détermination de la période d'arrosage de l'olivier.....	33
Conclusion.....	34
CHAPITRE III : Ressources et qualité des eaux d'irrigation.....	35
III.1. Introduction	35
III.2. Eaux souterraine.....	35
III.2.1. Définition des eaux souterraine.....	35
III.1.2. Type de nappe souterraine.....	35
III.1.2.1. Les nappes libres	35
III.1.2.2. Les nappes captives	35
III.3. Analyse physicochimique des eaux d'irrigation de l'olivier.....	36
III 3.1. Introduction	36
III.3.2. Echantillonnage	36
III.3.3. Matériels et méthodes d'analyse.....	36
III.3.3.1. Mesure du potentiel hydrogène (pH)	36
III.3.3.2. Mesure de conductivité	37
III.3.3.3. Manipulation avec des réactifs chimiques	38
III.3.3.4. Mesure avec Spectrophotomètre	39
Conclusion.....	41
CHAPITRE IV: Les techniques d'irrigation et dimensionnement du réseau	42
IV.1. Introduction.....	42
IV.2. Irrigation de surface	42
IV.2.1. L'irrigation par planche	42
IV.2.2. l'irrigation par bassin	44
IV.2.3. L'irrigation à la raie	45
IV.3. l'irrigation par aspersion	46
IV.4. L'irrigation par goutte à goutte	49
IV.5. Le choix de la technique d'irrigation	51
IV.5.1. Les conditions naturelle	51
IV.5.2. Les cultures pratiqués.....	52
IV.5.3. Les contraintes humaine.....	52

IV.5.4. Les contraintes économiques	52
IV.6. Calcule du régime d'irrigation	52
IV.6.1. Caractéristique des goutteurs	52
IV.6.2. Débit par olivier	53
IV.6.3. Calcule du débit fictif continu.....	53
IV.7.Etude technico-économique.....	54
IV.7.1.Calcul de diamètre économique.....	54
IV.7.1.1.Calcul de diamètre	54
IV.7.1.2.Calcul de la vitesse.....	55
IV.7.1.3. Les pertes de charge.....	55
Conclusion.....	58
CONCLUSION GENERALE	59
Références bibliographiques	61
Résumé.....	63