



FACULTE DE TECHNOLOGIE  
DEPARTEMENT D'HYDRAULIQUE  
*Laboratoire de Recherche en Hydraulique Appliquée et Environnement (LRHAE)*

## MÉMOIRE DE FIN DE CYCLE

Présenté par

**M. HAFIANE Ahmed Amine**  
**M. HADJRIOUA Bilal**

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

Option : **Hydraulique Urbaine**

**INTITULE:**  
**RESSOURCES EN EAU ET AMENAGEMENT HYDRO-AGRICOLE DANS LA ZONE DE SIDI-KHOULED (OUARGLA)**

Soutenu le **02/07/2015** devant le jury composé de :

- \_ Le président : M. SAOU A.
- \_ Le promoteur : M. CHENAFI A.
- \_ Examineur : M. LADJEL M.

# REMERCIEMENTS

Nous tenons à adresser nos remerciements les plus sincères à tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin lors de la réalisation de notre mémoire de fin cycle. Nous tenons à remercier en particulier notre encadreur Monsieur CHENAFI Azzedine pour le temps de qualité qu'il nous a consacré et les efforts considérables qu'il a fournis pour nous encadrer, nous soutenir, nous orienter ainsi que pour corriger notre travail et l'améliorer.

Nous remercions aussi, les ingénieurs de l'ANRH Ouargla de nous avoir encadrés lors de notre stage au niveau de leurs locaux, ainsi que les données qu'ils ont mises à notre disposition.

Nous tenons aussi à remercier les ingénieurs et techniciens du Laboratoire des Travaux Publics du Sud (LTPS) de nous avoir aidés pour la réalisation des analyses granulométriques, et nous avoir autorisés à disposer de tout leur matériel de laboratoire.

Nous remercions aussi l'Office National de Météorologie (ONM) pour les données météorologiques qu'ils nous ont fournies.

Sans oublier tous les enseignants qui nous ont enseignés lors de ces cinq dernières années, qui nous ont aidés et orientés sur le chemin de la science.

# Table des matières

---

<b>INTRODUCTION GENERALE</b> .....	<b>1</b>
<b>CHAPITRE I : ETUDE DU MILIEU</b> .....	<b>3</b>
<b>I.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE</b> .....	<b>3</b>
<b>I.2. GEOLOGIE</b> .....	<b>3</b>
<b>I.2.1. GENERALITES SUR LA GEOLOGIE DU SAHARA</b> .....	<b>3</b>
<b>I.2.2. GEOLOGIE DU SAHARA SEPTENTRIONAL</b> .....	<b>3</b>
<b>I.3. GENERALITES SUR LE PALMIER DATTIER</b> .....	<b>4</b>
<b>I.3.1. PRODUCTION UNITAIRE DU PALMIER DATTIER</b> .....	<b>4</b>
<b>I.3.2. INFLUENCE DU CLIMAT SUR LE PALMIER DATTIER</b> .....	<b>4</b>
<b>I.3.3. INFLUENCE DU SOL SUR LE PALMIER DATTIER</b> .....	<b>5</b>
<b>I.3.4. LES BESOINS EN EAU DU PALMIER DATTIER</b> .....	<b>5</b>
<b>I.4. ANALYSE DU SOL</b> .....	<b>6</b>
<b>I.4.1. CLASSIFICATION DES SOLS</b> .....	<b>6</b>
<b>1. LA CLASSIFICATION RUSSE</b> .....	<b>6</b>
<b>2. LA CLASSIFICATION AMERICAINE</b> . .....	<b>6</b>
<b>3. LA CLASSIFICATION DE LA FAO</b> .....	<b>6</b>
<b>4. LA CLASSIFICATION FRANÇAISE</b> . .....	<b>6</b>
<b>5. LA CLASSIFICATION EN USAGE EN ALGERIE</b> .....	<b>6</b>
<b>I.4.3. MATERIELS ET METHODES</b> .....	<b>7</b>
<b>I.4.4. RESULTATS ET ANALYSE</b> .....	<b>8</b>
<b>I.4.4.1. GRANULOMETRIE</b> .....	<b>8</b>
<b>I.4.4.2. ANALYSE PHYSICO-CHIMIE</b> : .....	<b>8</b>
<b>I.4.4.3. RESULTATS D'ANALYSE DU SOL D'APRES LES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b> .....	<b>9</b>
<b>I.5. ETUDE DU CLIMAT</b> .....	<b>10</b>
<b>I.5.1. GENERALITES</b> .....	<b>10</b>
<b>I.5.2. PLUVIOMETRIE</b> .....	<b>10</b>
<b>I.5.2.1. GENERALITE SUR LA PLUVIOMETRIE</b> .....	<b>10</b>
<b>I.5.3. DONNEES THERMIQUES</b> .....	<b>12</b>
<b>I.5.3.1. TEMPERATURE</b> .....	<b>12</b>
<b>I.5.3.2. TEMPERATURES MOYENNES MENSUELLES</b> .....	<b>12</b>
<b>I.5.3.3. LES MINIMAS ET MAXIMAS</b> .....	<b>14</b>
<b>I.5.3.4. LES AMPLITUDES THERMIQUES ANNUELLE ET MENSUELLE</b> : .....	<b>16</b>
<b>A. AMPLITUDE THERMIQUE ANNUELLE</b> .....	<b>16</b>
<b>B. AMPLITUDES THERMIQUES MENSUELLES</b> .....	<b>16</b>
<b>I.5.4. HUMIDITE RELATIVE MOYENNE-LES VENTS ET LEURS REPARTITIONS ANNUELLES</b> .....	<b>16</b>
<b>I.5.4.1. LES VENTS</b> .....	<b>16</b>
<b>I.5.4.2. L'HUMIDITE RELATIVE MOYENNE</b> .....	<b>17</b>
<b>I.5.5. CARACTERISTIQUES CLIMATIQUES</b> .....	<b>17</b>
<b>A. INDICE D'ARIDITE DE MARTONNE</b> .....	<b>18</b>
<b>1. L'INDICE D'ARIDITE ANNUEL</b> .....	<b>19</b>

2. L'INDICE D'ARIDITE MENSUEL .....	19
B. L'INDICE XEROTHERMIQUE DE GAUSSEN ET BAGNOULS 1957 .....	20
C. LE QUOTIENT PLUVIOMETRIQUE D'EMBERGER .....	22
1. CLIMAGRAMME D'EMBERGER.....	23
I.6. CONCLUSION .....	24

## CHAPITRE II : LES RESSOURCES EN EAU..... 26

II.1. INTRODUCTION .....	26
II.2. LES EAUX SOUTERRAINES .....	26
II.2.1. GENERALITES.....	26
II.2.1.1. LES EAUX SOUTERRAINES EN ALGERIE :.....	26
A. L'AQUIFERE DU COMPLEXE TERMINAL .....	27
B. L'AQUIFERE DU CONTINENTAL INTERCALAIRE.....	27
II.2.3. LES EAUX SOUTERRAINES DANS LA REGION D'OUARGLA:.....	29
II.2.4. LA NAPPE PHREATIQUE.....	30
A. CAUSES DE LA REMONTE DES EAUX .....	31
B. EFFETS NEFASTES .....	31
C. LA NAPPE PHREATIQUE DANS LA REGION D'OUARGLA .....	31
II.2.5. CAPTAGE ET EQUIPEMENT DES FORAGES.....	32
II.2.5.1. CARACTERISTIQUES DES FORAGES DANS LA ZONE D'ETUDE .....	32
II.2.5.2. LES FORAGES PROFONDS .....	33
D. PROGRAMME DE FORAGE .....	33
E. EXECUTION ET EQUIPEMENT .....	33
1. LE TUBE GUIDE .....	34
2. COLONNE DE CAPTAGE.....	34
F. L'EQUIPEMENT DE SURFACE .....	34
G. DEVELOPPEMENT.....	34
H. ESSAIS DE DEBITS .....	35
II.2.5.3. FORAGE AU COMPLEXE TERMINAL .....	35
A. EXECUTION ET EQUIPEMENT :.....	35
1. LE TUBE GUIDE .....	35
II.3. LES EAUX DE SURFACE .....	36
II.3.1. GENERALITE.....	36
II.3.2. LES EAUX SUPERFICIELLES DANS LA REGION D'OUARGLA.....	36
II.4. QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX :.....	37
II.4.1. QUALITE DES EAUX .....	37
II.4.2. QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES DANS LE SAHARA.....	37
II.4.3. QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES DANS LA REGION D'OUARGLA .....	38
II.4.4. QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX SOUTERRAINES DANS LA ZONE D'ETUDE .....	38
II.4.5. CLASSIFICATION DES EAUX D'IRRIGATION .....	40
II.5. CONCLUSION.....	42

## CHAPITRE III : LES BESOINS EN EAU..... 43

III.1. INTRODUCTION .....	43
III.2. ESTIMATION DE L'EVAPOTRANSPIRATION.....	43
III.2.1. DEFINITION DE L'EVAPOTRANSPIRATION.....	43
III.2.2. METHODES D'EVALUATION DE L'EVAPOTRANSPIRATION : .....	44
III.2.2.1. MESURE DIRECTE .....	44
III.2.2.2. MESURES INDIRECTES.....	45
A. LA FORMULE DE TURC :.....	45
B. FORMULE DE THORNTHWAITE : .....	46
C. FORMULE DE PENMAN .....	46
D. FORMULE DE BLANEY-CRIDDLE .....	47
E. AUTRES FORMULES.....	48
III.2.3. CALCUL DE L'EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE PAR TURC ET PENMAN.....	48
III.2.4. CALCUL DE L'EVAPOTRANSPIRATION REELLE.....	51
III.3. CALCUL DES PLUIES EFFICACES : .....	51
III.4. CALCUL DE LA RESERVE UTILE (RU).....	52
III.5. CALCUL DE LA RESERVE FACILEMENT UTILISABLE (RFU) .....	52
III.6. CALCUL DE L'IRRIGATION REQUISE : .....	53
III.7. CALCUL DU NOMBRE D'ARROSAGE MENSUEL .....	54
III.8. CONCLUSION CHAPITRE 3 :.....	55

## CHAPITRE IV : TECHNIQUES D'IRRIGATION ..... 57

IV.1. DEFINITION D'IRRIGATION : .....	57
IV.2.1. LES DIFFERENTS TYPES D'IRRIGATION GRAVITAIRE .....	58
IV.2.1.1. L'IRRIGATION A LA RAIE.....	58
IV.2.1.2. L'IRRIGATION PAR PLANCHE .....	59
IV.2.1.3. L'IRRIGATION PAR BASSIN .....	60
IV.2.1.4. L'IRRIGATION PARTIELLE DE LA RHIZOSPHERE .....	60
IV.2.2. L'IRRIGATION D'ASPERSION : .....	60
LES AVANTAGES D'IRRIGATIONS PAR ASPERSION : .....	61
IV.2.2.1. LES INCONVENIENTS D'IRRIGATION PAR ASPERSION : .....	61
IV.2.2.2. LES TYPES D'IRRIGATION PAR ASPERSION.....	61
A . L'ASPERSION TRADITIONNELLE .....	61
B. L'ASPERSION MECANISEE .....	62
1. LE SYSTEME DE RAMPE PIVOTANTE.....	62
2. LE SYSTEME DE RAMPE FRONTALE .....	63
3. LA MICRO-ASPERSION : .....	63
4. L'IRRIGATION PAR ENROULEUR : .....	63
IV.2.2.4. INTENSITE MOYENNE DE LA PLUIE ARTIFICIELLE.....	64
IV.2.3. L'IRRIGATION GOUTTE-A-GOUTTE .....	64
IV.2.3.1. ÉQUIPEMENT DU SYSTEME : .....	65
IV.2.3.2. LES AVANTAGES : .....	65
IV.2.3.3. LES INCONVENIENTS : .....	66
IV.2.4. LES CONDITIONS NATURELLES .....	66
IV.2.5. LES CULTURES PRATIQUEES : .....	67
IV.2.6. LES CONTRAINTES HUMAINES : .....	67
IV.2.7. LES CONTRAINTES ECONOMIQUES : .....	67

<b>IV.3. CALCUL DU REGIME D'IRRIGATION .....</b>	<b>67</b>
<b>IV.3.1. CALCUL DU NOMBRE DE GOUTTEUR PAR PALMIER.....</b>	<b>69</b>
<b>IV.3.2. DEBIT PAR PALMIER .....</b>	<b>70</b>
<b>IV.3.3. DEBIT TOTAL.....</b>	<b>70</b>
<b>IV.4. DIMENSIONNEMENT DE LA PARCELLE .....</b>	<b>70</b>
<b>IV.5. CALCUL DU TEMPS D'ARROSAGE.....</b>	<b>72</b>
<b>CONCLUSION GENERALE.....</b>	<b>75</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>77</b>

# Liste des figures

---

## Chapitre I : Etude du milieu

FIGURE I.1. VARIATION INTERANNUELLE DE LA PLUVIOMETRIE DES ANNEES 1995-2005 .....	10
FIGURE I.2 : PRECIPITATIONS MOYENNES MENSUELLES 1995 A 2005.....	12
FIGURE I.3. TEMPERATURES MOYENNES MENSUELLES DE 1995 A 2005.....	14
FIGURE I.4 : TEMPERATURES MOYENNES MINIMAS ET MAXIMAS DE 1995 A 2005 .....	15
FIGURE I.5. DIAGRAMME OMBRO-THERMIQUE DE GAUSSEN POUR LA REGION D'OUARGLA....	22
FIGURE I.6. CLIMAGRAMME PLUVIO-THERMIQUE D'EMBERGER POUR LA STATION D'OUARGLA .....	24

## CHAPITRE II : Les ressources en eau

FIGURE II.1. COUPE HYDROGEOLOGIQUE DU SAHARA ALGERIEN.....	28
FIGURE II.2 VOLUMES SOUTIRES POUR L'IRRIGATION DANS LA REGION D'OUARGLA .....	30
FIGURE II.3. EXPLOITATION DES FORAGES DANS LA REGION DE SIDI-KHOULED.....	32
FIGURE II.4. PROFONDEUR DES FORAGES DANS LA REGION DE SIDI-KHOULED.....	33
FIGURE II.5. FICHE TECHNIQUE DE REALISATION D'UN FORAGE DANS LA REGION DE SIDI- KHOULED .....	36
FIGURE II.6. CONCENTRATION MOYENNE DES ELEMENTS CHIMIQUES MAJEURS DISSOUS DANS LE CT ET LE CI.....	38
FIGURE II.7. DIAGRAMME DE CLASSIFICATION DES EAUX D'IRRIGATION.....	41

## Chapitre III : Les Besoins en eau

FIGURE III.1. EVAPOTRANSPIRATION DE LA PLANTE.....	43
FIGURE III.2. SCHEMA DE L'EXPERIENCE POUR LA MESURE DIRECTE DE L'EVAPOTRANSPIRATION .....	44
FIGURE III.3. L'EVAPOTRANSPIRATION PAR LA FORMULE DE PENMAN ET PAR LA FORMULE DE TURC .....	49
FIGURE III.4. CORRELATION LINEAIRE ENTRE L'EVAPOTRANSPIRATION PAR PENMAN ET LA TEMPERATURE MOYENNE MENSUELLE .....	50
FIGURE III.5. CORRELATION LINEAIRE ENTRE L'EVAPOTRANSPIRATION PAR TURC ET LA TEMPERATURE MOYENNE MENSUELLE .....	50
FIGURE III.7. IRRIGATIONS REQUISES EN MM/MOIS.....	54
FIGURE III.8. REGIME D'IRRIGATION ANNUEL.....	56

## Chapitre IV : Techniques d'irrigation

FIGURE IV.1 .LES DIFFERENTES TECHNIQUES D'IRRIGATIONS .....	57
FIGURE IV.2 : IRRIGATION A LA RAIE PAR SIPHON.....	58
FIGURE IV.3. L'IRRIGATION PAR GAINES SOUPLES .....	59
FIGURE IV.4. IRRIGATION PAR PLANCHE. ....	60
FIGURE IV.5. L'IRRIGATION PAR ASPERSION .....	62
FIGURE IV.6. REPRESENTER L'IRRIGATION PAR RAMPE PIVOTANTE.....	63
FIGURE IV.7. SCHEMA DE L'ENROULEUR .....	64

<b>FIGURE IV.8. SCHEMA D'UN SYSTEME CLASSIQUE D'IRRIGATION AU GOUTTE-A-GOUTTE.....</b>	<b>66</b>
<b>FIGURE IV.9. PHOTOS ET SCHEMA DES GOUTTEURS ENTERRES .....</b>	<b>69</b>
<b>FIGURE IV.10. SCHEMA DE LA PARCELLE. ....</b>	<b>69</b>
<b>FIGURE IV.11. SCHEMA DE LA PARCELLE EN 3D .....</b>	<b>71</b>
<b>FIGURE IV.12. SCHEMA D'EMPLACEMENT DES CERCEAUX .....</b>	<b>72</b>



# Liste des tableaux

---

## Chapitre I : Etude du milieu

TABLEAU I.1. RESULTATS GRANULOMETRIQUE PAR TAMISAGE .....	8
TABLEAU I.2. ANALYSE CHIMIQUE SOMMAIRES DU SOL .....	8
TABLEAU I.3. ANALYSE GRANULOMETRIQUE ET PHYSICO-CHIMIQUE DU SOL .....	9
TABLEAU I.4 : PRECIPITATIONS MOYENNES MENSUELLES 1995-2005 .....	11
TABLEAU I.5. TEMPERATURES MOYENNES ANNUELLES DE 1995 A 2005.....	13
TABLEAU I.6. TEMPERATURES MOYENNES DES MAXIMAS ET MINIMAS 1995 A 2005.....	15
TABLEAU I.7. MOYENNE MENSUELLE DES VITESSES DE VENT MOYEN STATIONS D'OUARGLA (EN M/S) .....	17
TABLEAU I.8. HUMIDITE MOYENNE RELATIVE DANS REGION D'OUARGLA .....	17
TABLEAU I.9. CLASSIFICATION DES TYPES DE CLIMAT EN FONCTION DE L'INDICE D'ARIDITE DE MARTONNE .....	18
TABLEAU I.10. INDICE D'ARIDITE MENSUEL DE MARTONNE.....	19
TABLEAU I.11. CLASSIFICATION DES REGIMES XEROTHERMIQUES.....	20
TABLEAU I.12. EQUIVALENCE DE L'HUMIDITE DE L'AIR EN JOURS PLUVIEUX DANS LA REGION D'OUARGLA.....	21

## CHAPITRE II : Les ressources en eau

TABLEAU II.1 : REPARTITION DES FORAGES DANS LA REGION D'OUARGLA .....	29
TABLEAU II.2. RESULTATS DE L'ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX.....	39

## Chapitre III : Les Besoins en eau

TABLEAU III.1. COEFFICIENT D'AJUSTEMENT MENSUEL .....	46
TABLEAU III.2. L'EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE PAR LA FORMULE DE TURC .....	48
TABLEAU III.3. L'EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE PAR LA FORMULE DE PENMAN.....	49
TABLEAU III.4 : RESULTATS DE CALCUL DE L'EVAPOTRANSPIRATION REELLE.....	51
TABLEAU III.5 : RESULTATS DE CALCUL DE LA PRECIPITATION EFFICACE.....	52
TABLEAU III.6 : RESULTATS DE CALCUL DE L'IRRIGATION REQUISE MENSUELLE POUR LE PALMIER DATTIER .....	53

## Chapitre IV : Techniques d'irrigation

TABLEAU IV.1 : REPARTITION DU TEMPS D'IRRIGATION.....	73
TABLEAU IV.2. PROGRAMME D'IRRIGATION ANNUEL.....	74

# INTRODUCTION GENERALE

---

L'agriculture a été depuis longtemps au centre de développement de toutes nations et civilisations. Dans le Sahara Algérien, l'agriculture la plus répandue a été depuis toujours celle du palmier dattier. Ce dernier, joue un rôle socio-économique très important pour le développement de la région, étant donné son utilisation très variable. Le palmier dattier présente une très forte résistance à la chaleur et aux vents et les conditions extrêmes se qui lui permet de s'adapter au milieu Saharien. Cependant, la région d'Ouargla est caractérisée par la sécheresse tout au long de l'année, avec une pluviométrie ne dépassant pas les 55 mm annuellement ainsi qu'une aridité et des températures très élevées. L'ensemble de ces conditions climatiques justifie le recours à l'irrigation. Le problème qui se pose est que dans la plus part des cas l'irrigation est effectuée traditionnellement ce qui implique le gaspillage des ressources d'eau souterraines, principale source d'eau dans la région, qui est non renouvelable ou faiblement renouvelable. Ainsi que, la participation à la remontée des eaux de la nappe phréatique (nappe libre) qui porte préjudice au sol et par conséquent à l'agriculture.

Nous essaierons à travers notre travail à répondre à la problématique de l'aménagement des périmètres agricoles dans la commune de Sidi Khouiled (Ouargla) pour l'irrigation du palmier dattier, et cela en optimisant au maximum les pertes d'eau et une utilisation rationnelle des ressources en eau dans le but de la préserver et de diminuer la remontée des eaux de la nappe phréatique.

L'irrigation est par définition l'intervention de l'Homme afin d'apporter un apport d'eau aux cultures durant la période sèche.

Un aménagement hydro-agricole d'une région consiste à intervenir sur parcelle agricole afin de mettre en place un réseau d'irrigation calculé sur la base des besoins en eau des cultures.

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 souterraine et les eaux superficielles.

De nombreux travaux de recherche ont été faits sur le domaine de l'irrigation en générale, et sur l'agriculture dans les zones arides, parmi lesquels on citera les travaux de M. KHARDRAOUI .A : Eau et impacts environnementaux dans le Sahara Algérien, Sol et hydraulique agricole dans les Oasis Algériennes, des éditions OPU. Ainsi, que de nombreux autres travaux de recherche tels que la thèse de Doctorat de M. AIDAOUI .S, sur les ressources en eau et aménagement hydro-agricole dans la région de Biskra « Ziban », université de Nancy. L'ensemble de ces ouvrages serviront comme base de données bibliographiques dans notre travail.

Nous avons divisé notre travail en quatre chapitres : Etude du milieu, Etude climatique, les ressources en eau et les besoins en eau et les techniques d'irrigation. Chaque chapitre dispose d'une partie théorique ou bibliographie qui sert de base de donnée pour la deuxième partie, qui

est la partie calcul ou pratique, dans laquelle on fait ressortir les résultats sous forme de tableau et graphiques ainsi que leurs analyses et interprétations.

Le premier chapitre est consacré à l'étude du milieu de la zone de Sidi-Khouiled, située à l'Est du chef lieu de la wilaya d'Ouargla, à savoir sa situation géographique, géologique et pédologique. Nous parlerons aussi dans ce chapitre de généralités sur le palmier dattier. La deuxième partie du chapitre 1 porte sur l'étude du climat. Nous étudierons le climat de la région d'Ouargla en se basant sur les données météorologiques de la station d'Ouargla obtenues au près de l'office national de météorologie (l'ONM). Ainsi, nous mettons en évidence les différentes tendances du climat régional et une analyse basée sur les indices climatique.

Le chapitre 2, quant à lui est consacré à l'énumération des différentes ressources en eau dans la région, leurs captages, qualitatifs et quantitatifs ainsi que les caractéristiques générales. Nous verrons aussi l'influence de ces eaux sur l'agriculture sur la base d'une analyse physico-chimique des eaux de la région de Sidi-Khouiled.

Dans le chapitre trois nous aborderons le noyau de notre étude à savoir l'estimation des besoins en eau pour l'irrigation des palmerais. Sur la base des données propre au palmier et en utilisant des formules empiriques (PENMAN, TURC, ...) pour le calcul de l'évapotranspiration.

Dans le dernier chapitre, on expliquera 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

La commune de Sidi Khouiled est une commune de la wilaya d'Ouargla. Elle est située à 7,5 km du chef lieux de la wilaya. Elle est limitée par le nord ainsi que l'est par la commune de Hassi Ben Abdellah, par le Sud par la commune d'Ain Beida et par l'Ouest par les communes d'Ouargla et de Ruissat. D'une altitude moyenne de 149 m au-dessus du niveau de la mer. Les coordonnées moyennes sont les suivantes : Latitude: **31.9798**, Longitude: **5.41841**. D'une superficie de 131,00 Km<sup>2</sup>. Le nombre d'habitant est de 8803 habitants.

## I.2. Géologie

### I.2.1. Généralités sur la géologie du Sahara

Le Sahara est un grand désert formé de vastes étendues sableuses, (dunes) de matériaux caillouteux (ergs) et de massifs (Hoggar). Le Sahara est constituée d'un socle précambrien où repose une grande formation sédimentaire.

Ces formations sont regroupées dans plusieurs unités géomorphologiques. Qui subdivisent le Sahara en quatre :

- \_ Chott Melhrir
- \_ Sahara septentrional
- \_ Hoggar et Tassili
- \_ Saoura et Tindouf

La zone de notre étude appartient au Sahara septentrional.

### I.2.2. Géologie du Sahara septentrional

Le Sahara septentrional est ou le Bas Sahara est constitué par une série de dépôts alternativement marin et continentaux déposés dans le vaste bassin sédimentaire séparé par d'épaisses séries évaporites ou argileuses, soit :

- \_ L'ensemble inférieur (anti-cénomaniens) contient de puissantes série continentales d'âge du crétacé inférieur (continental Intercalaire).
- \_ L'ensemble supérieur (sénonien inférieur) contient plusieurs niveaux marins et se termine par une épaisse série continentale sableuse, d'âge Moi-Pliocène.

Le Bas Sahara a une altitude comprise entre 24 et 200 m. le socle de cette formation est surmonté par les grés primaires et au-dessus se trouvent les grés du continental Intercalaire (albien) ensuite viennent s'ajouter une stratification marine du sénonien et de l'éocène et par une autre de type continental Mio-Pliocène.

La litho stratigraphie de ce bassin ce caractérise par trois principales formations :

- \_ Formation de terrain paléozoïque affleurant à l'Est du grand Erg occidental et au Sud par le Tassili.
- \_ Formation de terrain Mésozoïque et début du cénozoïque, c'est en cette période que la région est émergée par la mer, ce qui a induit une accumulation de sable et d'argile continentaux intercalaire.

- Formation de dépôts du tertiaire et du quaternaire, qui renferme une série sédimentaire du Barrémien Triasique.

C'est sur la base des coupes des forages réalisés dans la région qu'a été déterminé la stratigraphie des formations géologiques et qui sont principalement les suivantes : Le Néocomien, barrémien, l'albien, cénonanien, turonien, sénonien lagunaire, sénonien carbonaté, l'éocène, Miocène et le quaternaire (KHADRAOUI .A. 2007).

### **I.3. Généralités sur le palmier dattier**

Le palmier dattier est un élément essentiel de l'écosystème oasien. Il joue un important rôle, dû non seulement à son importance économique, mais aussi à son adaptation écologique permettant, d'une part, d'assurer une protection nécessaire à des cultures sous-jacentes contre les vents chauds et secs, et d'autre part, de contribuer à la lutte contre l'ensablement. Par ailleurs, le palmier dattier produit des fruits riches en éléments nutritifs, fournit un grand nombre de produits secondaires et génère des revenus nécessaires à la survie des habitants des oasis. Malgré tous ces avantages.

#### **I.3.1. Production unitaire du palmier dattier**

La production unitaire du palmier dattier est très variable, elle varie en effet sous l'influence de nombreux facteurs : cultivar, âge des plantes, climat, sol, conditions d'exploitation, état phytosanitaire...etc. On observe aussi pour certains cultivars une alternance plus ou moins prononcées ; le cultivar (Rhars) d'Algérie est particulièrement sujet à ce phénomène, et aucune pratique effectuée, taille sévère des palmes, limitation du nombre de régimes, réduction des irrigations...etc. n'a permis de décaler le cycle de production.

Le dattier atteint son développement normal vers la deuxième année, sa production se maintient pendant de nombreuses années, puis elle décroît. La chaleur influe sur la production, celle-ci est d'autant plus élevée que les facteurs thermiques se rapprochent des conditions idéales ; en zone marginale de culture, le dattier a en général une production plus faible. En tablant sur les statistiques de production et les déclarations ou évaluations du nombre de dattiers exploités, les rendements unitaires moyens mondiaux s'établiraient de 20 kg. Dans certains pays où la culture du dattier est menée industriellement, aux U. S. A. notamment, ou dans les pays où les conditions d'exploitation sont favorables, les rendements sont élevés ; dans les palmeraies californiennes, ils ont atteint des rendements unitaires de 100 kg et parfois davantage étaient couramment observés. En Egypte, la production unitaire moyenne est de 60 kg.

Dans les palmeraies industrielles de l'Oued Rhir, les rendements pour les trois principaux cultivars : Déglat Nour, Rhars, Dégela Beida, vont de 50 à 75 kg de dattes.

#### **I.3.2. Influence du climat sur le palmier dattier**

De nombreuses études ont montré que l'activité végétative du palmier dattier se manifeste à partir d'une température de + 7 à + 10 °C, selon les individus, les cultivars et les conditions climatiques locales. Entre 10 et 40 °C, le palmier est en activité végétative. Il atteint son maximum d'activité vers 30 à 38 °C. Au-delà de 38 à 40 °C, l'activité végétative décroît rapidement. Il tolère des maxima de 56 °C pendant plusieurs jours sans paraître en souffrir.

lorsqu'il est normalement alimenté en eau, mais ce n'est qu'une résistance l'activité végétative est arrêtée.

Le palmier est une plante héliophile, qui aime le soleil. La disposition des folioles sur les palmes facilite la photo synthèse. Une trop forte densité de plantation empêche la pénétration des rayons du soleil jusqu'au sol. La lumière est tamisée par le couvert des palmiers et les jets tendent vers la lumière et s'effilent en poussant du cœur. La densité de plantation doit donc être calculée en tenant compte de cette caractéristique.

Les pluies ont une action néfaste sur la période de floraison, surtout lorsqu'elles sont violentes, Elles entraînent le pollen, abaissent la température et nuisent à une bonne fécondation des fleurs. Elles provoquent également des phénomènes de coulure et favorisent les maladies cryptogamiques. Sur les fruits plus âgés, elles provoquent de nombreux dégâts : éclatement de l'épiderme, noircissements, fermentations, moisissures ou maladies, comme le « nez noir ».

Le palmier résiste bien aux vents si l'alimentation hydrique est suffisante, mais divers accidents sont provoqués par leur action. Ils favorisent la pollinisation s'ils sont légers. Mais, s'ils sont violents, ils entraînent le pollen, provoquent la chute des fruits, cassent les hampes des régimes et occasionnent des traumatismes sur les fruits, de la nouaison à la maturation. Les vents les plus dangereux sont les vents chauds et desséchants, qui provoquent l'échaudage. Les dattes sont saisies et mûrissent trop rapidement : les fruits peuvent être fripés et sont alors fortement dépréciés. Cependant, le palmier dattier présente une très forte résistance aux vents comparé aux autres cultures, la raison pour laquelle les Oasis du palmier sont dans la plus part des cas accompagnés de cultures sous-jacentes, généralement des cultures maraichères, car le palmier sert lui-même comme brise vent aux cultures sous-jacentes.

### **I.3.3. Influence du sol sur le palmier dattier**

Le palmier dattier s'accommode des sols de formation désertique et subdésertique, très divers, qui constituent les terres cultivables de ces régions. De ce fait, il est considéré comme une espèce fruitière peu exigeante et utile là où d'autres plantes se développeraient difficilement. On le trouve donc depuis les sables presque purs jusqu'aux sols à forte teneur en argiles. Ainsi, le choix des zones de plantation est strictement dépendant des ressources hydriques et des possibilités d'utilisation de ces ressources. La qualité physique essentielle des sols des palmeraies est la perméabilité, qualité d'autant plus importante lorsque des eaux à forte teneur en sels sont utilisées pour irriguer.

### **I.3.4. Les besoins en eau du palmier dattier**

Pour une production végétale importante, dans un milieu si aride, l'eau doit être fournie par une irrigation abondante, dont le volume nécessaire est aussi fonction de facteurs tels que :

- \_ la nature et la texture du sol ;
- \_ la qualité de l'eau fournie ;
- \_ la protection contre les vents ;
- \_ la densité de plantation ;
- \_ l'âge de la plantation ;
- \_ la présence ou non d'une nappe phréatique ;
- \_ la présence ou non de cultures sous-jacentes ;

— les conditions climatiques, c'est-à-dire l'aridité et les variations saisonnières. Tous ces facteurs font qu'il est difficile de déterminer de façon rigoureuse le volume d'eau à fournir pour la vie et la production du dattier, sinon d'après les calculs fondés sur l'évapotranspiration. Seule l'observation peut déterminer, ou confirmer, le rythme et le volume des doses à appliquer (G. TOUTAIN).

#### **I.4. Analyse du sol**

L'analyse du sol a été réalisée au près du Laboratoire des Travaux Publics du Sud (LTPS), de la granulométrie et de l'analyse physico-chimique du sol.

##### **I.4.1. Classification des sols**

Les classifications pédologiques les plus utilisées dans le monde sont principalement :

1. **La classification russe** : l'auteur de cette première classification est le docteur DOKOUTCHAIEV. Elle est à la fois une classification pédologique intrinsèque et extrinsèque, ses caractères de profil et de pédogenèse caractérise cette classification. Elle est basé sur le concept génétique, où les sols sont considérés comme des corps naturels, elle prend en compte surtout les facteurs de classification suivant :
  - Classifications basée sur les propriétés des sols. Mais aussi de la particularité de leur répartition et de leur gisement.
  - Classification basée sur les facteurs pédogénétiques avec l'influence prédominante de certains paramètres.
  - Classifications basée essentiellement sur les propriétés génétiques ou les processus de pédogenèse
2. **La classification américaine** : les sols de cette classe sont regroupés d'après un ensemble de caractères mesurables (physico-chimiques et morphologiques), traduisant une parenté génétique (utilise les horizons de diagnostic). Cette classification se distingue par six catégories d'unités Taxonomique, qui sont : ordre, sous ordre, groupes, sous-groupes, familles et séries.
3. **La classification de la FAO** : sur l'initiative de cette organisation des Nations unies (UNU), il a été entrepris une classification des sols, qui compte toutes les classifications utilisées de part le monde à l'échelle du 1/5000000<sup>e</sup>.
4. **La classification française** : est une classification essentiellement morphogénétique. Elle tient compte des facteurs de genèse, et des caractéristiques morphologiques des profils.
5. **La classification en usage en Algérie**, reprend la classification française, édition 1967, élaborée par la commission de la pédologie de France, avec quelques modifications pour l'adapter dans la paysse notamment par l'Agence Nationale des Ressources Hydraulique (ANRH) structure sous tutelle du Ministère chargé de l'hydraulique, dont la grande majorité des études a été réalisé par cette organisme.

Cette classification a été adoptée avec quelque modification qui ne touche en rien aux principes de cette classification, les changements apportés consistent en l'ajout de sous-groupes à certains groupes de sols pour marquer à ce niveau certains phénomènes, qui ne peuvent afficher certains sols.

Les types des sols décrit et analysée dans les différentes régions sahariennes à l'intérieur ou à l'extérieur de la palmeraie, se regroupent généralement dans seulement six grandes classes pédologiques, avec des caractères secondaires, qui sont mis en évidence au niveau des unités majeurs ou mineurs de la classification. Ces cinq classes pédologiques sont les suivantes :

- Classe de sols minéraux butés
- Classe des sols peu évolués
- Classe des sols halomorphes
- Classe des sols hydro morphes
- Classe des vertisols

#### I.4.3. Matériels et méthodes

L'analyse granulométrique que nous avons effectuée sert à déterminer la distribution en poids des particules d'un matériau suivant leurs dimensions. Les essais ont été effectués au niveau du laboratoire des travaux publics du sud quartier Boughoufala Ouargla.

- ❖ **Essai :** Analyse granulométrique, Méthode par tamisage à sec après lavage, selon la norme : NF P94-056 (Mars 1996).

L'essai consiste à fractionner au moyen d'une série de tamis un matériau en plusieurs catégories de grains décroissants. Réalisé soit manuellement soit à l'aide d'un vibrotamis : notre essai a été réalisé avec un tamisage manuel.

Quartage : afin que l'échantillon soit représentatif. Prise d'essais conformément à la formule : (avec  $D$  est le diamètre estimé du plus gros grain)

$$200 D < P < 600 D$$

- ❖ Les différentes étapes de suivi de notre essai s'articulent comme suit:

- Peser l'échantillon
- Imbiber l'échantillon dans un récipient
- Eliminer les fines par lavage continue (tamis 0,08 mm) jusqu'à ce qu'il ne reste que les éléments propres
- Sécher le matériau dans une étuve réglée à 105°C, pour les matériaux non gypseux.
- Tamiser l'échantillon en versant ce dernier au sommet d'une série de tamis et en les agitant.
- Recueillir le refus de chaque tamis et le peser dans une balance de portée pesant en gramme prés.
- Rapporter les poids des différents refus dans un tableau
- Calculer le pourcentage de refus de chaque tamis
- Etablir la courbe granulométrique.



#### I.4.4. Résultats et analyse

Remarquons que le nombre total d'essai que nous avons réalisé est de deux essais, faute de temps nous avons exploité des données granulométriques sur la région de Sidi Khouiled obtenues auprès du LTPS (Laboratoire des Travaux Publiques du Sud). Il aurait été préférable d'effectuer plusieurs essais et faire une étude statistique afin de confirmer les résultats en établissant un protocole expérimentale avec plusieurs répétitions pour répondre aux objectifs du projet.

##### I.4.4.1. granulométrie

L'analyse granulométrique nous a permis de connaître le type de notre sol. En se référant au triangle des textures, ce dernier est un sol sableux. Le type de notre sol nous permettra de connaître les capacités limites en termes de stockage de l'eau dans le sol et aussi, les seuils limites de la réserve de l'eau dans le sol afin de pouvoir bien gérer l'irrigation avec un contrôle et un suivi permanent en se basant sur les seuils limites de la teneur en eau du sol à savoir la teneur en eau du sol au point de la capacité de rétention et la teneur en eau du sol au point de flétrissement.

Les résultats des essais sont rapportés dans le tableau I.1 ci-dessous en pourcentage.

**Tableau I.1. Résultats granulométrique par tamisage**

Essais	Gravier %	Gros sable %	Sable Fin %
1	6	81	13
2	8	76	16
3	8	72	20
4	5	47	48
5	7	43	50
6	3	77	20
<b>moyenne</b>	<b>6,17</b>	<b>66,00</b>	<b>27,83</b>

##### I.4.4.2. Analyse physico-chimie :

Les résultats de l'analyse physico-chimique ont été effectués pour les insolubles qui représentent une forte présence sur les trois échantillons varient de 88,93 % à 94,89%. On constate aussi une présence de gypses allons de 2,37 % à 2,96% qui rend le sol agressive vis-à-vis de certains bétons. Ainsi qu'une faible présence de carbonates, parfois nulle exemple de l'échantillon n°1, et qui peut atteindre les 3%.

**Tableau I.2. Analyse chimique sommaires du sol**

Sondages		01	02	03
Profondeur (m)		0_3	0_3	0_3
Analyses chimiques sommaires	% insolubles	94,89	88,93	94,5
	% gypses	2,37	2,96	2,67
	% Carbonates	0	3	2

### I.4.4.3. Résultats d'analyse du sol d'après les références bibliographiques

D'autres analyses sur le même sol et la même région d'Ouargla effectuées par (KHADRAOUI .A. 2008) et ce ; sur différents profondeurs de 0-25cm, 25-60cm et au de la de 60cm. Sont rapporter dans (tableau I.3) ci-dessous en fonction des profondeurs.

On constate que, pour des profondeurs allons de 0 à 25 cm le sol est frais à humide de couleur brune, de texture sableuse à sableux limoneuse faiblement enraciné, consistance et cohésion faibles, poreux avec quelques efflorescence blanchâtre de sels, limite nette irrégulière. Pour les profondeurs comprises entre 25 et 60 cm, de même que le précédent, mais plus humide à mouillé, de texture sableuse à structure fondé et bien enraciné avec des taches d'hydro-morphie, présentant une limite nette irrégulière. Au-delà de 60 cm, on atteint le niveau de la nappe phréatique.

Les analyses effectués qui sont utiles et nécessaires, permettent de tirer des conclusions pratiques sur les techniques à employer (apports d'engrais, d'amendements calciques) et constituent aussi des points de repère indispensables pour juger de l'évolution des paramètres, et donc du résultat des pratiques employées sur une parcelle.

**Tableau I.3. Analyse granulométrique et physico-chimique du sol**

	Profondeurs	
	0_25 cm	25_60 cm
argile %	0	0
limon fin %	18	8
limon grossier %	5	5
sable fin %	42	47
sable grossier %	22	25
matières organique %	0,87	0,2
carbone %	4,1	3,5
azote %	0,3	0,14
phosphore T %	0,6	0,59
phosphore ASS %	73	130
potasse T %	1,93	1,21
potasse ASS %	75	18
PH	8,2	8,12
Conductivité Elecmmhos/cm	46,84	12,77

Le tableau ci-dessus montre clairement la faiblesse de notre sol vis-à-vis des éléments majeurs pour le palmier à savoir le calcium, l'azote le phosphore le potassium et le magnésium. Les racines puisent dans la solution du sol ces éléments majeurs (Ca, N, P, K, Mg...) et les oligo-éléments qui sont indispensable à la nutrition du palmier dattier afin de produire un fruit de bonne qualité. Sur les deux profondeurs des essais on enregistre un taux vraiment faible en potassium. Cette carence en potassium se manifeste par une réduction de la croissance du végétal et qui peut être corrigée par l'apport d'engrais potassiques. En terme de teneur en phosphore ; notre sol nécessite des amendements en phosphore particulièrement l'azote et d'autres. L'apport

de ces éléments nutritifs doit se faire d'une attention particulière suivant le cycle végétatif et les normes en termes de dosage.

## I.5. Etude du climat

### I.5.1. Généralités

Dans ce chapitre nous allons étudier les caractéristiques du climat dans la région d'Ouargla à partir des données obtenus au niveau de l'Office National de Météorologie ONM de station d'Ouargla, altitude 144 m, longitude 05° 24 E, latitude 31° 56 N, la période de 1995 à 2005. Ainsi, on calcule les indices climatiques afin de définir le type et les caractéristiques annuel et mensuelle du climat. Les résultats obtenus dans ce chapitre seront utilisés dans l'estimation des besoins en eau à apporter aux cultures.

### I.5.2. Pluviométrie

#### I.5.2.1. Généralité sur la pluviométrie

D'une manière générale la pluviométrie dans la région d'Ouargla est faible et irrégulière, avec une moyenne d'environ 50 mm par an. Cette pluviométrie se caractérise par des écarts inter annuels et inter mensuels importants. A titre d'exemple, 106 mm en été enregistrés en 1957 et seulement 11 mm en 1954. La moyenne annuelle pour la série des années de 1942 à 1960 est de 46 mm, alors que pour la série des années de 1978 à 1987 est de 27 mm en moyenne avec un maximum en 1957 de 57 mm et un minimum en 1981 de 6,2 mm (KHADRAOUI .A, 2007).

#### I.5.2.2. Pluviométrie moyenne annuelle et mensuelle

A partir des données pluviométriques obtenues au près de l'ONM de la série des années 1995-2005 de la région d'Ouargla, nous allons calculer dans ce qui suit la pluviométrie moyenne interannuelle et la pluviométrie moyenne annuelle. Le graphe I.1 illustre les pluviométries annuelles en mm de la série des années de 1995-2005.

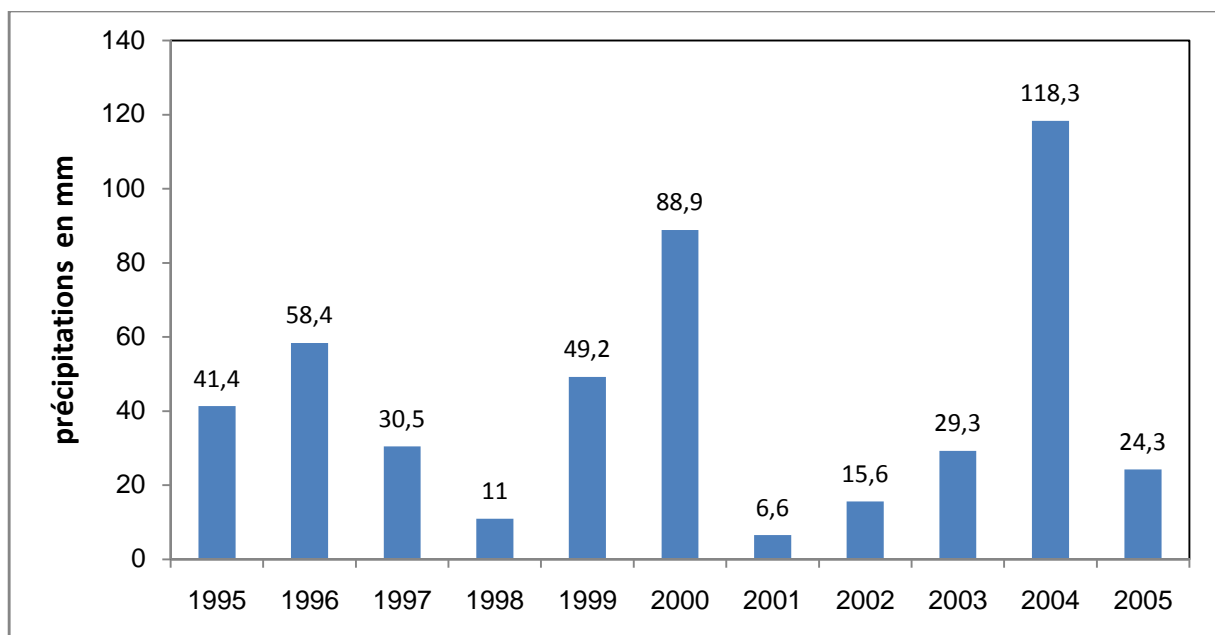


Figure I.1.Variation interannuelle de la pluviométrie des années 1995-2005

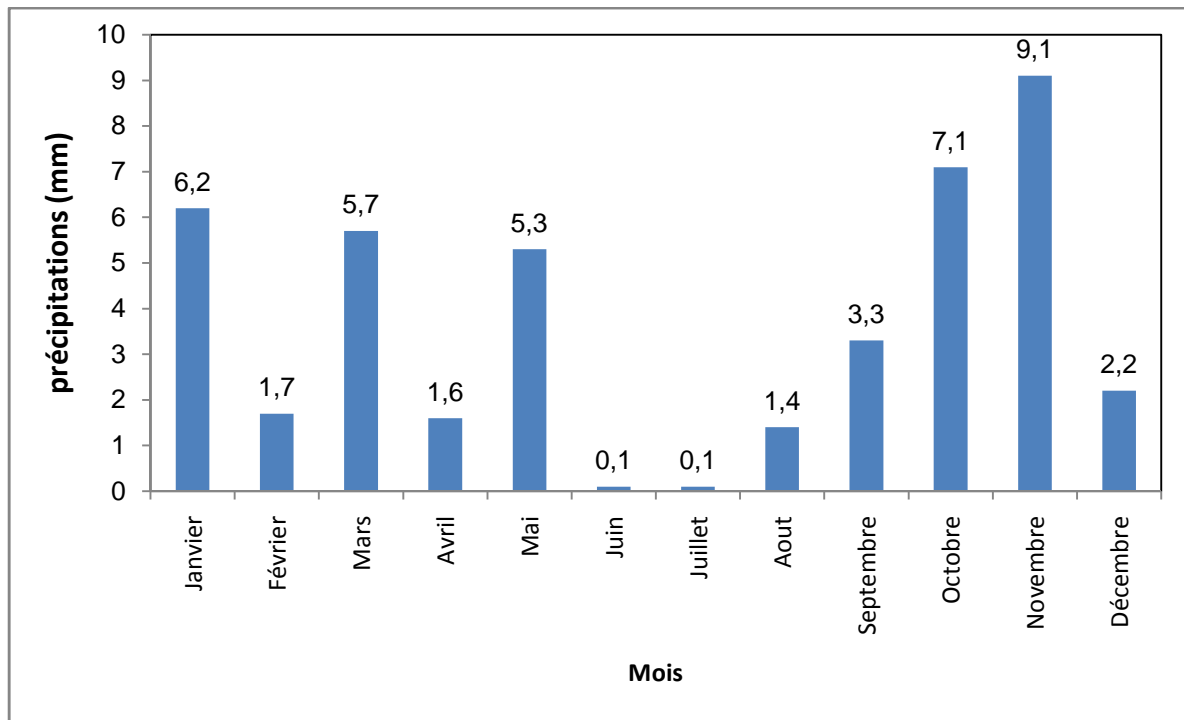
A partir du graphisme précédent on constate clairement le caractère irrégulier de la pluviométrie au niveau de la région d'Ouargla. Pour la série des années de 1995 à 2005, il a été enregistré des pluviométries variant de 6,6 mm en 2001, une année très sèche, jusqu'à des pluviométries maximales de 118,3 mm en 2004. Cependant, la pluviométrie dans la région d'Ouargla demeure très faible comparée aux zones du centre et du nord du pays. Ce faible taux de pluviométrie et le caractère irrégulier inter annuel est la raison pour laquelle on recourt à l'irrigation pour apporter l'apport d'eau nécessaire aux plantes.

Dans le tableau I.4 nous avons les données relatives aux précipitations moyennes mensuelles et annuelles de la période 1995-2005, d'un totale annuel moyen de (43.0) mm se répartissent comme suit:

**Tableau I.4 : précipitations moyennes mensuelles 1995-2005**

Années	Mois												Pluviométrie Annuel
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
1995	0,6	0	16,5	0	1,8	0	0	0	11,4	4,5	2,3	4,3	41,4
1996	23,6	6,7	15	1,6	0,9	0	0,7	0	8,7	0	0	1,2	58,4
1997	2	4	0	5,1	0	0,1	0,1	0,3	8,1	7,9	1	1,9	30,5
1998	0	0,1	2,1	2,8	0	1	0	0	0,2	3,6	1	0,2	11
1999	19	0,8	0	0,6	0	0	0,7	0	0,8	0,1	23	4,2	49,2
2000	0,2	0	1	1	51,1	0	0	0	0	36,5	9,9	0	88,9
2001	0,2	0	0	0,5	0	0	0	0	1,1	0,6	0,4	3,8	6,6
2002	0,1	0	0	0,1	5	0	0	2,5	2,6	2,6	2,7	0	15,6
2003	15,6	6,4	6,2	0,1	0	0	0	0	0	0,4	0,3	0,3	29,3
2004	6,5	0,1	21,9	5,5	0	0,2	0	13,1	0,1	19,6	43,3	8	118,3
2005	0,2	0,1	1	0	0	0,1	0	0	3,2	2,1	17,4	0,2	24,3
<b>moyenne</b>	<b>6,2</b>	<b>1,7</b>	<b>5,7</b>	<b>1,6</b>	<b>5,3</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>1,4</b>	<b>3,3</b>	<b>7,1</b>	<b>9,1</b>	<b>2,2</b>	<b>43</b>

En utilisant les données rapportées dans le (tableau I.4) précédent on trace (la figure I.2) ci-dessous qui représente les précipitations moyennes mensuelles sur une période de 11 ans. Cela permettra de bien comprendre la répartition mensuelle des précipitations. Et de déterminer les mois les plus pluvieux.



**Figure I.2 : Précipitations moyennes mensuelles 1995 à 2005**

Le graphisme (figure I.2) ci-dessus illustre clairement l'irrégularité des précipitations durant l'année. Avec des minimums de 0,1 mm atteints durant la saison estivale, les mois de Juin et Juillet, et un maximum mensuel de 9,1 mm, mois de Novembre.

La pluviométrie dans la région d'Ouargla est caractérisée aussi par des averses de courtes durées et d'intensité très importante, qui provoque dans la plus part du temps des dégâts considérable sur la végétation. Dans le cas du palmier dattier les averses qui surviennent durant le printemps qui coïncide avec la période de reproduction sont très dangereuses et peuvent provoquer la perte des récoltes.

### **I.5.3. Données thermiques**

#### **I.5.3.1. Température**

Les températures dans les régions sahariennes sont très élevées et présentent une contrainte importante pour le choix des cultures. Les fortes températures (maxima), notamment en été peuvent dépasser les 50° C et ce, au même titre que dans région d'Ouargla (KHARDRAOUI .A, 2007). On peut conclure d'après la série d'observations pour la période de (1995) à (2005), tableau I.6, la moyenne annuelle est de 23.5°C, le maxima absolue mensuel est de 45.2°C et la moyenne des minima est de 16.2°C (période de (1995) à (2005)), tableau I.5.

#### **I.5.3.2. Températures moyennes mensuelles**

On appelle les températures moyennes mensuelles, les demi-sommes du maxima et minima mensuel. Ces températures permettent de voir, entre autre la persistance du froid et de la chaleur du mois, mais aussi le caractère thermique de chaque station. (AIDAOUI .S, 1994).

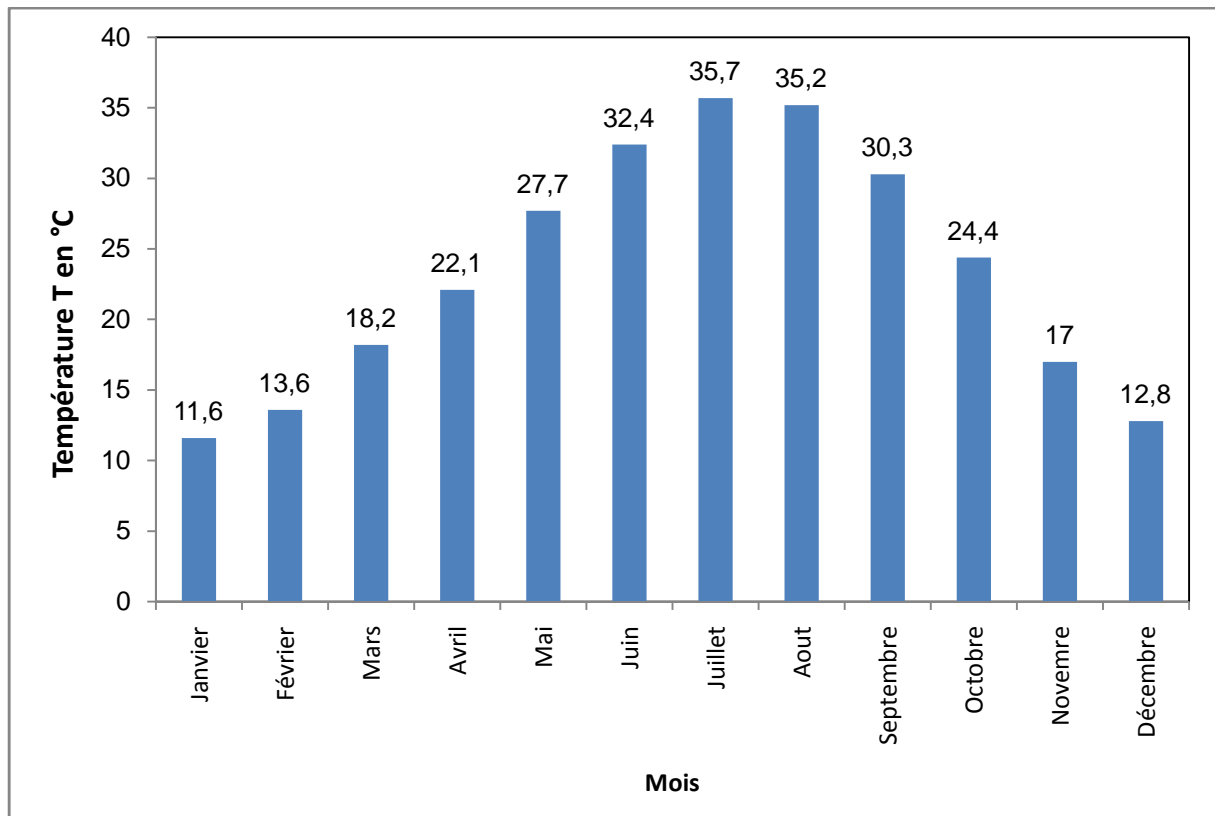
Les moyennes mensuelles sont considérées par les statisticiens, en tant que données à tendance centrale, c'est-à-dire qu'elles ne donnent qu'une idée sur la situation moyenne des températures.

C'est pourquoi l'étude des températures extrêmes est très importante dans notre région, elles nous renseignent sur le caractère de dispersion de ces données. (AIDAOUI .S, 1994)

**Tableau I.5. Températures moyennes annuelles de 1995 à 2005.**

Années	Mois												Temp, Moy Annuel
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
1995	10,8	15,4	16,8	19,7	27,7	31,8	35,5	35,2	29,2	22,6	17	14,4	23
1996	14,2	13,2	18	21,8	26,3	29,6	33,7	35,9	29	21	16,9	14,5	22,9
1997	13	14,4	16	20,1	27,8	34,9	36,2	34,5	29	23,9	17,8	13,7	23,5
1998	11,7	14,3	16,6	23,1	26,1	31,9	34,8	34,7	31,8	21,5	16,2	10,1	22,8
1999	11,6	12,2	17,9	23,1	30,5	35,2	35,9	37,3	32	26,8	16,3	11,5	24,3
2000	9,2	13,2	18,5	23,6	28,8	31,3	35,1	33,3	30,2	21,9	9,9	14,3	23,6
2001	12,3	13	21,9	21,7	27,5	33,1	36,4	35,3	32,2	28	17,4	11,7	24,3
2002	10,1	14,2	19,4	22,5	27,7	32,4	36,6	35,3	30,6	23,6	17,9	13,9	23,7
2003	12,5	12,7	16,6	22,9	28,2	32,3	37	34	30,2	27,2	17,4	12,2	23,7
2004	12,5	15,4	19,3	22,2	24,7	31,8	34,2	36,2	28,9	26,3	15,4	13,4	23,4
2005	9,6	11,6	19,1	22,5	29	32,6	37,4	35,1	30,1	25,5	18,1	11,3	23,5
Moyenne	11,6	13,6	18,2	22,1	27,7	32,4	35,7	35,2	30,3	24,4	17	12,8	23,5

A partir du tableau précédent nous traçons la figure (I.3) qui représente un histogramme des températures moyennes mensuelles calculées à partir des données d'un échantillon d'années de onze ans.



**Figure I.3. Températures moyennes mensuelles de 1995 à 2005**

A partir des données du tableau I.6 et la figure I.3 précédents, on observe des variations des températures moyennes mensuelles allant de 11,6 °C comme minimum, le mois de Janvier, à des maximums moyens mensuelles de 35,7°C atteint dans la saison de l'été, mois de Juillet.

La caractéristique qui n'est pas donnée dans la figure précédente est la grande amplitude thermique entre le jour et la nuit, car durant la saison estivale la température peut parfois dépasser le seuil des 50°C, et descendre la nuit jusqu'à des températures de 25°C.

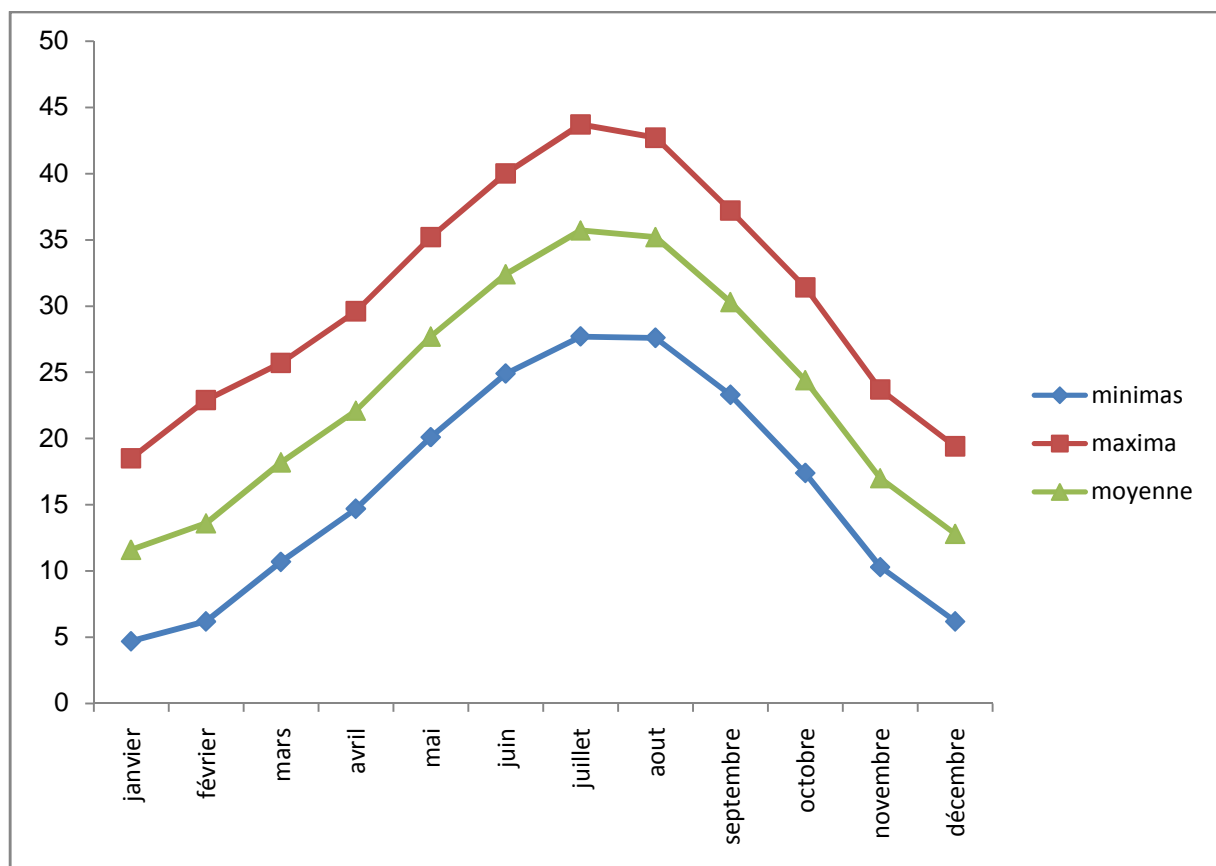
### **I.5.3.3. Les minimas et maximas**

Dans le tableau I.6 il y a les températures moyennes mensuelles des minimas et des maximas, il y est mentionné aussi les amplitudes thermiques mensuelles. La moyenne des maximas d'un moi est la somme des températures maximales journalières du mois par le nombre de jour dans le moi. Pour une série de plusieurs années, la moyenne mensuelle des maximas d'un moi donnée est la moyenne des maximas de ce moi. Par le même principe on calcule la moyenne mensuelle des minimas pour un échantillon de plusieurs années.

**Tableau I.6. Températures moyennes des maxima et minima 1995 à 2005**

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<b>Minima</b>	4.7	6.2	10.7	14.7	20.1	24.9	27.7	27.6	23.3	17.4	10.3	6.2
<b>Maxima</b>	18.5	22.9	25.7	29.6	35.2	40.0	43.7	42.7	37.2	31.4	23.7	19.4
<b>Moyenne</b>	11.6	13.6	18.2	22.1	27.7	32.4	35.7	35.2	30.3	24.4	17	12.8
<b>Amplitude</b>	13.8	16.7	15	14.9	15.1	15.1	16	15.1	13.9	14	13.4	13.2

Les amplitudes thermiques entre les moyennes mensuelles des maxima et des minima est assez importante. Elles varient de 13.2°C le mois de décembre à 16 °C durant le mois de Juillet. Cette amplitude importante est due à la nature du climat sec avec des taux d'humidités très faibles, cette caractéristique exprime la continentalité du climat et est expliquer dans le titre suivant. La figure I.4 ci-dessous est la représentation graphique du tableau I.6.

**Figure I.4 : températures moyennes minimales et maximales de 1995 à 2005**



#### **I.5.3.4. Les amplitudes thermiques annuelle et mensuelle :**

Les amplitudes thermiques mensuelles et annuelles sont les indices de la continentalité du climat d'une station.

##### **A. Amplitude thermique annuelle**

Elle est définie par la différence entre les températures moyennes du mois le plus chaud et celle du mois le plus froid, elle caractérise le degré de continentalité du climat (AIDAOUI .S, 1994). A partir du tableau I.7, le moi le plus froid est le mois de Janvier (11.6°C) et le mois le plus chaud est le mois de Juillet (35.7°C), donc l'amplitude thermique annuelle est de 24.1°C.

##### **B. Amplitudes thermiques mensuelles**

Elle se calcule en faisant, la différence entre les températures maximum et celles des températures minimum du mois considéré. (AIDAOUI .S, 1994). Les résultats de calculs des amplitudes thermiques mensuelles sont dans le (tableau I.7).

#### **I.5.4. Humidité relative moyenne-Les vents et leurs répartitions annuelles**

##### **I.5.4.1. Les vents**

La Wilaya d'Ouargla comme toutes les régions du sud du pays se distingue par des vents relativement fréquents avec des vitesses importantes, de Mars à fin Juin, ce qui provoque des vents de sable, qui soufflent généralement pendant une moyenne de 6,6 par an. La direction dominante du vent est d'Est- Sud-ouest. Alors que le Sirocco est fréquent à partir du mois de Juin et la direction des vents est d'Est-Sud- Est (KHADRAOUI .A, 2007).

##### **A. Répartition annuel des vents**

Le tableau I.7 ci-dessous, illustre la moyenne mensuelle des vitesses du vent moyen en (m/s) de la station d'Ouargla, altitude : 144 m, latitude : 31° 56 N, longitude : 05° 24 E, pour la période de 1995 à 2005. La région d'Ouargla comme la plus part des zones Sahariennes est caractérisée par des vents forts, surtout durant le printemps et l'été. C'est vents violant sont principalement du à l'absence des reliefs.

A partir du tableau ci-dessous, on observe des vitesses minimales des vents enregistrées durant les mois d'hivers, avec un minimum de 2,8 m/s pour les mois de Novembre, décembre et Janvier. La vitesse maximale est enregistrée durant le mois de Mai, 4,9 m/s.

Les vents des mois du printemps sont très importants pour la reproduction du palmier dattier, son lesquels la production du palmier sera faible.

L'été dans les zones Saharienne est caractérisé par des vents secs et violant appelés aussi les Siroco, des vents secs et très chauds qui soufflent du Sahara sur le sud de la méditerranée occidentale lorsque des basses pressions règnent entre les Baléares et l'Algérie.

**Tableau I.7.** Moyenne mensuelle des vitesses de vent moyen stations d'Ouargla (en m/s)

Année	Mois												Moyenne Annuelle
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
1995	2,8	2,6	4,2	5,1	5	5,9	5,1	4,5	5	4,1	2,7	3	4,2
1996	3,3	3,9	3,7	5	4,8	5,1	4,3	3,9	3,5	2,2	1,9	2,4	3,6
1997	2,2	2,2	3,2	3,9	4,3	4,1	3,7	3,3	3,5	2,3	2,8	2,9	3,2
1998	2	2,8	2,5	3,9	4,5	5,3	4,9	4,9	5	5	3,4	3,3	4
1999	4,1	4,7	5	5,6	5,2	4,8	4,8	4,5	5,9	4,5	3,8	3,3	4,7
2000	2,4	3,4	4,4	5,7	5,1	4,1	4,6	4,4	4,4	3,4	3,9	2,2	4
2001	2,5	2,3	3,4	3,9	5,1	4,5	4,2	3,4	4,2	2,9	2,8	3	3,5
2002	2,4	2,6	3,2	4,4	4,7	3,6	4,9	4,2	3,5	3	2,9	1,9	3,5
2003	3,3	4,1	3,8	4,6	4,7	4	3,9	4,1	3,6	3,4	2,5	3,6	3,8
2004	2,8	3,7	4,4	3,8	5,5	4,5	3,8	3,5	3,8	3,6	2,7	2,9	3,7
2005	2,8	3,9	4,8	5,1	4,4	4,8	3,8	3,7	4,4	3,3	2,9	2,4	3,8
<b>Moyen</b>	<b>2,8</b>	<b>3,3</b>	<b>3,9</b>	<b>4,6</b>	<b>4,9</b>	<b>4,6</b>	<b>4,4</b>	<b>4</b>	<b>4,3</b>	<b>3,4</b>	<b>2,8</b>	<b>2,8</b>	<b>3,8</b>

#### I.5.4.2. L'humidité relative moyenne

La région d'Ouargla se caractérise par un climat sec avec un taux d'humidité relative moyen de l'air variant de 24% à 62%. Les valeurs les plus basses se trouvent dans les mois d'été à savoir 27% en juin et Aout et 24% durant le mois de juillet (tableau I.9). Par contre les valeurs les plus élevés se situent durant les mois de Novembre à Février avec des taux d'humidité relative variant de 52% à 62%. L'humidité relative est un paramètre climatique fondamental pour la plante et les arbres fruitiers, par le biais du déficit de pression de vapeur d'eau DPV qui est une fonction dépendante de l'humidité relative ; cette dernière peut avoir des effets sur le statut hydrique du palmier.

Le tableau I.8 ci-dessous illustre l'humidité moyenne relative dans la région d'Ouargla calculée pour la période de 1995 à 2005

**Tableau I.8.** Humidité moyenne relative dans région d'Ouargla

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Annuel
Moyennes (%)	62	52	43	36	33	27	24	27	38	47	52	62	42

#### I.5.5. Caractéristiques climatiques

Dans cette partie nous allons utiliser les données rapportées précédemment pour décrire les principales tendances climatiques dans la région d'Ouargla. Pour cela nous recourons au calcul des indices climatiques pour faire ressortir les tendances du climat, ses caractéristiques et décrire

ces variations. Il existe dans la littérature d'innombrables indices climatiques, qui sont spécifiques à différentes régions. Le cas des régions arides on a souvent recours à l'indice d'aridité de Martonne, l'indice xérothermique de Gaussen et Bagnouls et celui d'Emberger qui illustre la relation existante entre la température et la pluviométrie pour la détermination des périodes de sécheresse.

### I.5.5.1. Les indices climatiques

Dans toutes les études sur l'agriculture, il est primordial de faire une étude climatique afin de déterminer l'influence du climat locale sur l'agriculture. Dans ce cadre on a souvent recours aux indices climatiques.

L'indice climatique, en climatologie, est à la fois une mesure de base et une composition à partir de ces mesures qui doit être bien différenciée de l'indicateur climatique, valeur quantitative ou qualitative, donc parfois adimensionnelle, caractérisant l'état d'un système de façon indirecte.

Dans ce qui suit nous verrons les définitions des certains de ces indices climatiques, ainsi que leurs calculs pour la région de Ouargla afin de déterminer le type de climat.

#### A. Indice d'aridité de Martonne

L'auteur de l'indice est Emmanuel de Martonne en 1926. L'indice d'aridité de Martonne, noté **I**, cet indice permet de déterminer le degré d'aridité d'une région. Pour le calculer, on utilise la formule

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

Où : **P** : Précipitations totales annuelles en mm

**T** : Température moyenne annuelle en °C

Pour calculer l'indice d'aridité mensuel on utilise la formule suivante :

$$I = 12 * \frac{p}{t + 10}$$

Où

**p** : Précipitations totales mensuelle en mm

**t** : Température moyenne mensuelle en °C

En se basant sur ses propres résultats Martonne a fait une classification des différents types du climat en fonction de l'indice d'aridité, ainsi que le genre de végétation adéquate pour chaque type de climat. (Le tableau I.9) rapporte la classification des climats en fonction de l'indice d'aridité de Martonne.

**Tableau I.9. Classification des types de climat en fonction de l'Indice d'Aridité de Martonne**

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	Humide	Forêts

La valeur géographique de la fonction d'aridité tient à ce qu'elle représente la synthèse des deux éléments les plus importants du climat. La température de l'air est déjà une fonction synthétique déterminée par le rayonnement solaire, la latitude, les conditions topographiques, l'altitude et est d'autre part le facteur principal de l'évaporation (DE MARTONNE .E, 1926).

L'indice d'aridité est susceptible d'applications à bien des questions de géographie physique et même économique. Il permet de répondre à la question qu'est-ce qu'un climat sec? Qu'est-ce qu'un mois sec? Ce qu'on ne peut faire avec les seules moyennes pluviométriques. L'aridité plus ou moins grande intéresse l'hydrographie, la végétation, les cultures (DE MARTONNE .E, 1926).

### 1. L'indice d'aridité annuel

A partir des données précédentes nous avons la température moyenne annuel dans région d'Ouargla de la période 1995-2005 est **23,5°C**. La pluviométrie annuelle est de **43 mm**, à partir de ces données on calcule l'indice d'aridité de Martonne :

$$I = \frac{P}{T + 10} = \frac{43}{23.5 + 10} = 1.28$$

L'indice d'aridité annuelle est compris entre 0 et 5, donc le climat d'Ouargla est de type **Hyper aride**.

### 2. l'indice d'aridité mensuel

L'indice d'aridité mensuel est donné par la formule :

$$I = 12 * \frac{P}{T + 10}$$

Où P : précipitation mensuelle, T : température moyenne mensuelle

Le tableau I.10 représente les indices d'aridité de Martonne mensuelles calculés à partir des températures moyennes mensuelles et précipitations mensuelles citées précédemment.

**Tableau I.10. Indice d'aridité mensuel de Martonne.**

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Précipitation en mm	6,2	1,7	5,7	1,6	5,3	0,1	0,1	1,4	3,3	7,1	9,1	2,2
Température moyenne en ° C	11,6	13,6	18,2	22,1	27,7	32,4	35,7	35,2	30,3	24,4	17	12,8
l'indice d'aridité	3,44	0,86	2,43	0,6	1,69	0,03	0,03	0,37	0,98	2,48	4,04	1,16

En observant les résultats du tableau précédent nous constatant que les indices d'aridité mensuelle de Martonne sont tous compris entre 0 et 5 donc selon la classification de Martonne de l'aridité, tous les mois de l'année dans la région d'Ouargla sont hyper arides.

### B. L'indice xérothermique de Gaussen et Bagnouls 1957

Il est destiné à fournir des indications sur la période de sécheresse. Parmi les divers climats mondiaux, certains présentent une longue période de sécheresse coïncidant avec les températures les plus hautes aux lieux considérés. Dans une synthèse biologique bien faite, ce facteur peut presque suffire à lui seul pour caractériser un climat. L'indice xérothermique est par définition : le nombre de jours secs à travers les mois secs consécutifs (GAUSSEN .H, BAGNOULS .F, 1952).

On appelle par convention, mois sec un mois où :

- \_ Il tombe moins de 10 mm d'eau avec une température moyenne inférieure à 10°.
- \_ Il tombe moins de 25 mm d'eau avec une température comprise entre 10° et 20°.
- \_ Il tombe moins de 50 mm d'eau avec une température comprise entre 20° et 30°.
- \_ Il tombe moins de 75 mm d'eau avec une température supérieure à 30°. »

Ceci convenu, nous compterons au cours des mois secs consécutifs le nombre de jours « p » sans pluie. Ce ne sont pas nécessairement des jours biologiquement secs. Les jours de brouillard ou de rosée seront comptés pour une demi-journée. Pour tenir compte de l'humidité relative H (état hygrométrique), nous convenons que :

- \_ si  $H < 40$ , les jours sont secs ;
- \_ si  $40 < H < 60$ , un jour compte pour 9/10 ;
- \_ si  $60 < H < 80$ , un jour compte pour 8/10 ;
- \_ si  $80 < H$  un jour compte pour 7/10.

Nous obtiendrons ainsi, après compensation, **la durée de la période de sécheresse constituant l'indice xérothermique**. Il est utile de remarquer que dans ce calcul il est tenu compte de l'humidité atmosphérique dont le rôle sur la végétation est considérable. (GAUSSEN .H, BAGNOULS .F, 1952)

**Tableau I.11. Classification des régimes xérothermiques**

L'indice xérothermique (X)	Région xérothermique
$X < 40$ j	Région européenne méditerranéenne
$40 \text{ j} < X < 100 \text{ j}$	Chêne du liège
$100 \text{ j} < X < 150 \text{ j}$	Prédominance du pin des Alpes,
$150 \text{ j} < X < 200 \text{ j}$	Essences très xérophiles, la steppe des hauts plateaux, mêlée à des cultures temporaires
$200 \text{ j} < X < 300 \text{ j}$	La steppe des hauts plateaux
$300 \text{ j} < X$	Désert

L'indice xérothermique associé à d'autres facteurs climatiques, donne des résultats très intéressants dans une étude climatique.

Le nombre de jours de pluie mesurables ou tracés par année est de 21,5 jours et le nombre de jours de pluie mensuelle supérieur ou égale à 0,1 mm est de 11,8 jours en moyenne (KHADRAOUI .A, 2007).

Afin de déterminer le nombre de jours pluvieux durant l'année, il est important de prendre en compte l'influence de l'humidité, équivalent en jours pluvieux, en fonction de la norme citée précédemment. Le tableau I.12 représente l'équivalent en jours pluvieux due à l'humidité.

**Tableau I.12. Equivalence de l'humidité de l'air en jours pluvieux dans la région d'Ouargla**

mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
humidité en %	62	52	43	36	33	27	24	27	38	47	52	62
jour compte	0,2	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,2
équivalent en jours pluvieux	6,2	2,8	3,1	0	0	0	0	0	0	3,1	3	6,2

La somme des jours pluvieux de tous les mois nous donne 24.4 jour. Donc le nombre de jours pluvieux durant l'année est :

$$N_{plu} = 21,5 + 24,4 = 45,9 \text{ jour/an.}$$

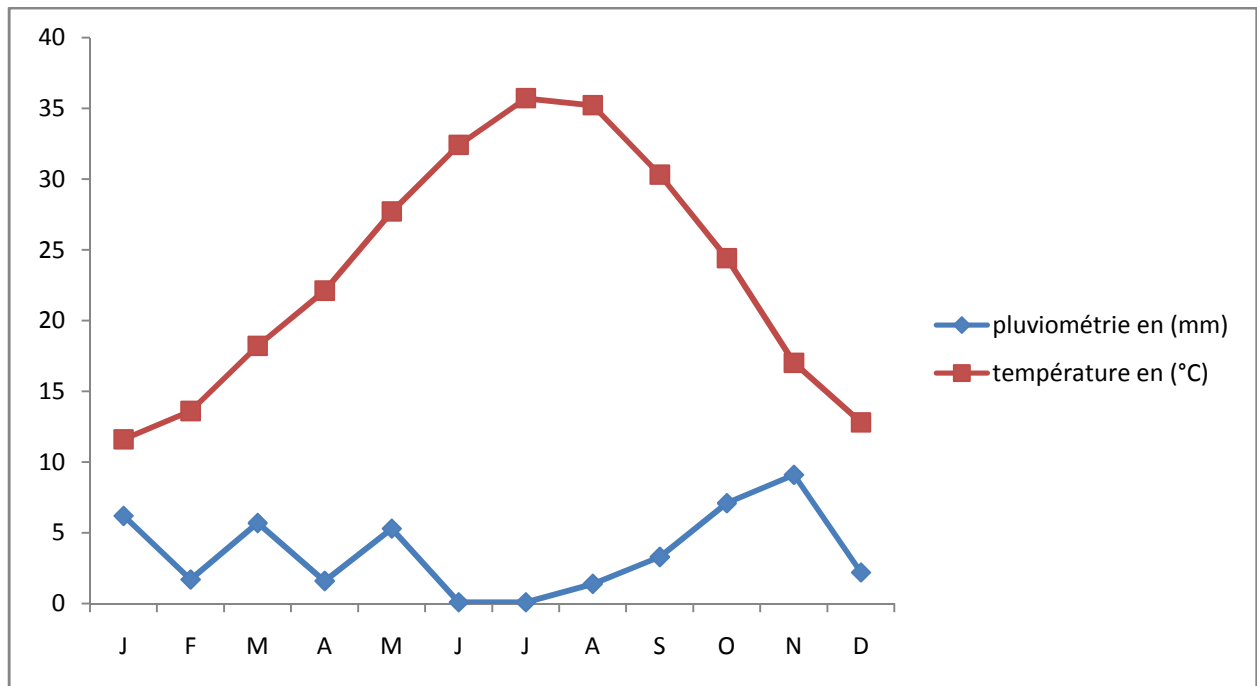
L'indice xérothermique (X) étant le nombre de jours secs dans l'année, donc :

$$X = 365 - 45.9 = 319.1 > 300$$

Donc, en se référant à la norme, page précédente, le climat est désertique. Nous avons pu observée précédemment que la pluviométrie est très faible ne dépassant pas les 43 mm comme moyenne annuelle, cette pluviométrie est répartis un petit nombre de jour avec des intensités élevés. Ce résultat vient confirmer le résultat obtenu par le calcul de l'indice de Martonne sur le caractère aride et sec de la région d'Ouargla.

Gausсен a mis en place un diagramme qui permet de déterminer la longueur de la période sèche, c'est le diagramme ombro-thermique de Gausсен. Il fait intervenir les deux paramètres les plus essentiels dans l'étude du climat à savoir la température moyenne mensuelle et les précipitations moyennes mensuelles. La période sèche est la largeur de l'aire d'intersection des deux courbes, des températures et des précipitations.

La figure I.5 est la représentation du diagramme ombro-thermique de Gausсен pour la station d'Ouargla.



**Figure I.5. Diagramme ombro-thermique de Gausсен pour la région d'Ouargla.**

On constate que pour tout les mois de l'année la courbe de pluviosité est inférieure à celle des températures, donc on conclut que l'année toute entière est sèche.

### C. Le quotient pluviométrique d'Emberger

Dès l'origine de ses travaux, Emberger a cherché une expression synthétique du climat méditerranéen. On ne peut utiliser dans ce système de caractérisation que les données de la pluviométrie et des températures, car se sont les seuls qui soient disponibles dans toutes les postes météorologiques.

« La vie végétale se déroule entre deux pôles thermiques, la moyenne des minimas du mois le plus froid ( $m$ ) et le moyenne des maximas du mois le plus chaud ( $M$ ) : ce qui implique qu'une station est d'autant plus sèche que le rapport  $P/(1/2(M + m))$  est plus petit. (DAGET .P, 1977)

Le quotient pluviométrique d'Emberger est donné par l'expression suivante (GAUSSEN .H, BAGNOULS .F, 1952) :

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

Où :

**P** : représente le total annuel des précipitations en mm,

**M** : la moyenne des températures des maximas du mois le plus chaud °K ;

**m** : la moyenne des températures des minimas du mois le plus froid °K.

(M et m sont exprimés en degré absolu.)

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. C'est dans ce sens que Stewart (1969, 1975) a montré que pour l'Algérie, le quotient pluviométrique d'Emberger, 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).

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 .A, 2011).

A partir du tableau I.6 des températures moyennes mensuelles, nous avons le mois le plus chaud est le mois de Juillet avec une température moyenne de 37,5° C et le mois le plus froid est le mois de Janvier 11,2° C. à partir du tableau I.7 nous avons M est M=43.7°C et la valeur de m est de m=4.7°C. A partir du tableau (I.5), la pluviométrie moyenne annuelle est de P=43 mm.

$$Q = \frac{2000P}{M^2 - m^2} = 2000 \times \frac{43}{316,85^2 - 277,85^2} = 3,71 \left(\frac{mm}{^\circ K}\right)$$

En appliquant la formule de Stewart pour le calcul du quotient pluviométrique pour l'Algérie nous obtenons :

$$Q = \frac{3.43P}{M - m} = 3.43 \times \frac{43}{43,7 - 4,7} = 3,78 \left(\frac{mm}{^\circ K}\right)$$

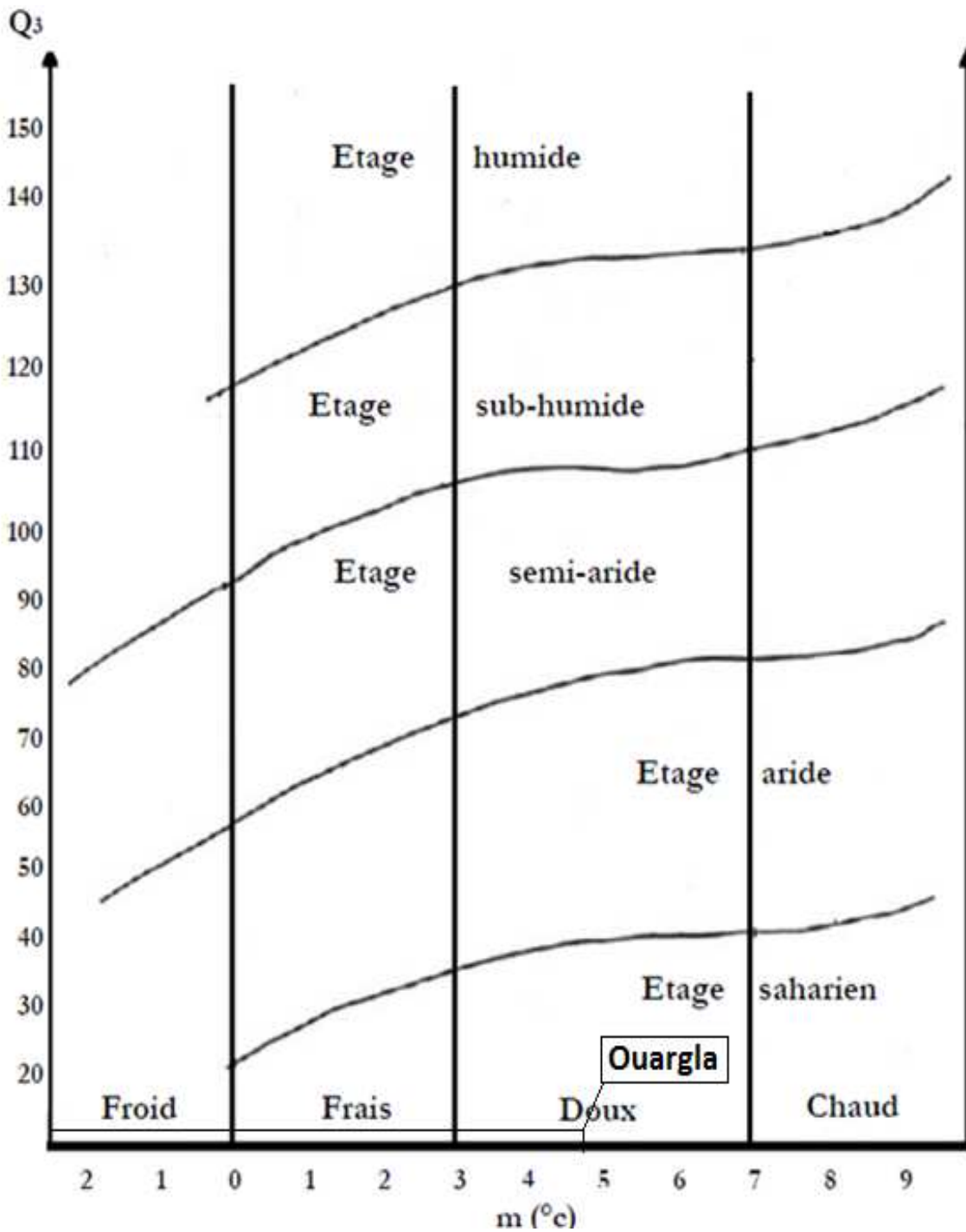
## 1. Climagramme d'Emberger

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

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

Le climagramme d'Emberger est formé en mettant Q dans l'axe des ordonnées et m dans l'axe des abscisses. La figure I.5 représente le climagramme pluvio-thermique d'Emberger ainsi que le positionnement de la station d'Ouargla. Nous avons pour la station d'Ouargla, m=4,7 °C et Q=3,78 mm/°K<sup>2</sup>. la station d'Ouargla est située dans l'étage Saharien.





g

**Figure I.5. Climagramme pluvio-thermique d'Emberger pour la station d'Ouargla**

Avec son quotient pluvio-thermique de 4.7, la région d'Ouargla est située sur le climagramme d'Emberger dans l'étage Saharien. Le climat Saharien se caractérise par son aridité et des températures très élevées durant l'été avec une pluviométrie très faible et irrégulière.

**Conclusion**

La région d'Ouargla se caractérise comme l'ensemble du bas Sahara par un climat de type désertique, dont les amplitudes thermiques entre les maxima et les minima sont très importantes et par une pluviométrie très faible. L'humidité de l'air est très faible en hiver, elle

peut dépasser légèrement les 50%. Aussi, la pluviométrie se caractérise par son aspect irrégulier comme le montre la figure II.1 la variation de la pluviométrie est importante entre une année et une autre. A partir des indices climatiques nous pouvons conclure que le climat dans la région d'Ouargla est Hyperaride tout le long de l'année, désertique et Saharien. L'irrigation dans cette région s'impose d'une manière systématique. Le bilan hydrique qui est composé de l'évapotranspiration potentielle réelle du palmier dattier, de la pluie efficace et de la réserve facilement utilisable sera égal à l'ETR du palmier. Car en période de pointe qui correspond pratiquement aux mois de Juin, Juillet et Août les pluies efficaces ainsi que la réserve facilement utilisable sont nuls.

# CHAPITRE II : Les ressources en eau

---

## II.1. Introduction

L'augmentation de la population et la forte demande en produit alimentaire augmente les conflits entre les différents usagers en matière de ressources en eau (NEJADHASHEMI et al, 2012). Cette phrase affirme l'importance de la gestion des ressources en eau.

Dans ce chapitre nous allons traiter la sous problématique des ressources en eau dans leurs aspects quantitatif et qualitatif. Pour ce faire, on divise notre chapitre en trois parties. Premièrement, les eaux souterraines, leur définition, leur répartition et caractéristiques dans le Sahara Algérien ensuite dans la région d'Ouargla. Deuxièmement, nous aborderons brièvement les eaux superficielles étant donnée leur importance moindre dans le Sahara. Et pour terminer, on analysera la qualité physico-chimique des eaux afin de déterminer leur influence sur l'irrigation.

## II.2. Les eaux souterraines

### II.2.1. Généralités

Les eaux souterraines, enfouies dans le sol, sont habituellement à l'abri des sources de pollution. Puisque les caractéristiques de ces eaux varient très peu dans le temps, les usines de purification n'ont pas à résoudre les problèmes dus aux variations brusques et importantes de la qualité de l'eau brute. Les principales caractéristiques des eaux souterraines sont présentées ci-dessous.

- \_ Turbidité faible, les eaux bénéficient d'une filtration naturelle dans le sol.
- \_ Contamination bactérienne faible. Le très long séjour dans le sol, la filtration naturelle et l'absence de matières organiques ne favorisent pas la croissance des bactéries.
- \_ Température constante, les eaux souterraines sont à l'abri du rayonnement solaire et de l'atmosphère.
- \_ Indice de couleur faible. Les eaux souterraines ne sont pas en contact avec les substances végétales, sources de couleur.
- \_ Débit constant. Contrairement à celle des eaux de rivière, la qualité et la quantité des eaux souterraines demeurent constantes durant toute l'année.
- \_ Dureté souvent élevée. Les eaux peuvent être en contacte avec des formations rocheuses contenant des matériaux bivalents ( $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ , etc.) responsables de la dureté.
- \_ Concentration élevé en Fer et en Manganèse. Ces métaux, souvent présents dans le sol, sont facilement dissous lorsque l'eau ne contient pas d'oxygène dissous (DESJARDINS .R, 1997)

#### II.2.1.1. Les eaux souterraines en Algérie :

Les ressources en eaux souterraines dans le Sahara Algérien sont se subdivisent en deux parties les eaux renouvelables et les eaux non renouvelables dites « fossiles » ou faiblement renouvelables :

Les ressources en eaux souterraines au Sahara sont constituées par :

- Les eaux renouvelables localisées dans les inféro-flux du versant sud des Aurès (région Nord de Biskra), du Hoggar Tassili à l'Est et de la région de Bechar-Tindouf à l'Ouest.
- Les eaux non renouvelables représentées par les deux grands réservoirs des deux bassins sédimentaires : le Complexe Terminal et le Continental Intercalaire. Il est à remarquer que d'autres sources d'eaux souterraines situées dans la périphérie du bassin du Sahara septentrional sont également importantes et se caractérisent surtout par des nappes renouvelables (nappes phréatiques) et ce, contrairement aux eaux fossiles ou faiblement renouvelables du bas Sahara.

Le grand bassin du Sahara septentrional couvre une superficie de 800 000 Km<sup>2</sup> en Algérie et en Tunisie, comprend deux systèmes aquifères relativement indépendants en Algérie, mais qui se rejoignent en Tunisie où se situe leur exutoire principal. Il s'agit du Continental Intercalaire (CI), de formation gréseuse et du Complexe Terminal (CT), hétérogène, multicouche, gréseux et carbonaté.

Ces deux formations dites « fossiles » bénéficient en fait d'une certaine alimentation constituée par l'infiltration des eaux de ruissellement en provenance du massif montagneux de l'Atlas Saharien et de l'Atlas Marocain au Nord (KHARDAOUI .A, 2007).

Les réserves théoriques des deux aquifères sont estimées à près de 60 000 milliard de m<sup>3</sup>.

#### **A. l'aquifère du complexe Terminal**

La nappe du Complexe Terminal (CT) se localise dans le Sahara occidental et s'étend sur une superficie de 350 000 Km<sup>2</sup> avec une profondeur oscillant entre 100 et 500 m.

Le complexe Terminal est constitué des formations d'âge et de lithologie différentes. La nappe est en charge dans le Nord sous les formations argileuses du Mio-pliocène, alors qu'elle est libre dans la partie Sud. Les eaux de cette formation convergent vers les Chotts Melghir et Merouane, qui constituent les exutoires naturels de la nappe. Les exutoires artificiels sont les forages (KHARDAOUI .A, 2007).

#### **B. l'aquifère du continental Intercalaire**

Le continental intercalaire occupe l'intervalle stratigraphique compris entre la base du Trias et le sommet de l'albien. Ce réservoir a un volume considérable du à la fois à son extension sur tout le Sahara Septentrional et à son épaisseur, qui peut atteindre 1000m au Nord Ouest du Sahara. La nappe du continental Intercalaire est un réservoir à eau douce, la plus grande partie de l'eau de cette ressource a été remplis pendant les périodes pluvieuses du quaternaire (KHARDAOUI .A, 2007).

Le CT est formé d'une succession de couches de grés, de sables, de grés argile, dont l'âge va du Trias à l'Albien.

La figure II.1 représente une coupe hydrogéologique du Sahara Algérien (d'après l'UNESCO 1972) qui s'étend de la région d'Adrar jusqu'à Matmata. Sur laquelle on observe les lignes des niveaux piézométriques des nappes du CT et du CI.

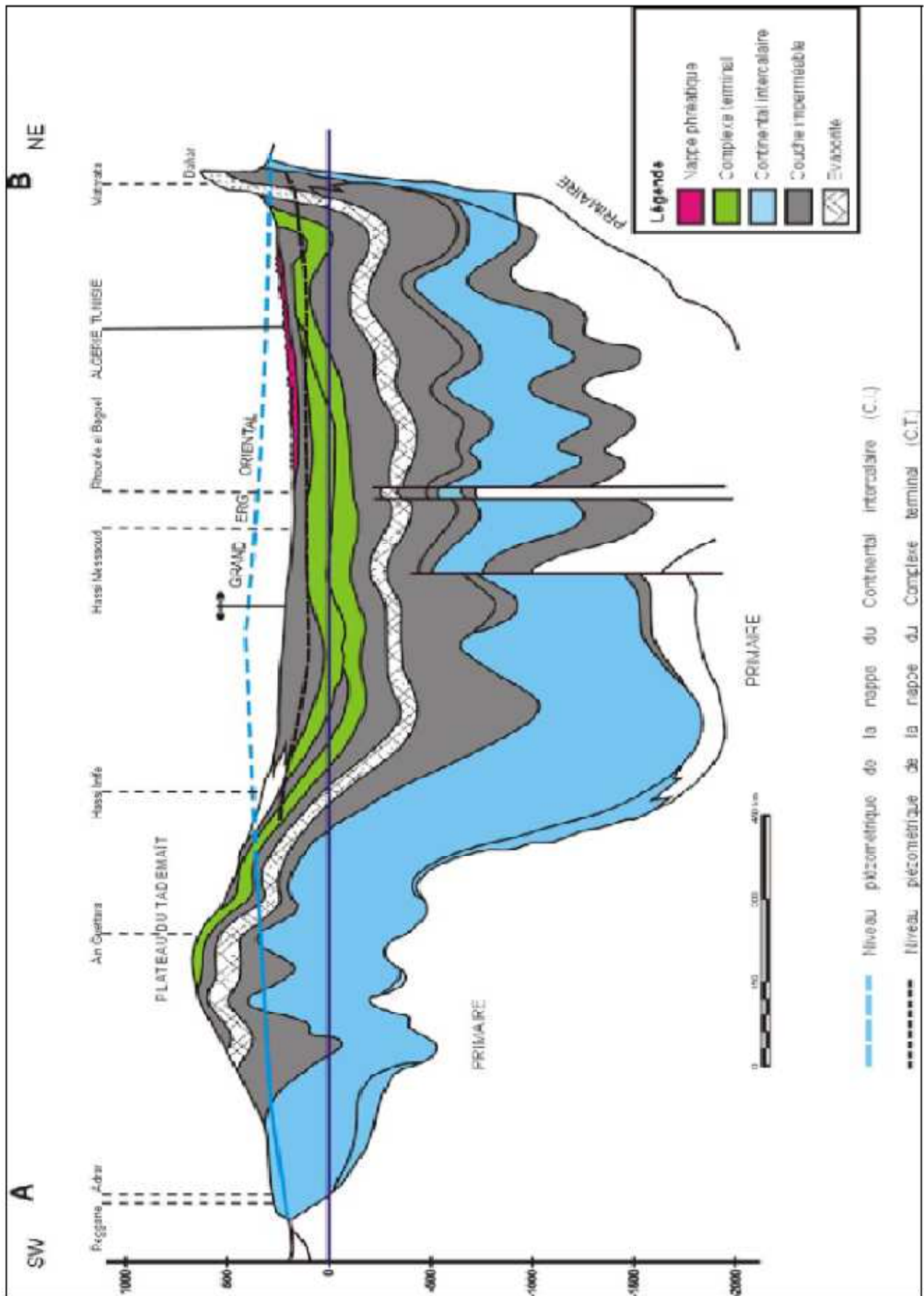


Figure II.1. Coupe hydrogéologique du Sahara Algérien

Le principal défaut des eaux souterraines dans le Sahara Algérien est le fait qu'elles sont des sources d'eau non renouvelable ou faiblement renouvelables, de ce fait, une exploitation excessive peut avoir plusieurs inconvénients, tel qu'il a été expliqué :

Selon une étude récente, les prélèvements dans le Complexe Terminal étaient de 16,3 m<sup>3</sup>/s pour le territoire algérien en 1998. Le niveau piézométrique est en baisse générale. Cette baisse deviendra catastrophique dans une trentaine d'années dans les zones les plus exploitées où elle pourrait dépasser 200 mètres d'après une simulation de la même étude.

Ces baisses ont pour conséquence que de nouvelles ressources devront être substituées à celles actuellement exploitées et que pour le moins le niveau des pompes devra être abaissé dans les forages, lorsque cela sera possible, sinon de nouveaux forages plus profonds devront être réalisés. Les hauteurs de refoulement et les coûts de production vont augmenter autant pour l'AEP que pour l'irrigation (BURRI .J .M, BURRI .J .P, 2004).

### II.2.3. Les eaux souterraines dans la région d'Ouargla:

La formation du Continental Intercalaire est représentée par des dépôts continentaux sablo-gréseux et sablo-argileux du Crétacé Inférieur. C'est un système aquifère multicouche dont la profondeur atteint localement 2000 mètres et dont la puissance varie entre 200 et 400 m. A Ouargla, il est exploité entre 1150 m et 1350 m de profondeur (AIDAOUI .S, 1994).

Les potentialités en eau souterraines dans la région d'Ouargla sont évaluées par le modèle mathématique (ERESS) à 2381 hm<sup>3</sup> soit 1754 hm<sup>3</sup> pour la nappe du CT et de 627 hm<sup>3</sup> pour la nappe du CI. Le nombre total des forages est de 1117, dont 117 du CI. Le débit extrait à la fin de l'année 1997 est de 410 hm<sup>3</sup> soit : 222 hm<sup>3</sup> pour le CT et 118 hm<sup>3</sup> pour le CI (KHADRAOUI .A, 2007).

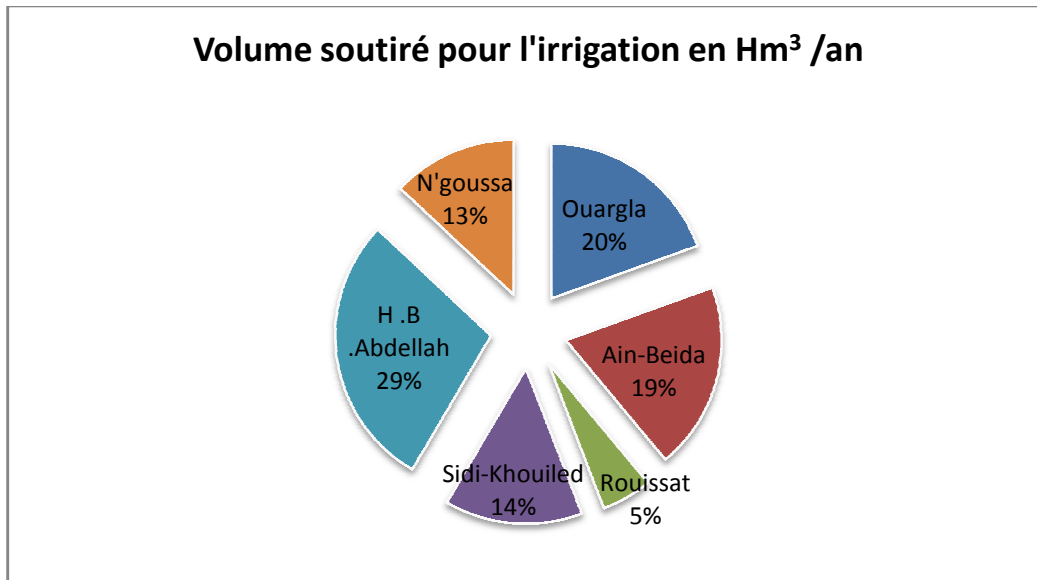
Parmi les problèmes issus de l'exploitation des eaux souterraines dans la région d'Ouargla on peut citer les suivant : remontée de la nappe phréatique ; accroissement de la salinité des sols ; rabattement du niveau de la nappe du CT ; diminution de la pression de la nappe du CI ; dégradation de la qualité des eaux dans certains forages.

Le tableau II.1 illustre une répartition générale des forages dans la région d'Ouargla avec les caractéristiques des forages, à savoir : la nappe exploitée par le forage, profondeur, débit (Q), niveau statique (NS) et le nombre des forages par région.

**Tableau II.1 : répartition des forages dans la région d'Ouargla**

<b>Daïra</b>	<b>nappe</b>	<b>Profondeur (m)</b>	<b>Q (l/s)</b>	<b>Niveau Statique (m)</b>	<b>Forage en service</b>
<b>Ouargla</b>	CT	70 - 200	20	0,5 - 15	51
<b>Rouissat</b>	CT	30_220	20	5_81	26
	CI	1200	60		2
<b>H .B .Abdellah</b>	CT	90_280	20	20_30	29
	CI	1400	120	19_25	4
<b>Ain-Beida</b>	CT	60_220	20	3_26	55
	CI	1500	100		1
<b>Sidi-Khouiled</b>	CT	50_120	25	3_29	12
<b>N'goussa</b>	CT	70_240	20	5_23	31
	CI	1500	120	25	1

Remarquons que dans la région de notre étude (Sidi-Khouiled) l'ensemble des forages sont des forages peu profonds (de 50 à 120 m) et qui exploitent la nappe du Complexe Terminal. La figure II.2 représentée ci-dessous illustre sous la forme de secteur éclaté les volumes d'eau soutirés pour l'irrigation dans la région d'Ouargla en Hm<sup>3</sup>/an. On remarque que la région de Sidi-Khouiled, région sur laquelle on effectue notre étude, est la quatrième région d'Ouargla en termes d'exploitation agricole.



**Figure II.2 Volumes soutirés pour l'irrigation dans la région d'Ouargla**

Remarquons que la quantité des eaux destinées à l'irrigation dans la région d'Ouargla, 14% sont destinées à la zone de Sidi Khouiled. Par contre, des régions telles que Hassi Ben Abdellah consomment près de 30 % des eaux destinées à l'irrigation. Cela dépend des superficies destinées à l'agriculture par région.

Dans la région d'Ouargla, et pour résumer, les eaux souterraines se subdivisent en deux grandes catégories : les eaux souterraines renouvelables et les eaux souterraines non renouvelables ou faiblement renouvelables.

- Les eaux souterraines renouvelables constituent la partie supérieure, la nappe libre, ou aussi appelée la nappe phréatique.
- Les eaux souterraines non renouvelables sont constituées par les deux systèmes aquifères : le Complexe Terminal (CT) et Continental Intercalaire (CI). Le complexe terminal est une succession de nappes séparées par des couches imperméables ou semi-perméables. Le CI, de volume plus important, est quant à lui de formation géologique plus ancienne et est constitué d'une seule nappe.

#### **II.2.4. La nappe phréatique**

La nappe phréatique est une nappe qu'on trouve dans les dépôts continentaux de surface, dans toutes les palmeraies avec une productivité variable. (AIDAOUI .S, 1994).

Les nappes phréatiques sont partout présentes au Sahara et se situent généralement dans les zones de dépressions ou les vallées. Elles sont alimentées par les pluies, les crues, les eaux de drainage et aussi très souvent par les remontées naturelles (sources) en provenance des aquifères plus profonds ou encore par les fuites dans les ouvrages exploitant ces derniers.

Ces ressources superficielles sont importantes dans tout le Sahara, elles permettent d'irriguer les petites palmeraies, les jardins légumiers et d'abreuver les troupeaux et leurs propriétaires (HAMMOU ALI .A, 2014).

### **A. Causes de la remontée des eaux**

Le recours aux eaux souterraines plus profondes par la multiplication des forages d'exploitation captant les aquifères du CI et du CT destinés aux besoins d'irrigation et d'alimentation en eau potable a accéléré la remontée des niveaux hydrostatiques des nappes phréatiques. Cette situation d'excès d'eau a perturbé l'écosystème oasien et a engendré des problèmes environnementaux nuisibles notamment pour l'agriculture (salinité des sols, dégradation des palmeraies par asphyxie, inondation des Ghouts...etc).

### **B. Effets néfastes**

Les eaux de la nappe phréatique sont généralement non exploitables, mais, dans certaines régions du bas Sahara cette nappe est exploitée pour les besoins d'agriculture. Dans la région du Sahara septentrional les eaux destinées pour l'irrigation sont, généralement, de mauvaise qualité, surtout celles des nappes phréatiques, ayant des teneurs en sel trop élevées. Cette forte teneur en sel conjuguée à la présence d'une nappe phréatique proche de la surface du sol, est l'une des principales causes de stérilisation des sols agricoles dans la région.

### **C. La nappe phréatique dans la région d'Ouargla**

Au niveau de la cuvette d'Ouargla la nappe superficielle n'est pas exploitée à cause du taux de sels que contiennent ses eaux. Elle est épaisse de 1 à 8m et repose sur un niveau imperméable étanche, qui occupe tout le fond de la vallée d'Ouargla et l'isole des nappes artésiennes sous jacentes.

Les zones dans lesquelles la nappe phréatique est la plus profonde sont situées à des points hauts de la topographie (Sud- Ouest d'Ouargla).La nappe est moins profonde dans les zones à proximité des palmeraies irriguées. Le point où la nappe se trouve le plus près du sol est au Sud de la Sebkha Sefioune à 45 km au nord de la ville d'Ouargla.

Cette nappe a connu une remontée du niveau d'eau ayant provoqué de graves problèmes d'écologie dans les zones urbaines et agricoles. Ce phénomène a engendré des affaissements de terrain et la création d'un milieu anaérobique néfaste pour les cultures et le palmier.

La salinité des eaux varie d'une zone à une autre, elle est de moins de 50g/l dans la ville d'Ouargla et ses environs, la concentration en sel augmente dans le sens des écoulements des eaux où elle peut atteindre plus de 190 g/l dans les zones proches des chotts.

Une des causes principales de la remontée des eaux de la nappe phréatique dans la cuvette d'Ouargla est d'ordre morphologique, une topographie très plane conjuguée à un manque d'exutoire naturel. L'alimentation de la nappe provient essentiellement :

- \_ Des rejets d'eaux usées d'origine domestique
- \_ De l'eau excédentaire liée à une irrigation irrationnelle des palmeraies
- \_ Des eaux de ruissellement venant des parties hautes et des apports de crues des trois
- \_ Oueds dans la cuvette (N'sa, M'Zab et M'ya) (HAMMOU ALI .A, 2014).



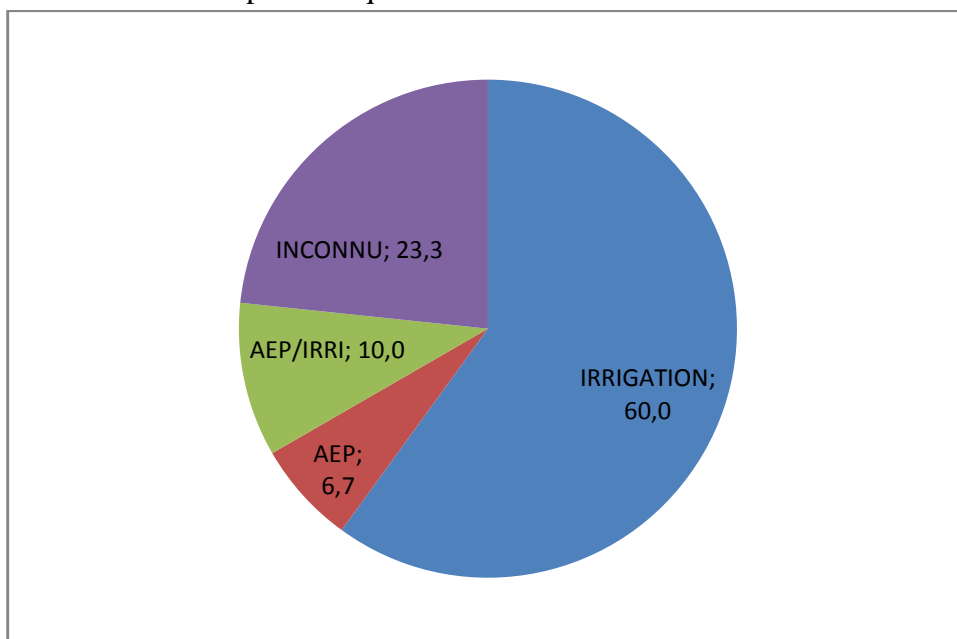
## II.2.5. Captage et équipement des forages

### II.2.5.1. Caractéristiques des forages dans la zone d'étude

Afin d'étudier les caractéristiques des forages dans la zone d'étude nous avons pris un échantillon de 29 forage réalisés dans la zone de Sidi Khouiled.

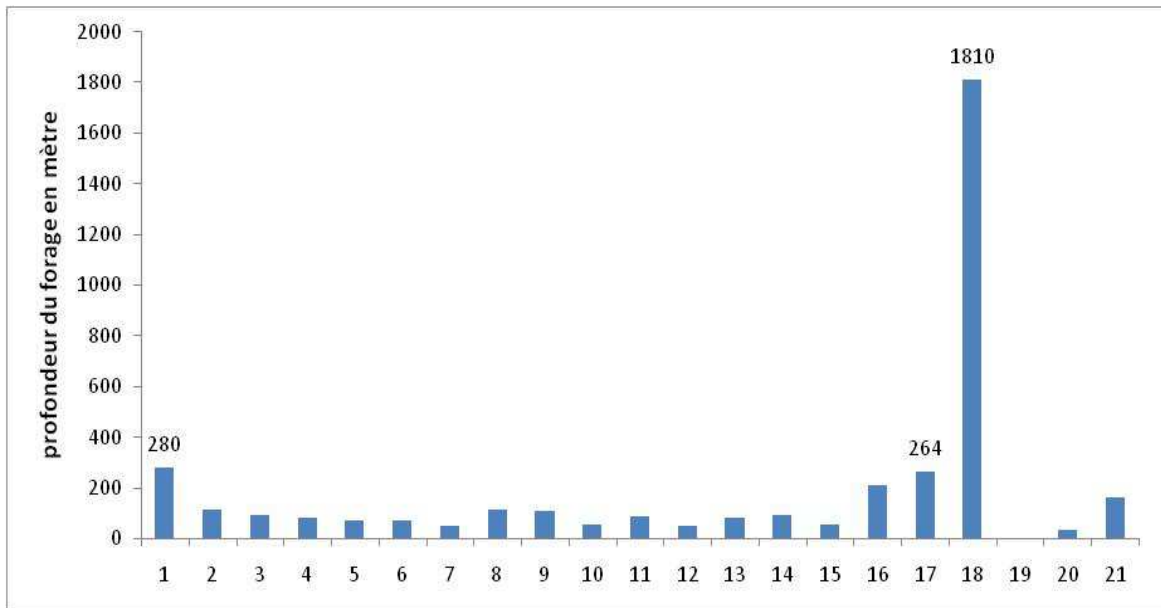
A partir des données obtenues au près de l'ANRH comportant les caractéristiques des forages de la zone d'étude (Sidi-Khouiled), à savoir les coordonnées (UTM), usage, année de réalisation, état de l'ouvrage, profondeur, le débit ainsi que la nappe captée, nous pouvons constater que la majorité de ces forages sont des forages qui captent la nappe complexe Terminal (Moi-pliocène et le sénonien). Cela dit, il existe aussi des forages plus profonds destinés au captage des eaux de l'Albien (Continental Intercalaire).

En ce qui concerne l'exploitation des forages : 62% des forages sont destinés à l'irrigation l'équivalent de 18 forage dans notre échantillon, cela est du à l'intensité des activités agricoles dans la zone de Sidi-Khouiled (en particulier le palmier dattier). 17% des forages sont destinés à l'AEP, ce faible pourcentage des forages destinés à l'AEP est du à la faible densité démographique de la région. Il existe cependant des forages à usages multiples, qui sont exploités à la fois pour l'irrigation et l'AEP. Pour le reste des forages leur exploitation demeure inconnue par man que de données.



**Figure II.3. Exploitation des forages dans la région de Sidi-Khouiled**

Les profondeurs des forages varient de 45m jusqu'à 1500 m et plus, en fonction de la nappe captée par le forage. Pour les forages du Complexe Terminal la profondeur ne dépasse pas les 280 m pour ceux qui pompent dans le sénonien inférieur. Quant aux forages destinés pour les eaux du CI la profondeur dépasse généralement les 1000m. Le graphique suivant (figure II.4) représente les profondeurs des forages dans la zone d'étude.



**Figure II.4. Profondeur des forages dans la région de Sidi-Khouiled.**

Pour les débits des forages ils varient de 2,18 l/s jusqu'à 30 l/s. la différence entre les forages qui captent les eaux du CT et ceux qui captent les eaux du CI est que les premiers nécessitent l'installation d'un système de pompage car le niveau statique de la nappe est inférieur au niveau du sol. Par contre, pour le CI la pression statique est suffisamment grande pour que l'eau jaillisse toute seule.

### II.2.5.2. Les forages profonds

#### D. Programme de forage

L'exécution d'un forage profond à l'Albien nécessite l'établissement d'un programme qui prend en compte :

- \_ La profondeur prévisionnelle de la couche aquifère à capter.
- \_ Les caractéristiques des couches à traverser, en particulier, en présence des couches salifères, nécessitant des dispositions techniques spéciales notamment le double tubage.
- \_ Les conditions géologiques particulières (pertes totales, éboulement...)
- \_ Les caractéristiques des forages exécutés dans la région.

#### E. Exécution et équipement

Après l'exécution des opérations successives du forage et l'alésage en différents diamètres, de mise en place des tubages et crépines, l'équipement des forages sera constitué comme suit :

- \_ Le tube guide
- \_ La colonne technique
- \_ La colonne de production
- \_ La colonne de captage.

Les tubes et crépines des colonnes techniques de production et de captage seront munis de centreurs.

### 1. Le tube guide

On procède à un forage de diamètre de 32" sur une longueur minimum de 25 m, à la mise en place d'un tubage de diamètre de 26" et à la cimentation totale de l'espace annulaire.

### 2. Colonne de captage

On procède à l'alésage en diamètre 12" ¼ du toit de l'Albien à la profondeur finale et à la mise en place d'une colonne de captage en acier inoxydable composée de crépines et tubes de diamètre 9" 5/8. Le bas de la conduite sera toujours constitué d'un ou de deux tubes pleins. Les crépines seront de types « Albien renforcé ». La succession du fil devra être trapézoïdale. Les accords seront obligatoirement filetés et non soudés et les ouvertures des crépines seront déterminées par l'analyse granulométrique. En général, il est conseillé une ouverture qui laisse passer 50% des grains.

La longueur de la colonne de captage ne doit pas excéder les 200 m et doit comporter au moins 75% de crépines.

## F. l'équipement de surface

L'équipement de surface doit permettre d'assurer :

- \_ la sécurité de l'ouvrage.
- \_ La commodité d'exploitation et d'entretien.
- \_ Le réglage du débit désiré.
- \_ Le contrôle de la nappe.

Il doit comporter :

- \_ Une vanne inox inadaptée au débit, à la pression, au degré de la corrosivité et à la température des eaux.
- \_ Prise de pression en tête du forage et annulaire, ainsi qu'une vanne de service.
- \_ Un dispositif de réglage du débit.

## G. Développement

Le développement des forages profonds à l'Albien consiste à laisser débiter le forage par artésianisme, jusqu'à obtention d'une eau claire (sans sable) et un débit stable, à l'aide d'une ouverture contrôlée de vanne. A la fin de cette opération, on procède de façon graduelle et contrôlée, à une fermeture complète de la vanne. Les pressions seront mesurées durant la phase de remontée de pression, qui doit durer 72 heures environ (jusqu'à stabilisation de la pression en tête). L'opération de fermeture de la vanne sera opérée en présence d'un hydrogéologue de l'administration.

### H. Essais de débits

Les essais de débits, constituent une opération obligatoire qui doit suivre la phase de développement. Ils sont réalisés dans l'objectif de déterminer le débit de détermination du forage. Ces essais doivent se dérouler comme suit :

- \_ Mesure de pression en tête (pression statique  $P_0$  vanne fermée).
- \_ Réalisation de cinq paliers de débits croissant de manière à obtenir points de la courbe caractéristique.

#### II.2.5.3. Forage au complexe Terminal

L'exécution d'un forage au complexe Terminal (ou d'un forage moyen à l'Albien) nécessite l'établissement d'un programme qui prend en compte :

- \_ La profondeur prévisionnelle de la (ou des) couche(s) aquifère(s) à capter et du débit escompté.
- \_ Les caractéristiques des couches traversées, en particulier la présence de nappes phréatiques en surface.
- \_ Les conditions géologiques particulières (pertes totales, les éboulements, etc....)
- \_ Les caractéristiques des forages réalisés dans la région.

#### A. Exécution et équipement :

Après exécution des opérations successives de forage et d'alésage en différents diamètres et de mise en place des tubages et crépines, l'équipement des forages sera constitué comme suit :

- \_ Un tube guide.
- \_ Une colonne de production.
- \_ Une colonne de captage.

Les tubes et les crépines de la colonne de captage seront munis de centreurs.

#### 1. Le tube guide

On procède à un forage en diamètre 32" sur une profondeur minimum de 25 m, à la mise en place d'un tubage en acier grade J-55 de diamètre 26" et à la cimentation totale de l'espace annulaire.

La figure II.4 est une image scannée d'un schéma de réalisation d'un forage réalisé par l'ANRH dans la région de Sidi-Khouiled dont la profondeur est de 250 m. ce forage est un forage destiné au captage des eaux de la nappe du CT.

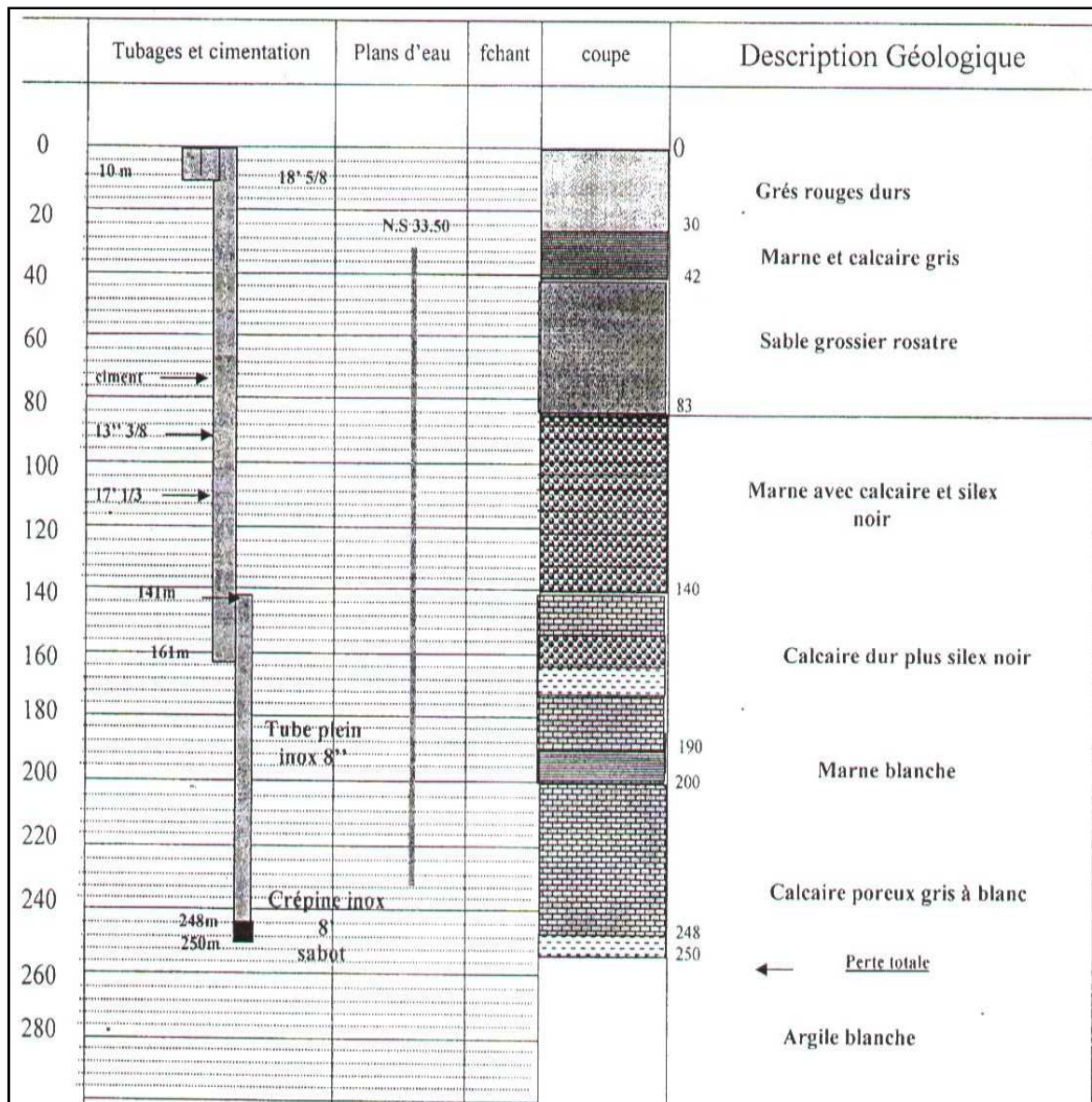


Figure II.5. Fiche technique de réalisation d'un forage dans la région de Sidi-khouiled

### II.3. les eaux de surface

#### II.3.1. Généralité

Les eaux souterraines sont intimement liées à la pluviométrie, notamment dans les bassins versants. Au Sahara, elles sont relatives aux régions. Ces régions se distinguent par d'importants oueds caractérisés par des écoulements intermittents. Lors des crues, les eaux de ces oueds se perdent généralement dans la nature ou se jettent dans les Chotts et ce, par manque d'infrastructure destinées à la mobilisation de ces ressources (barrages, retenues collinaires,...)

#### II.3.2. Les eaux superficielles dans la région d'Ouargla

La région d'Ouargla est située sur le bassin versant de l'Oued N'sa. Le bassin versant de l'oued N'sa sur une superficie d'environ 7000 km<sup>2</sup>, il connaît souvent des perturbations pluvio-orageuses, qui provoquent des crues parfois violentes, entraînant des inondations dans les zones agricoles situées à l'aval du bassin. Ce phénomène naturel à causé des dégâts

matériels importants dans les périmètres situés aux bordures de l'oued, dont la perte des récoltes de ces dernières années à décourager les nouveaux exploitants agricoles. »(KHARDRAOUI .A, 2007)

Le bassin de Oued N'sa se distingue par l'apparition de fortes pluies journalières pouvant provoquer des crues importantes. Ces pluies varient considérablement d'une année à une autre pour l'ensemble des stations. Les quantités de pluies enregistrées sont très élevées comparativement aux moyennes mensuelles et annuelles. Les ressources en eau superficielles dans l'Oued N'sa sont faibles et aléatoires et ce, compte tenu de l'irrégularité des pluies. La genèse des crues est liée étroitement aux précipitations de courtes durées.

Etant donnée la rareté des ressources en eau superficielles dans la région d'Ouargla, comme la plus part des régions Sahariennes, et leurs caractères très aléatoire et variable fait que ces ressources ne peuvent être exploiter pour l'irrigation et l'AEP. De ce fait, les eaux souterraines constituent, dans les zones Sahariennes, la seule source en eau pour l'irrigation et l'AEP.

## **II.4. Qualité physico-chimique des eaux :**

### **II.4.1. Qualité des eaux**

La composition chimique de l'eau est très importante à connaître, la détermination permet de préciser la qualité et par conséquent la possibilité de son utilisation pour l'alimentation en eau potable ou pour d'autres usages, tel que : l'agriculture et l'industrie.

Les eaux destinées pour l'alimentation en eau potable et l'irrigation se posent avec acuité dans l'ensemble des régions Sahariennes. D'une manière générale les eaux destinées pour l'alimentation en eau potable et l'irrigation, de même que pour les besoins industriels proviennent surtout des eaux souterraines. Du point de vue quantité, l'eau au Sahara est généralement disponible et ce, grâce à d'importants aquifères, surtout au Sahara septentrional, mais sa qualité physico-chimique (salinité) est le plus souvent médiocre. Cette salinité des eaux, dont une partie est d'origine géologique (primaire) s'accroît continuellement par une mauvaise gestion de la ressource en eau, notamment souterraine. (Salinisation secondaire) cette salinisation de la ressource en eau est aggravée dans certains cas par une pollution d'origine anthropique, le plus souvent domestique, qu'industrielle ou agricole, ce qui rend l'eau le plus souvent impropre à la consommation et dès fois même à l'irrigation (HAMMOU ALI .A, 2014).

La qualité des eaux destinés à l'irrigation subit également une dégradation surtout par l'augmentation de la salinité, qui à une influence directe sur la salinité l'évolution des sols, le choix des aptitudes culturales et le rendement des cultures.

### **II.4.2. Qualité des eaux souterraines dans le Sahara**

La qualité des eaux souterraines dans le Sahara Algérien diffère d'une région à une autre et d'un aquifère à un autre, mais d'une manière générale la qualité des eaux des différentes régions Sahariennes et notamment, celles situées au centre et au nord du Sahara est de mauvaise qualité. Quant aux eaux destinées pour l'irrigation, sont aussi de mauvaise qualité surtout celles issues des nappes phréatiques et aussi celles du CT, dont la teneur en sels peut dépasser les 7 g/l de résidus secs.

### II.4.3. Qualité des eaux souterraines dans la région d'Ouargla

D'après une étude hydro-chimique et bactériologique des eaux de la vallée d'Ouargla, sur un échantillon de 18 forages, les résultats enregistrés montrent que la salinité de la nappe des calcaires (CI) oscille entre 1,6 et 3 (g/l). Quant aux tests bactériologiques, les résultats ont été négatifs, ce qui confirme l'absence de germes dans les eaux de ces forages.

Quant aux eaux des nappes phréatiques, elles se caractérisent généralement par une salinité très élevée de type chloruré- sodique. L'accroissement de la salinité suit le sens de l'écoulement de la nappe phréatique (lessivage latérale). La zone d'Ouargla présente une salinité comprise entre 8 et 16 (g/l). Enfin, la teneur en salinité des chotts et sebkhas oscille entre 200 et 300 (g/l).

La figure II.6 représente un histogramme comparatif des concentrations de certains ions, présents dans les eaux de la nappe du CT et du CI (KHADRAOUI .A, 2008).

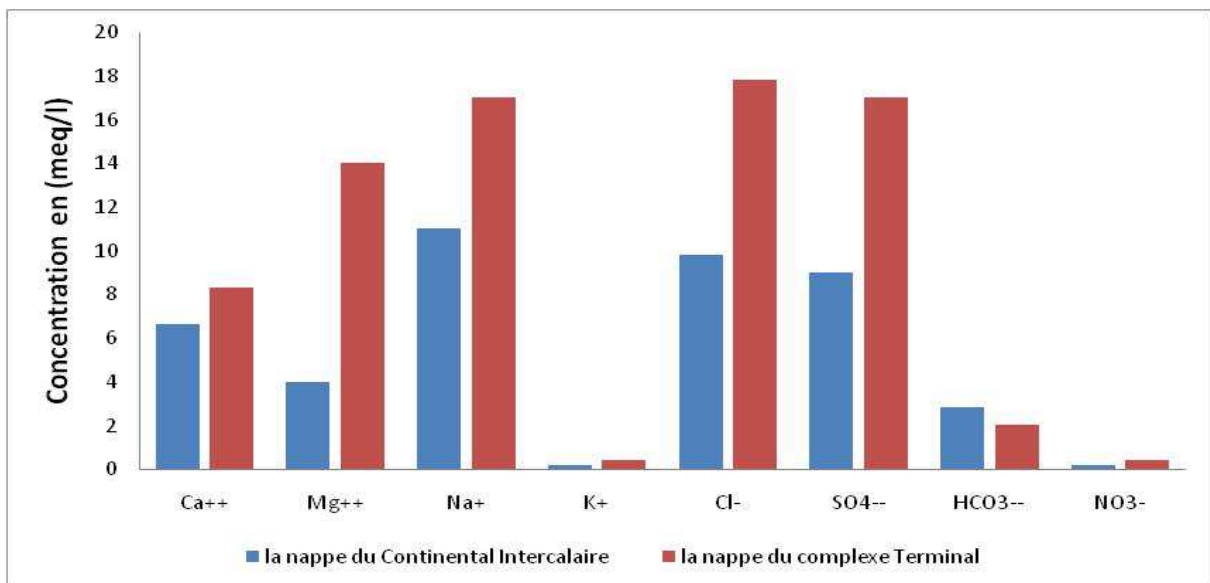


Figure II.6. Concentration moyenne des éléments chimiques majeurs dissous dans le CT et le CI

### II.4.4. Qualité physico-chimique des eaux souterraines dans la zone d'étude

Le tableau II.2 représente les données relatives aux eaux souterraines de la région de Sidi Khouiled, obtenues au près de l'ANRH, sur la qualité physico-chimiques.

Tableau II.2. Résultats de l'analyse physico-chimique des eaux

forage	concentrations en éléments chimiques (mg/l)										caractéristiques physiques					
	Ca	Mg	K	Na	CL	So4	Co3	HCo3	No3	T (°K)	Turbidité	pH	Cond (ms/cm)	minéralisation	Résidu_Sec	
1													3,01		2606	
2															2802	
3													2,77		2576	
4	138	201	20	428	760	1025		131	78	117		8,32	3,17	2406	2822	
5	333,3	37	27,5	600	880	975		131	39	98,5		7,72		2338	2982	
6	255	151	33,5	485	845	1050	0	161,65	1,5	125,9	1	7,61	3,8		3210	
7																
8													4,59		3774	
9													4,74		3956	
10	301,7	139,47	17,5	325	605	1075			50	132,8		7,8		2102	2694	
11													3,28		2744	
12													1,85		1680	
13	218	133	14	440	762	934	0	118	17	109		7,81	3,43	26,02	2702	
14	195	97	15	230	410	738		157	0,8	89		8,2	3,3	2277	1980	
15	106	130	17	245	525	600		88	50	80		8,1	2,37	1799	2000	
16	300	183	29	422,5	1030	975	0	88	36,5	150,3		7,75		1579	2132	
17	220	143,4	26,5	322,5	575	963	0	167,75	0	114	1	7,73	3,01		2754	
18													5,65		4594	
<b>moyenne</b>	<b>229,7</b>	<b>135,0</b>	<b>22,2</b>	<b>388,7</b>	<b>710,2</b>	<b>926,1</b>	<b>0,0</b>	<b>130,3</b>	<b>30,3</b>	<b>112,9</b>	<b>1,0</b>	<b>7,9</b>	<b>3,5</b>	<b>1789,6</b>	<b>2824,0</b>	



A partir du tableau précédent on peut observée très clairement la forte minéralisation des eaux souterraines, qui lui sont conférées grasse au contact permanent des eaux avec les formations géologiques. On observe une concentration en carbone varient de 106 mg/l à 333 mg/l, et le magnésium varient de 37 mg/l à 201 mg/l avec une moyenne de 135 mg/l, cette concentration élevé en Carbone et en magnésium est à l'origine de la dureté de cette eau. On observe aussi une forte concentration en sodium d'une moyenne de 388,7 mg/l à l'origine de la salinité des eaux. Les eaux de la région de Sidi Khouiled, comme les eaux des régions Sahariennes surtout souterraines, présentent un taux de turbidité faible du à l'absence de matières organiques, aucun contact avec la surface.

La qualité de l'eau d'irrigation peut être mieux déterminée par une analyse chimique en laboratoire. Les facteurs les plus importants pour déterminer la qualité requise de l'eau dans l'agriculture sont les suivants:

- pH
- Risque de salinité
- Risque de sodium (SAR appelé aussi degré d'adsorption du sodium)
- Carbonate et bicarbonates en relation avec le calcium et le magnésium

Ainsi que les autres éléments sous forme de traces.

Le risque de salinité et de sodium sont d'importance majeure car un excès de sel augmente la pression osmotique de l'eau du sol et provoque des conditions qui empêchent les racines d'absorber l'eau. Ces conditions provoquent une sécheresse physiologique. Même si le sol semble avoir beaucoup d'humidité, les plants flétrissent parce que les racines n'absorbent pas suffisamment d'eau pour remplacer celle perdue par évapotranspiration ([ISABELLE COUTURE 2004](#)).

#### II.4.5. Classification des eaux d'irrigation

Pour connaître l'aptitude des eaux à l'irrigation, on utilise généralement la méthode de l'**US salinity Laboratory**, qui met en exergue deux caractéristiques de l'eau : sa salure globale, estimé par une mesure de la conductivité, et indicatrice des risques de salinisation secondaire, et son caractère plus ou moins alcalinisant vis-à-vis du sol à irriguer, exprimer par la valeur du SAR, « le rapport d'adsorption du sodium ». La classification des eaux par « qualités » découle directement de la combinaison de ces deux critères par l'utilisation de tableau à double entrée : conductivité en abscisse en (mS/m), et le SAR en ordonnée ([KHADRAOUI .A, TAIBE .S, 2008](#)).

Cet indice exprime l'activité relative des ions de sodium dans la réaction d'échange dans les sols. Il mesure la concentration relative du sodium par rapport au calcium et au magnésium. Le SAR est un indice qui mesure le danger que représente l'existence d'une teneur donnée de sodium dans l'eau. Elle se calcule par la formule suivante :

$$SAR = \frac{rNa^+}{\sqrt{\frac{rCa^{++} + rMg^{++}}{2}}}$$

Avec :

(r) : concentration des ions en meq/L

Na : Sodium

Ca : Calcium

Mg :Magnésium

**Application:** après conversion des concentrations du (mg/L) en (meq/L), et la conductivité du (mS/cm) en (mS/m), on calcul le SAR, on obtient : **SAR = 5.013** et **Cond = 350 mS/m**

La figure II.7 représente le diagramme de classification des eaux d'irrigation :

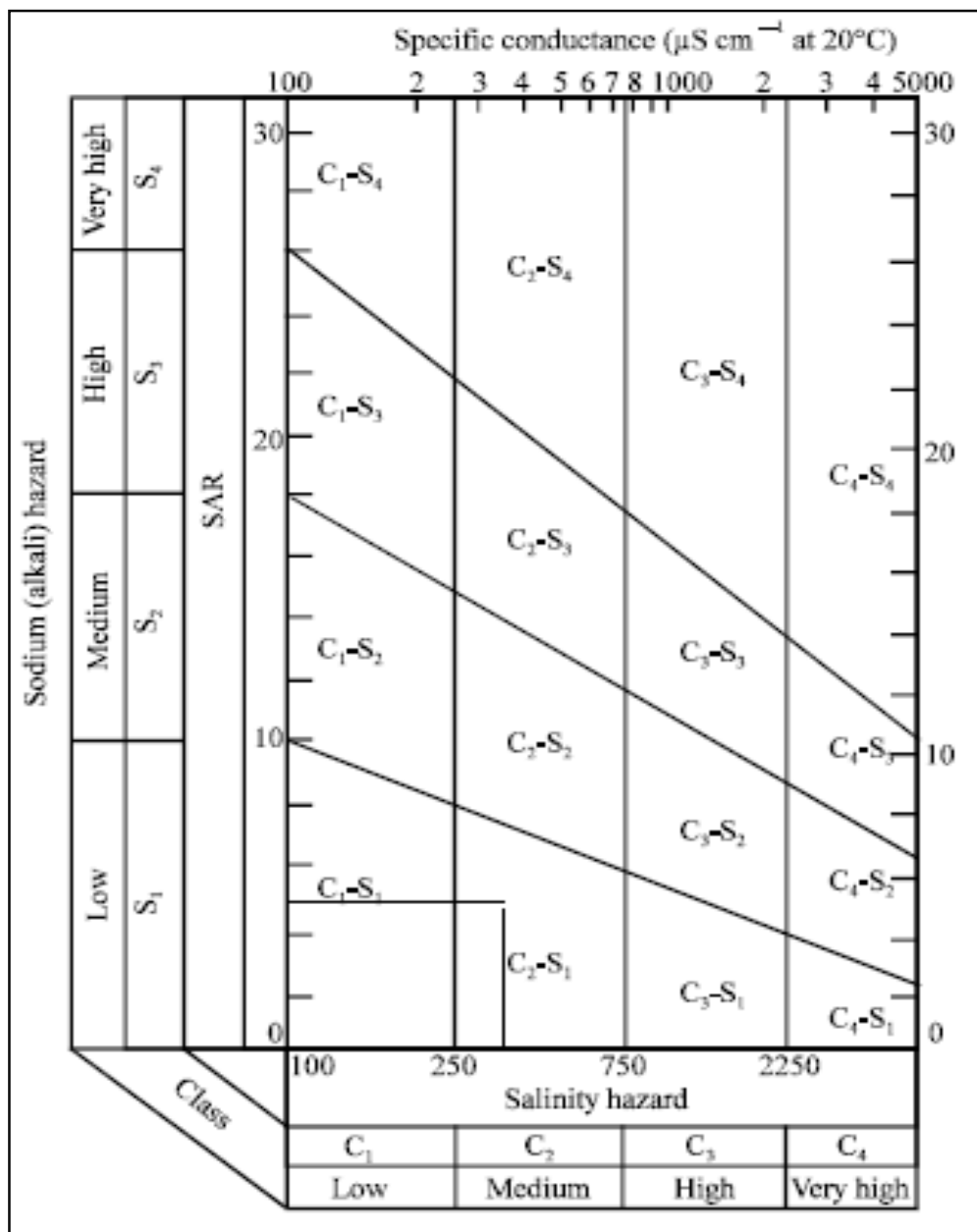


Figure II.7. Diagramme de classification des eaux d'irrigation

Les eaux souterraines dans la zone d'étude (Sidi Khouiled), se trouvent dans la catégorie C2S1 :

**C2 : eau moyennement saline** : peut être utilisée pour irriguer les sols présentant un bon drainage et pour les gazons peut sensibles à des conditions de salinité.

**S1 : eau faiblement sodique** : utilisable pour l'irrigation de presque toutes les classes des sols, avec risque d'alcalisation minimum. Toute fois les spéculations sensibles au sodium comme les arbres fruitiers à noyaux peuvent accumuler dans leurs feuilles des quantités de sodium.

## II.5. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons vu les différentes catégories des eaux souterraines, à savoir : les eaux renouvelables représentées dans le Sahara Algérien par les nappes phréatiques (nappe libre), et les eaux souterraines non renouvelables qui constituent la plus grande partie des eaux Sahariennes qui est représentée par les deux systèmes aquifères : « le continental intercalaire et le Complexe Terminal ». Grâce à l'analyse physico-chimique des eaux nous avons pu faire la classification des eaux souterraines dans la zone d'étude qui sont des moyennement salines et faiblement sodiques, donc ce sont des eaux qui conviennent pour l'irrigation. Les ressources en eau limitées dans le monde entier rendent nécessaire de réduire la quantité d'eau utilisée pour l'irrigation; par exemple, par l'application de différentes stratégies de gestion axées sur la maximisation de l'efficacité d'utilisation des eaux. Une autre méthode plus prometteuse est l'irrigation en goutte à goutte.

La qualité de l'eau utilisée pour l'irrigation est un paramètre essentiel pour le rendement des arbres fruitiers et notamment le palmier dattier. Le maintien de la productivité du sol et la protection de l'environnement. Ainsi, les propriétés physico-chimiques sont très sensibles au type d'ions potentiellement échangeables présents dans les eaux d'irrigation.

Dans le but d'améliorer la productivité de l'eau d'irrigation des mesures nécessaires doivent être prises en considération à savoir (Ami L. Vickers, 1997):

Arrosage efficace pour appliquer l'eau plus uniformément Mise en place des cultures intercalaires pour minimiser l'évaporation du sol

- Choix des variétés de récolte avec de hauts rendements par litre d'eau transpirée.
- Méthode de culture intercalaire pour maximiser l'utilisation de l'humidité des sols.
- Récoltes mieux adaptées aux conditions climatiques et à la qualité de l'eau disponible.
- Ordonnement des récoltes pour maximiser le rendement dans des conditions de salinité des sols et de l'eau.
- Choix des récoltes résistantes à la sécheresse où l'eau est rare ou incertaine.
- Multiplication des variétés de récolte eau-efficaces.

Le secteur de l'agriculture consomme au voisinage de 70 à 80 % des ressources d'eau existante sur terre. L'irrigation de surface possède des rendements faibles de l'ordre de 55 à 60 % (GITTINGER, 1985) comparativement à l'irrigation localisée où les rendements atteignent 97-98 % (CHAUHAN, 2007).

# Chapitre III : Les Besoins en eau

## III.1. Introduction

Etant donné l'importance que prend l'irrigation dans le monde, il est utile de connaître les quantités d'eau apporté aux cultures, tout calcul de réseau d'irrigation doit être basé sur une estimation de l'évapotranspiration à l'aide des données climatiques, ne serait-ce que pour connaître, après réalisation, les pertes par infiltration.

## III.2. Estimation de l'évapotranspiration

### III.2.1. Définition de l'évapotranspiration

L'évapotranspiration est un phénomène complexe intégrant à la fois l'évaporation de l'eau du sol (phénomène physique) et la transpiration de la couverture végétale (phénomène physiologique).

Sous le nom l'évapotranspiration, englobe la totalité de la consommation d'eau d'une plante en place, à savoir :

L'eau de constitution, l'eau de végétation et la consommation annexes (évapotranspiration directe du sol, herbes...) (ABER .M, 2008).

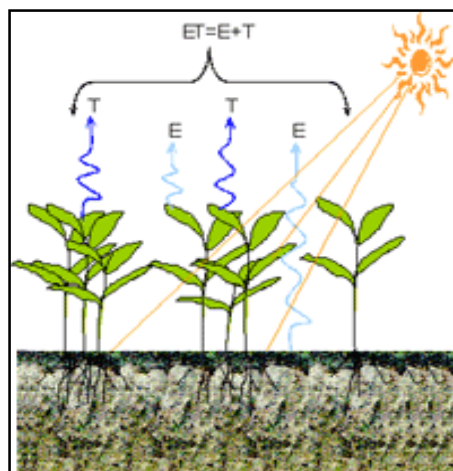


Figure III.1. Evapotranspiration de la plante

On distingue deux types d'évapotranspiration :

- Evapotranspiration réelle ETR
- Evapotranspiration potentielle ETP

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.

L'évapotranspiration potentielle (notée par la suite ETP) est la quantité d'eau qui serait évaporée ou transpirée à partir d'un bassin versant si l'eau disponible pour l'évapotranspiration n'était pas un facteur limitant.

En irrigation, il faut connaître l'évapotranspiration potentielle pour atteindre des rendements agricoles hauts et stables.

### III.2.2. Méthodes d'évaluation de l'évapotranspiration :

#### III.2.2.1. Mesure directe

Les mesures directes d'ETP ou d'ETR se font surtout en agronomie où on étudie chaque type particulier de cultures. Les résultats de ces mesures sont difficiles à utiliser en hydrologie car il y a une très importante différence d'échelle entre la surface de la parcelle d'essai (quelques mètres carrés) et celle d'un bassin versant (des dizaines de kilomètres carrés). Par ailleurs, les plantations utilisées ne sont généralement pas représentatives de la végétation d'un bassin versant. (LABORD J.P, 2010)

La mesure d'ETR peut être faite sur une case Lysimétrique. On isole un bloc du sol de quelques mètres-carrés de surface sur environ 2 m d'épaisseur. Cet échantillon de terrain est drainé à sa base et on enregistre les débits sortants par les drains. En surface, un collecteur fait le tour de la parcelle et récupère les eaux de ruissellement dont le débit est également enregistré. Les apports d'eau par la pluie sont mesurés avec un pluviomètre. Enfin, on évalue le stock d'eau contenu dans la case, soit par une mesure à la sonde à neutron des teneurs en eau dans le sol, soit en montant la case sur un système de bascule.

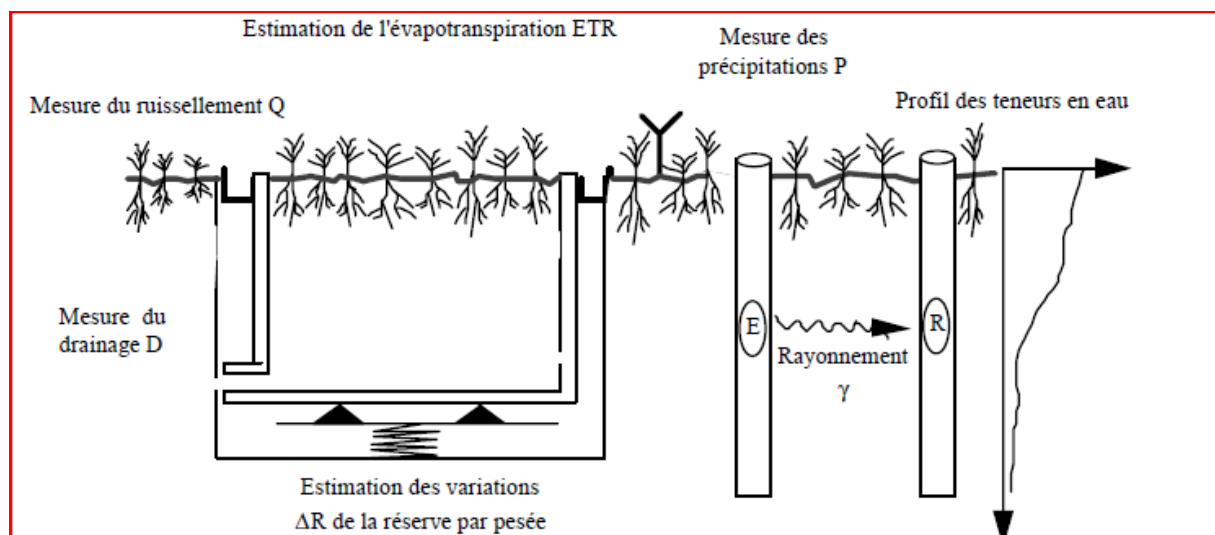


Figure III.2. Schéma de l'expérience pour la mesure directe de l'évapotranspiration

Un bilan très simple permet d'évaluer l'ETR sur un intervalle de temps (t) puisque l'on doit avoir la relation suivante :

$$P_{eff} = ((Q_r + Q_s)T + ETR) + R$$

Où :

- P<sub>eff</sub>** : pluie efficace en mm.
- Q<sub>r</sub>** : débit de ruissellement en mm/mn.
- Q<sub>s</sub>** : débit sortant en mm/mn.
- ETR** : évapotranspiration réelle en mm.
- R** : la variation de la réserve en mm.
- T** : l'intervalle de temps en minutes.

Pour résumer, on peut exprimer l'équation précédente comme suit :

$$\text{Entrées} = (\text{Sorties}) + \text{la variation de la réserve}$$

Le même système que la case Lysimétrique, mais on parle alors "d'évapotranspiromètre", permet de mesurer l'ETP. Il suffit alors de maintenir un niveau d'eau dans les drains pour que l'eau disponible ne soit plus un facteur limitant de l'ETR. On mesure ETP en écrivant le même bilan que précédemment mais le terme Q<sub>s</sub> pouvant être positif ou négatif.

### III.2.2.2. Mesures indirectes

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 :

#### A. La formule de TURC :

Cette formule est appliquée dans les régions relativement humides. Elle donne des résultats très surs, et qui se rapprochent de l'ETP mesurée Celle-ci est donnée par l'expression suivante :

$$\text{Si } H_r > 50\% \quad \text{ETP} = 0,4 (I_g + 50) \cdot \left( \frac{t}{t+15} \right)$$

$$\text{Si } H_r < 50\% \quad \text{ETP} = 0,4 \cdot \left( (I_g + 50) \cdot \left( \frac{t}{t+15} \right) \right) \left( 1 + \left( \frac{50 - hr}{70} \right) \right)$$

Avec :

**ETP**: évapotranspiration mensuelle en (mm)

**t** : température moyenne mensuelle en (°C)

**I<sub>g</sub>** : radiation globale mensuelle en (cal / cm<sup>2</sup>/ jour)

**H<sub>r</sub>** : humidité relative de l'air en %

#### Remarque :

Le (0,4) devient 0,37 pour le mois de février.

Le (0,4) devient 0,13 si on fait le calcul par décade.

$I_g$  est rarement mesurée directement, mais elle peut être calculée par la relation suivante :

$$I_g = I_{g_a} (0,18 + 0,62 h / H)$$

Avec :

$I_{g_a}$  : radiation maximale donnée par des tables en fonction de la latitude.

$h / H$  : insolation relative

$h$  : durée d'insolation de la station considérée, en heures/mois.

$H$  : durée mensuelle du jour, en heures/mois (LABORD .J.P, 2010).

### B. Formule de THORNTHWAITE :

THORNTHWAITE a proposé également une formule basée essentiellement sur les températures d'air. Le tableau III.1 suivant représente les coefficients d'ajustement mensuels qui est utilisé dans la formule de THORNTHWAITE. La formule est donnée comme suit :

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

**Tableau III.1. Coefficient d'ajustement mensuel**

mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
K	0,73	0,78	1,02	1,15	1,32	1,33	1,33	1,24	1,05	0,91	0,75	0,70

Où :

$T$  : la température moyenne mensuelle du mois considéré ( $^{\circ}\text{C}$ )

$ETP$  : l'évapotranspiration potentielle du mois considéré (mm) ;

$K$  : coefficient d'ajustement mensuel.

$i$  : indice thermique mensuel, donné par la formule suivante :

$$i = \left(\frac{t}{5}\right)^{1,5}$$

$I$  : la somme des indices thermiques mensuels, donné comme suit :

$$I = \sum_{i=1}^{12} i$$

Le ( $a$ ) est un coefficient donné par la formule suivante :  $a = \frac{1,6}{100} * I + 0,5$  (ABER .M, 2008)

### C. Formule de PENMAN

PENMAN a proposé d'évaluer l'ETP à partir d'un bilan énergétique simple :

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

Où :

$R_n$  : la radiation nette reçue 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 :

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

Où :

**ETP j** : Évapotranspiration potentielle journalière en mm ;

**Iga** : Radiation solaire directe journalière en l'absence d'atmosphère exprimée en cal/cm<sup>2</sup>/j ;

**a** : 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/cm<sup>2</sup>/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 ;

**ew** : tension maximale possible de la vapeur d'eau, exprimée en millibars, pour la température T ;

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

#### D. Formule de BLANEY-CRIDDLE

Elle à été établie et donné des résultats satisfaisantes pour les régions arides et semi – arides, elle s'exprime par la formule suivante :

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

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)



### E. Autres formules

L'ETP est considérée comme une donnée climatique, ne dépend que des conditions atmosphériques, de l'énergie disponible à la surface d'évaporation et la résistance aérodynamique du couvert végétal. Ils existent des méthodes expérimentales pour la mesure directe de l'ETP, basées sur le bilan hydrique, le bilan d'énergie et la méthode Lysimétrique. Devant la difficulté de la mise en place de ces dispositifs, différentes formules avec des degrés d'empirisme variables ont été développées depuis ces 50 dernières années pour estimer indirectement cette grandeur à partir de données climatiques. Elles sont classées en 4 groupes selon les paramètres utilisés, parmi ces formules on peut citer :

- Les formules combinées :
  - \_ de Penman originale (1963),
  - \_ de FAO Penman-Monteith (1994).
- Les formules basées sur la température :
  - \_ Blaney-Criddle (1950),
  - \_ Jensen-Haise,
  - \_ Hargreaves,
- Les formules basées sur la radiation :
  - \_ FAO-Radiation,
  - \_ Christiansen - Hargreaves (1969) ;
  - \_ Christiansen - Samani (1985).
- Les formules basées sur l'humidité relative de l'air :
  - \_ d'Ivanov (1954),
  - \_ d'Eagleman (1967),
  - \_ FAO Class A.

### III.2.3. Calcul de l'évapotranspiration potentielle par TURC et PENMAN

Les résultats de calcul de l'ETP par la formule de TURC sont représentés dans le tableau III.2, Suivant :

**Tableau III.2. L'évapotranspiration potentielle par la formule de TURC**

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Humidité en %	62	52	43	36	33	27	24	27	38	47	52	62
Température moyenne en (c°)	11,6	13,6	18,8	22,1	27,7	32,4	35,7	35,2	30,2	24,4	17	12,8
Radiation mensuelle globale	224 ,9	257 ,6	291,4	321	347,2	345	375,1	356,5	312	323,5	252	232,5
ETP en (mm)	51,44	58,51	82,34	106,1	128,1	143 ,5	164,2	151,5	113, 33	72,98	64 ,18	52,08

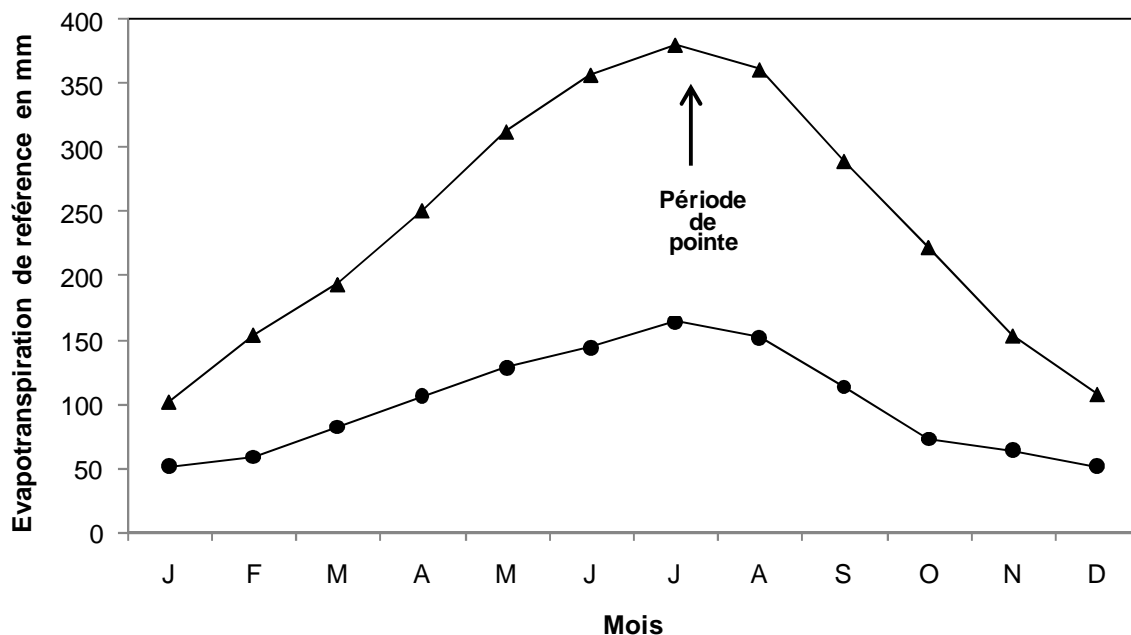
La formule de TURC, pour le calcul de l'évapotranspiration fait intervenir uniquement trois paramètres qui sont l'humidité relative en (%), la radiation mensuelle globale la somme des heures d'insolation dans le mois considéré ainsi que la température moyenne mensuelle. On observe une variation assez importante de l'évapotranspiration en l'été et l'hiver, variant d'un minimum de 51,44 mm le mois de Janvier et un maximum de 164,2 mm atteint durant le mois de Juillet.

Les résultats de calcul de l'évapotranspiration par la formule de PENMAN sont représentés dans le tableau III.3 suivant :

**Tableau III.3. L'évapotranspiration potentielle par la formule de PENMAN**

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
ETP en (mm)	102	154	193	251	312	357	380	361	290	222	153	108

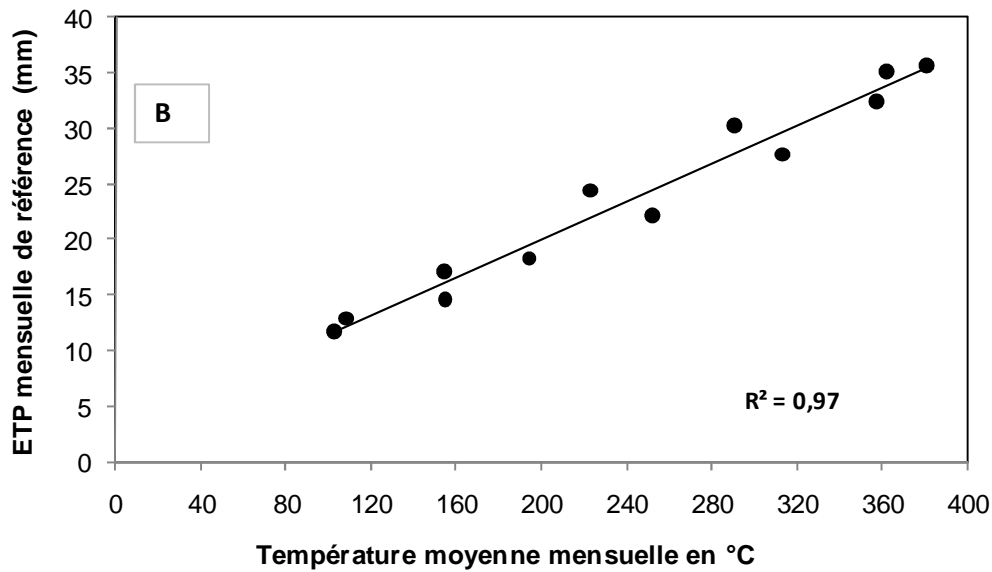
Les résultats obtenus par la formule de PENMAN sont nettement plus grands que ceux obtenus par la formule de TURC, avec un minimum de 102 mm, le mois de Janvier, et un maximum de 380 mm, le mois de Juillet. La figure III.3 ci-dessous est la représentation graphique des résultats de calcul de l'évapotranspiration par la formule de TURC et par la formule de PENMAN.



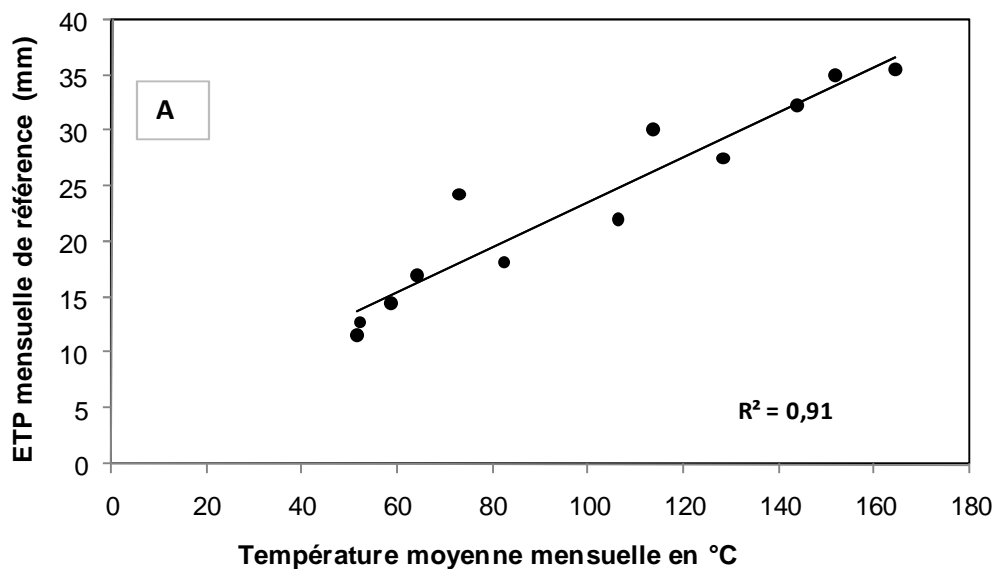
**Figure III.3.** évapotranspiration de référence mensuelle en fonction des différents mois de l'année. (▲); ETM déterminée par la méthode de TURC. (●); ETM déterminée par la méthode de Penman-Monteith.

La figure précédente nous montre clairement l'écart existant entre les résultats obtenus par la formule de TURC et ceux obtenus par la formule de PENMAN. La méthode de TURC a tendance à sous-estimer l'évapotranspiration cela est dû au fait que la formule de TURC est s'adapte mieux pour les zones humides, ce qui n'est pas le cas de notre zone d'étude. Pendant le

mois de janvier, où l'évapotranspiration est la plus faible, on remarque que les résultats par PENMAN sont deux fois supérieurs. Durant le mois de pointe, juillet, les valeurs de PENMAN sont presque trois fois supérieures à ceux de TURC.



**Figure III.4.** Corrélation linéaire entre l'évapotranspiration de référence mensuelle et la température moyenne mensuelle: ETM déterminée par la méthode de Penman-Monteith avec coefficient de corrélation  $R^2 = 0,97$



**Figure III.5.** Corrélation linéaire entre l'évapotranspiration de référence mensuelle et la température moyenne mensuelle: (A); ETM déterminée par la méthode de TURC avec un coefficient de corrélation  $R^2 = 0,91$

**Interprétation des deux courbes :**

La corrélation entre l'évapotranspiration mensuelle par la méthode de PENMAN et les températures moyennes mensuelles est de  $R^2 = 0,97$ , une corrélation presque parfaite. La corrélation entre les températures moyennes mensuelles et l'évapotranspiration par la formule de TURC offre un coefficient de corrélation  $R^2 = 0,91$ , assez bon mais moins précis que celui de PENMAN. L'évapotranspiration par la formule de PENMAN fait intervenir presque tous les paramètres climatiques à savoir, température, pluviométrie, humidité, radiation solaire, les vents...etc. donc les résultats sont systématiquement plus précis, que ceux de TURC, qui est à la base destiné pour les régions humide, et qui ne fait intervenir que trois paramètres dans le calcul de l'évapotranspiration, à savoir l'insolation, la température et l'humidité relative.

Pour la détermination des besoins d'irrigation on utilise les résultats obtenus par la formule de PENMAN- Montheit, rapportés dans le tableau III.3.

**III.2.4. Calcul de l'évapotranspiration réelle**

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

$$ETR = Kc \times ETP$$

**Tableau III.4 : résultats de calcul de l'évapotranspiration réelle**

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
ETP en (mm)	102	154	193	251	312	357	380	361	290	222	153	108
Kc	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,7	0,7
ETM en (mm)	71,2	123,2	154,7	200,8	250,0	321,1	342	324,8	260,6	200,1	107,3	75,3

Le palmier dattier est doté d'un coefficient cultural variant entre 0,7 et 0,9. Un minimum de 0,7 pour les mois d'hiver, Novembre, décembre et Janvier, et un maximum de 0,9 durant la saison estivale. L'évapotranspiration réelle du palmier dattier varie de 71,2 mm à un maximum de 342 mm atteint durant le mois de pointe, juillet.

**III.3. Calcul des pluies efficaces :**

La pluie efficace c'est la partie de la pluie qui est utilisable de la culture. Pour calculer les pluies efficaces on utilise la formule d'USDA –SCS, utilisable pour des précipitations de moins de 250 mm (LANGLOI .F, 2006).

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

Avec :

$P_{eff}$  : la pluie efficace en mm ;

$P$  : précipitations totale en mm.

Le tableau III.5 ci-dessous rapporte les résultats de calcul de la pluie efficace, dans la région d'Ouargla les précipitations sont très faible, qui sont en terme de quelques millimètre ou fraction de millimètres, qui dans la plus part des cas ne sont pas pris en considération.

**Tableau III.5 : Résultats de calcul de la précipitation efficace**

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
P <sub>tot</sub> (mm)	6,2	1,7	5,7	1,6	5,3	0,1	0,1	1,4	3,3	7,1	9,1	2,2
P <sub>eff</sub>	6,14	1,7	5,64	1,6	5,25	0,099	0,099	1,4	3,28	7,02	8,97	2,2

### III.4. 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 déterminer en laboratoire et exprimées d'une manière pondérale. (LANGLOI .F, 2006).

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

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

**RU** Réserve utile (mm)

**H<sub>cr</sub>** Eau contenue au maximum dans le champ (en %)

**H<sub>pf</sub>** Eau contenue au point de flétrissement (en %)

**p** Profondeur des racines (dm)

**ds** Densité sèche

On a la texture du sol est sableuse, cette dernière correspond à :

$$H_{cr}=12\% \quad H_{pf}=6,45\% \quad ds=1,35$$

On a la profondeur des racines optimale est : 20 dm

$$RU = 20 \times 1,35 \times (12 - 6,45)$$

$$RU = 150 \text{ mm}$$

### III.5. Calcul de la réserve facilement utilisable (RFU)

La réserve facilement utilisable représente la dose d'arrosage qu'il faut donner à la plante durant un arrosage et que le sol peut la recevoir sans difficulté.

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

RFU Réserve utile facilement disponible (mm)

RU Réserve totale disponible (mm) (LANGLOIS .F, 2006)

La réserve facilement utilisable du palmier dattier est

$$RFU = 100 \text{ mm/mois}$$

### III.6. 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.

La région d'Ouargla est une région sèche, désertique et saharienne, donc on considère l'apport d'eau souterraine comme nul et sera par conséquent pas pris en considération.

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

Avec :  $Irr_{req}$  : irrigation requise en mm ;

$ETm$  : l'évapotranspiration maximale en mm ;

$RFU$  : réserve facilement utilisable ;

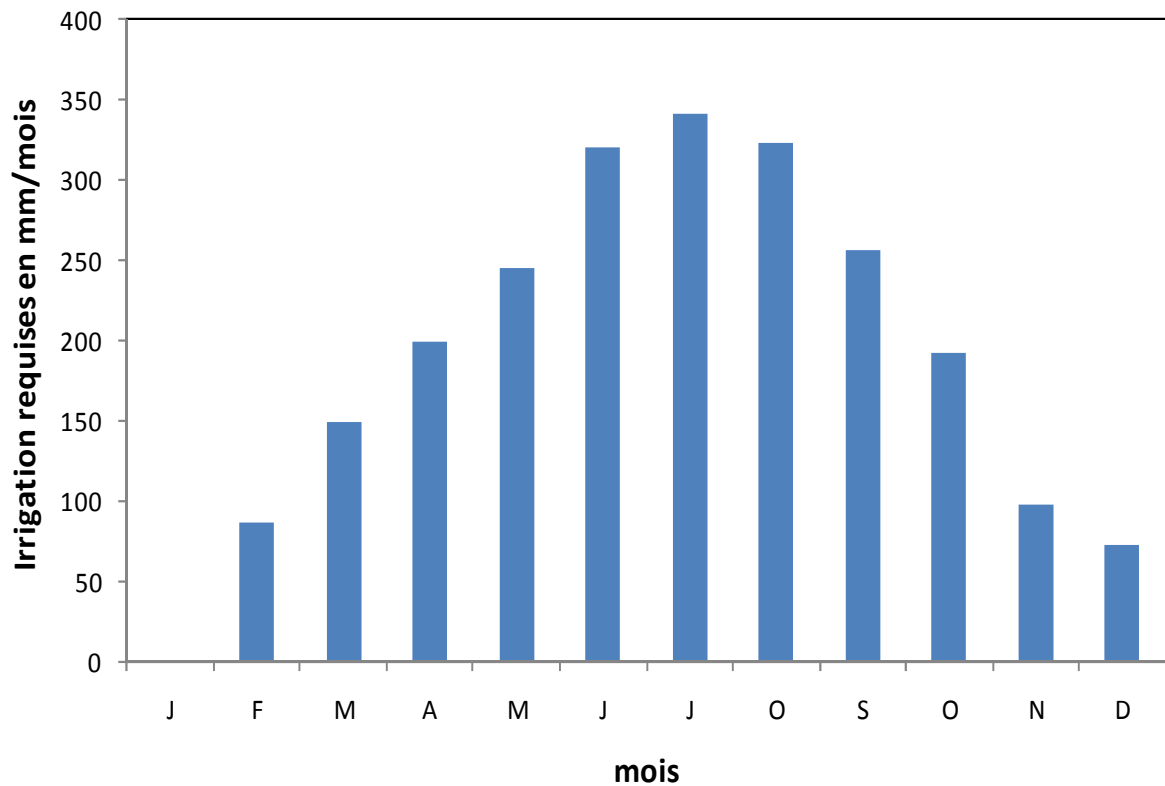
$K$  : coefficient d'utilisation de la réserve facilement utilisable ;

Dans notre cas le coefficient K est nul

**Tableau III.6 : Résultats de calcul de l'irrigation requise mensuelle pour le palmier dattier**

Mois	J	F	M	A	M	J	J	O	S	O	N	D
<b>ETM (mm)</b>	71,2	123,2	154,7	200,8	250,0	321,1	342	324,8	260,6	200,1	107,3	75,3
<b>P eff (mm)</b>	6,14	1,7	5,64	1,6	5,25	0,099	0,099	1,4	3,28	7,02	9,1	2,2

La connaissance de l'évapotranspiration potentielle et des pluies efficaces nous permettra de déterminer les apports d'eau en mm/mois aux arbres fruitiers qui est l'irrigation requise (figure III.6) durant le cycle végétatif ou bien la période végétative du palmier dattier.



**Figure III.7** Irrigations requises en mm/mois

Le graphique montre que la variation de l'irrigation requise est similaire que l'évapotranspiration réelle avec, un minimum pour le mois de janvier et un maximum atteint durant le mois de juillet.

### III.7. Calcul du nombre d'arrosage mensuel

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)

Le nombre d'arrosages doit être ramené à une valeur entière et la dose doit être ajustée. Les résultats du régime d'irrigation du palmier dattier sont présentés dans le graphique III.8.

### III.8. Conclusion Chapitre 3 :

Ce chapitre représente le noyau de notre travail. A travers ce chapitre nous avons calculé les besoins en eau pour l'irrigation du palmier dattier dans la région d'Ouargla. Ainsi, pour le calcul de pour le calcul des besoins on doit d'abord calculer l'évapotranspiration potentielle et réelle. On a calculé et représenté graphiquement l'évapotranspiration potentielle par deux méthodes, la méthode de PENMAN et la méthode de TURC. La méthode de TURC fait intervenir trois paramètres, la température, l'humidité relative et les radiations mensuelles. Cette dernière est mieux adaptée pour les régions humide et a tendance a sous-estimé l'évapotranspiration. La méthode de PENMAN quant a elle fait intervenir un plus grand nombre de paramètres climatiques, elle offre ainsi des résultats plus précis et plus représentatives des valeurs réelles. La méthode de calcul de l'évapotranspiration potentielle est mieux adaptée pour les régions arides.

Par la suite nous avons calculé l'évapotranspiration réelle du palmier dattier en multipliant l'évapotranspiration potentielle par le coefficient cultural du palmier dattier. Les résultats obtenues montrent qu'ETR minimum est celui du mois de janvier, 71.2 mm/mois, c'est le mois où la consommation du palmier est la plus faible. L'ETR est maximum durant le mois de juillet, 342 mm/mois, c'est le mois de pointe. Sur la base des résultats obtenus, nous avons calculé les besoins en eau d'irrigation en prenant en considération les pluies efficaces. En finale, nous avons déterminé le nombre d'irrigation par mois qui est fonction de la réserve facilement utilisable de la plante et des besoins en eau d'irrigation.

L'ensemble des résultats obtenus sont résumés et représenté graphiquement par le schéma du régime d'irrigation (figure III.8) qui montre le nombre et les volumes d'eau à apporté au palmier durant tout les mois de l'année.



# Chapitre IV : Techniques d'irrigation

## IV.1. Définition d'irrigation :

L'irrigation est l'opération qui permet d'apporter artificiellement d'eau pour croissance la production des végétaux cultivés, et permettre leur développement normal, et pour garantir un rendement optimum.

Généralement on parle d'« arrosage » pour les petites surfaces (jardinage) réservant le terme d'« irrigation » pour les surfaces plus importantes (agriculture de plein champ, horticulture), mais il n'y a pas de norme en la matière.

## IV.2. Les différentes techniques d'irrigation :

Le choix de la technique d'irrigation est basé essentiellement sur l'abondance de la ressource en eau et les conditions naturelles rencontrées, les cultures, la technologie, les besoins en main d'œuvre, les couts des bénéfices.

Les trois principales méthodes utilisées pour irriguer du champ sont :

- Irrigation gravitaire.
- Irrigation par aspersion.
- la micro-irrigation ou irrigation goutte à goutte

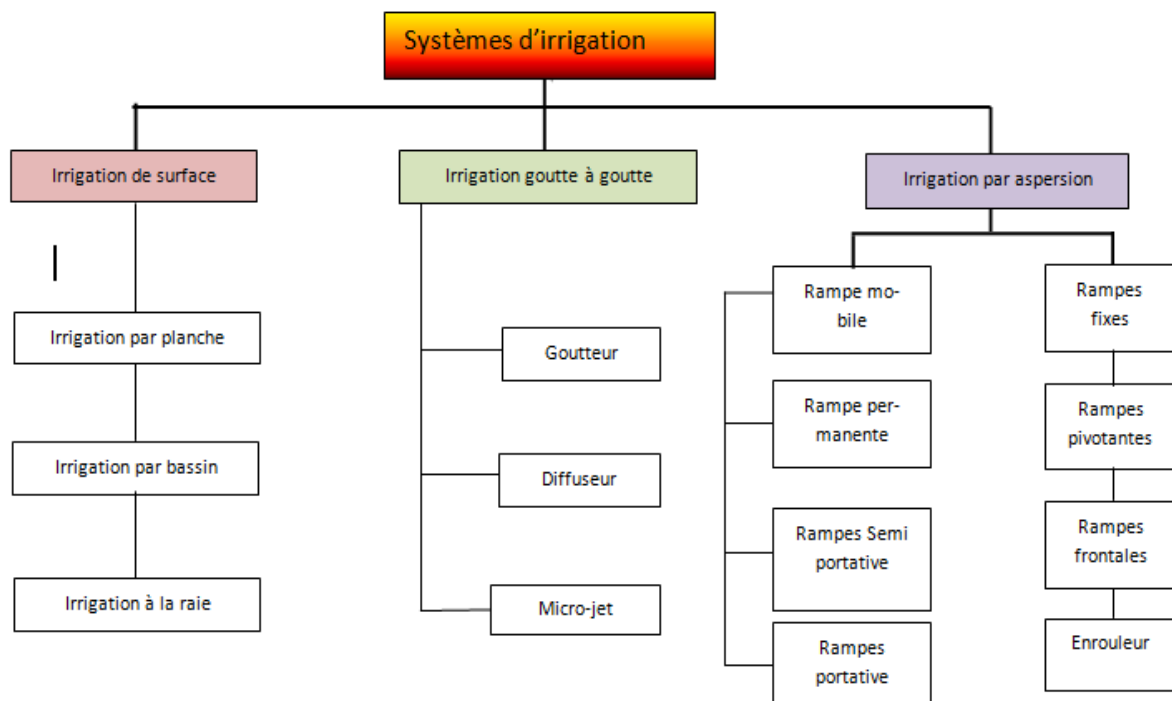


Figure IV.1 .Les différentes techniques d'irrigations

### IV.2.1. Les différents types d'irrigation gravitaire

L'irrigation gravitaire ou irrigation de surface consiste à distribuer l'eau directement sur la parcelle cultivée par ruissellement sur le sol dans des sillons (méthode d'irrigation à la raie), par nappe (on parle d'irrigation par planche), par submersion contrôlée (irrigation par bassin).

#### IV.2.1.1. L'irrigation à la raie

Elle consiste à couvrir partiellement le sol par l'eau qui, ensuite, s'infiltre latéralement et remonte par capillarité. Au lieu de s'étendre sur toute la surface, l'eau quittant le canal d'amenée ruisselle puis s'infiltre dans les rigoles bordant les billons sur lesquels sont implantées les cultures, elle est utilisée idéalement pour des sols composés de sable d'une texture grossière et limon sableux avec une pente à 0,2 à 3% (CLEMENT .M, ADOUYE .P, CHOSSAT .J, 2011)

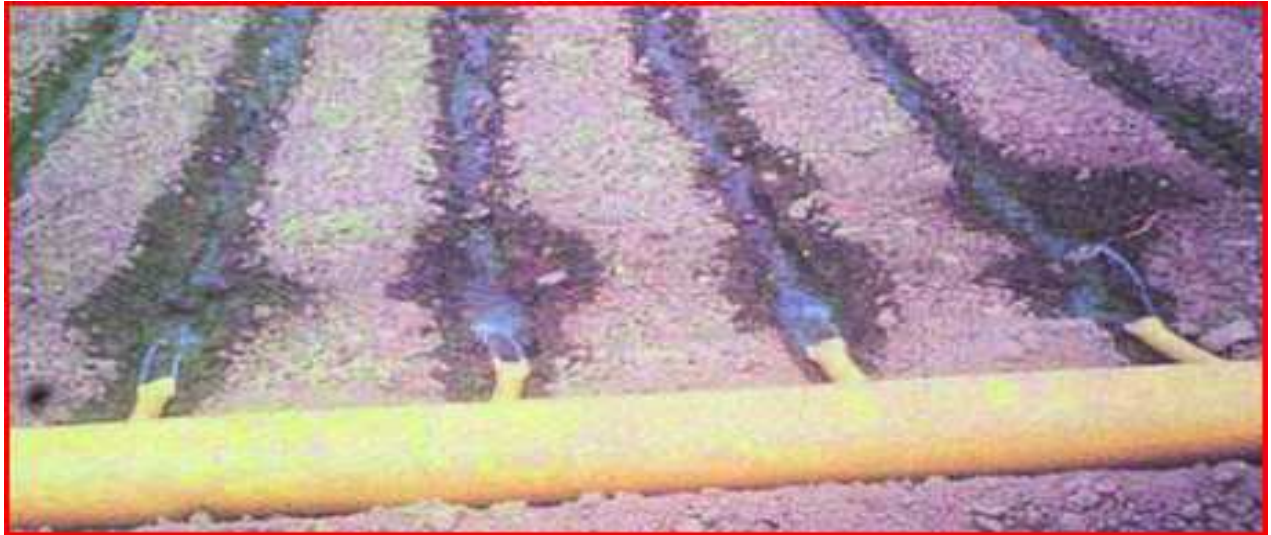
L'irrigation à la raie se prête mieux à la mécanisation par siphon, par rampes à vannettes, par gaine souple, par trans-irrigation :

- \_ L'irrigation par siphon : permet une bonne répartition de l'eau, de réduire l'érosion du sol à la tête de la raie. Il présente un faible investissement.



**Figure IV.2 : Irrigation à la raie par siphon**

- \_ L'irrigation par rampes à vannettes permet un réglage plus précis et plus constant du débit d'eau déversé, par rapport au siphon en évite l'opération d'amorçage qui est un lent et fatigant. Cette dernière offre les ouvertures 25, 50, 75 et 100%.
- \_ L'irrigation par gaine souple est posée sur une rigole préparée pour éviter le déplacement de la gaine une fois remplie d'eau, la perforation peut être effectuée sur deux côtés, la gaine peut être munie par de manchette souple qui permettent d'irriguer au centre des raies se soucier d'emplacement précis de perforation. Elle demande un investissement modeste et sont facile d'installées dans le terrain, mais elle présente l'inconvénient d'être fragile et réglage des débits est peu précis.



**Figure IV.3. L'irrigation par gaine souple**

Le système “transirrigation” est constitué d’un tuyau rigide posé avec une pente régulière en tête de parcelle et percé d’orifices calibrés qui alimentent les raies. Le déplacement automatique d’un piston à l’intérieur du tube entraîne le déplacement de la main d’eau sur l’ensemble de la parcelle. Le débit de chaque trou décroît progressivement jusqu’à s’annuler au fur et à mesure que le piston se déplace vers l’aval du trou. Cette technique permet peu de travail pendant l’irrigation, une maîtrise précise de la dose d’eau apportée (et donc moins de gaspillage). Le principal inconvénient est qu’elle est très onéreuse et nécessite une étude de dimensionnement approfondie. Ces systèmes d’irrigation ont un rendement hydraulique de 50% (la moitié de l’eau utilisée n’est pas effectivement captée par la plante (CLEMENT .M, ADOUYE .P, CHOSSAT .J, 2011)).

#### **IV.2.1.2. L’irrigation par planche**

Le principe de cette technique consiste à créer une nappe mince sur des planches longues et étroites dans un sol incliné d’une pente d’ordre 0,15 à 0,6 % pour plantes sarclés et dépasse 5% pour la luzerne et les autre culture fourragère, le débit déverser en fonction de la pente, la longueur et la largeur de la planche, l’eau ruisselle est s’infiltré au cours de son parcours le long de la planche. Pour éviter un gaspillage excessif de l’eau, elle est déversée par une ou plusieurs vannes dans le canal d’amenée, guidée le long de la planche par des bourrelets latéraux peu élevés et larges pour qu’il n’opposent aucun obstacle au passage des machines en période sèche, un canal de colature recueille , au bas de la planche , les eaux en excès.



**Figure IV.4. Irrigation par planche.**

#### **IV.2.1.3. L'irrigation par bassin**

Cette technique d'irrigation s'applique à toutes les cultures qui peuvent supporter la submersion par les eaux pour une longue durée, le sol est plat, il est donc nécessaire de fournir une quantité d'eau 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, parmi les inconvénients de Cette technique en milieu aride. On observe en effet un tassement du sol en profondeur, une réduction de la perméabilité et une asphyxie temporaire du sol qui peut être nuisible.

#### **IV.2.1.4. L'irrigation partielle de la rhizosphère**

Le principe de cette technique est irrigué uniquement la moitié de la racine de la plante, et ceci de manière alternée. On a donc la moitié de la racine qui capte l'eau nécessaire à son développement et l'autre moitié qui subit une pénurie d'eau et va envoyer des signaux aux cellules de la plante. Celle-ci va donc adapter son comportement en diminuant sa consommation d'eau. On observe ainsi une diminution de la transpiration de la plante qui s'adapte, mais aussi une diminution de l'évaporation du sol (car on irrigue une surface 2 fois plus petite). Cela permet aussi de limiter l'augmentation de la salinité des sols qui est un vrai problème pour l'irrigation au long terme (CLEMENT .M, ADOUYE .P, CHOSSAT .J, 2011).

#### **IV.2.2. L'irrigation d'aspersion :**

La technique d'irrigation par aspersion est conçue sur le modèle de la pluie naturelle. L'eau est refoulée sous pression dans un réseau de conduites, ensuite elle est diffusée par des asperseurs rotatifs sous la forme d'une pluie artificielle. Cette technique est la meilleure pour les sols sableux à taux d'infiltration assez fort, sans pour autant ignorer qu'elle s'adapte parfaitement à la plupart des types du sol. La pluviométrie moyenne des asperseurs doit être inférieure au taux d'infiltration permanent du sol, pour éviter le ruissellement des eaux en surface (SAUYOURI .N, 2012).

**IV.2.2.1. Les avantages d'irrigations par aspersion :**

- \_ tout nivellement au sol est supprimé.
- \_ la seule méthode qui permet d'arroser convenablement les sols trop perméables pour être irriguer par ruissellement.
- \_ Elle permet un dosage précis pour l'économie.
- \_ Provoque une forte oxygénation de l'eau projetée en forme de la pluie.
- \_ l'arrosage antigel est possible.
- \_ Economie de main d'œuvre.

**IV.2.2.2. Les inconvénients d'irrigation par aspersion :**

- \_ Difficultés d'utilisation et mauvaise de répartition de l'eau au temps d'agité.
- \_ Le cout élevé des installations.
- \_ Le mouillage des feuilles favorisant les maladies cryptogamiques chez certaines espèces végétales.

**IV.2.2.3. Les types d'irrigation par aspersion**

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

**A. L'aspersion traditionnelle**

Les arroseurs utilisés en agriculture sont à rotation lent. Cette est obtenue par le va-et-vient d'un bras de levier qui porte un seul aubage et qui oscille sous l'effet de l'impact d'un jet qui s'échappe d'une buse. Le petit arroseur ont des buses de 4 à 7 mm de diamètre, la portée de leur jet est relativement faible, leur pression de service varie entre 2,5 et 3,5 bars et les gouttelettes d'eau obtenues sont de petite taille, les arroseurs moyenne comprise entre 8 et 14 mm de diamètre et nécessitent une pression de service d'au moins 4 bars. Le grand arroseur ont des buses de 15 à 25 mm de diamètre et en fonctionnent à des pressions d'au moins 4,5 bars. Ils ont une pluviométrie horaire élevée et conduisent à la formation de grosses gouttelettes. La taille des gouttes ne doit occasionner aucun dommage ni au sol, ni à la culture, l'angle idéal d'inclinaison par rapport au plan horizontal est de 32° en conditions calmes. Les perturbations causées par le vent. La plupart des arroseurs moyens à usage agricole ont des angles compris entre 25 et 26°, alors que ceux grands arroseurs se situent entre 23 et 24° (BROUWER, C, 1990)

Dans l'irrigation par aspersion on rencontre des installations suivant :

- \_ **Les installations mobiles portatives** : elles sont composées de canalisations principales ainsi que de rampes qui peuvent être déplacées à la main. Les conduites qui forment l'ensemble du système doivent donc être légères, facilement raccordables et détachables les unes des autres. Elles sont habituellement en aluminium léger ou en alliage d'aluminium et leur longueur est en général de 6 m.
- \_ **Les installations semi-mobiles portatives** : elle comprend des canalisations principales fixes et enterrées à intervalles réguliers. Le plus souvent, la station de pompage est permanente et elle est située de telle façon à minimiser le trajet de l'eau. En général les canalisations fixes sont en acier et elles sont aussi protégées contre la corrosion. Mais il existe d'autres variantes, en utilisant des tuyaux flexibles.

- les installations permanentes : qui restent sur les terrains et ne bougent pas durant la période d'irrigation, on parle alors « couverture totale ».
- Les installations temporaires : où on déplace les rampes et les asperseurs, on parle alors les systèmes mobile ou semi-mobile.



Figure IV.5. L'irrigation par aspersion

## B. L'aspersion mécanisée

### 1. Le système de rampe pivotante

C'est un appareil d'irrigation automatique, généralement fixe, arrosant un cercle ou une portion de cercle en rotation autour d'un point central d'amenée d'eau, l'amenée d'eau se faisant par une conduite enterrée (LANGLOIS .F, 2006).

Le système de rampe pivotante est constitué d'une conduite avec arroseurs, supportée à l'une de ses extrémités par une tour à pivot central d'où l'eau arrive, une série de tours munies de roues et un moteur électrique ou hydraulique. La conduite peut mesurer entre 100 et 500 m et peut irriguer jusqu'à 100 ha. L'ensemble permet d'irriguer une surface circulaire, mais nécessite un capital d'investissement élevé. Le débit sont de l'ordre de 250 à 850 m<sup>3</sup>/h pour une pression de 6 bars, l'investissement doit être très important et la consommation énergétique très élevée (SAUYOURI .N, 2012).

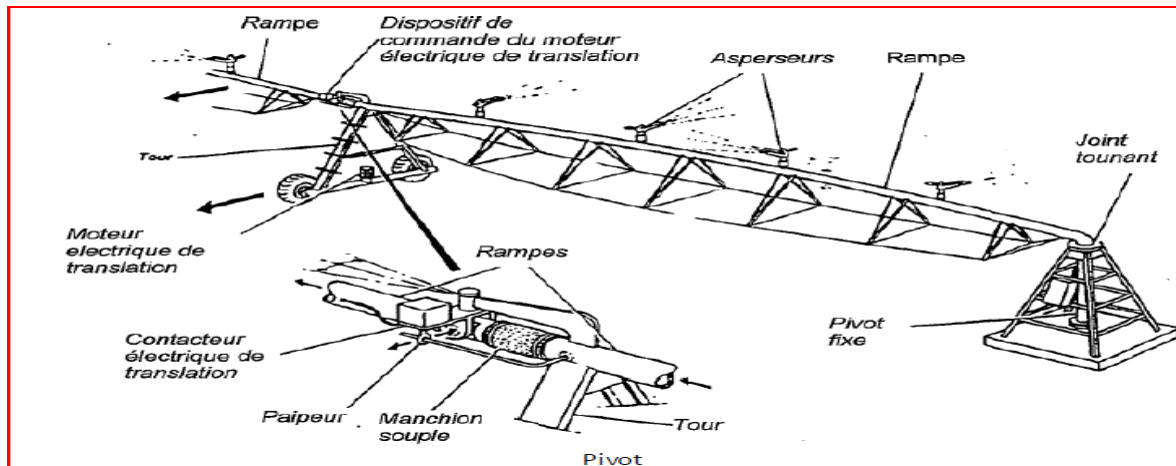


Figure IV.6. Représenter l'irrigation par rampe pivotante

## 2. Le système de rampe frontale

Ce système diffère de la rampe pivotante par le fait que toutes les tours sont mobiles et le déplacement se fait latéralement. Pour alimenter le système en eau, l'alimentation se fait soit par un fossé creusé au milieu ou au bord du champ, soit par un tuyau flexible. En revanche, l'investissement doit être très important et la consommation énergétique très élevée.

## 3. La micro-aspersion :

Est un système d'aspersion fixe dérivé du goutte-à-goutte. Il comporte comme dernier des rampes de polyéthylène sur le sol mais les goutteurs sont remplacés par des micro-asperseur rotatif ou des buses fixes. Notons qu'il existe une grande variété de micro-asperseur sur la marché. La micro-aspersion utilisée sur des sols très pauvres en argile et en limon (moins de 10%) car ces sol ne permettent pas une diffusion latérale suffisante de l'eau pour pouvoir être arrosé au goutte-à-goutte. Elle permet de dispenser l'eau sur une surface suffisante pour assurer une extension racinaire convenable ([Encyclopédie Agricole Pratique, Nathan](#)).

## 4. L'irrigation par enrouleur :

C'est un appareil extrêmement mobile et souple d'utilisation qui a été rapidement adopté par les agriculteurs. Il est facilement et rapidement déplaçable d'une parcelle à l'autre : l'enrouleur est immédiatement opérationnel, c'est l'outil idéal d'intervention rapide en irrigation. Dans les régions où le printemps est sec, les irrigants l'utilisent pour arroser et sauver le semis ([BASSEZ et al., 1987](#)) ([CLEMENT .M, ADOUYE .P, CHOSSAT .J, 2011](#)).

Les enrouleurs sont des appareils d'irrigation à grande capacité comportant :

- \_ un châssis à roues.
- \_ un tube polyéthylène sur tambour.
- \_ un moteur hydraulique.
- \_ un traineau porte-canon.

Le traineau est mu par traction du tube polyéthylène qui s'enroule sur le tambour grâce au moteur hydraulique. On irrigue donc une bande de terre de chaque passage. ([Encyclopédie Agricole Pratique, Nathan](#)).

Ce système automatique assure l'arrêt du traineau et l'enrouleur soit retourné de 180°, soit déplacé. Jusqu'à la prochaine position, ce déplacement se fait au moyen d'un tracteur, il en résulte une dispense énergétique plus élevée que pour les systèmes classiques.

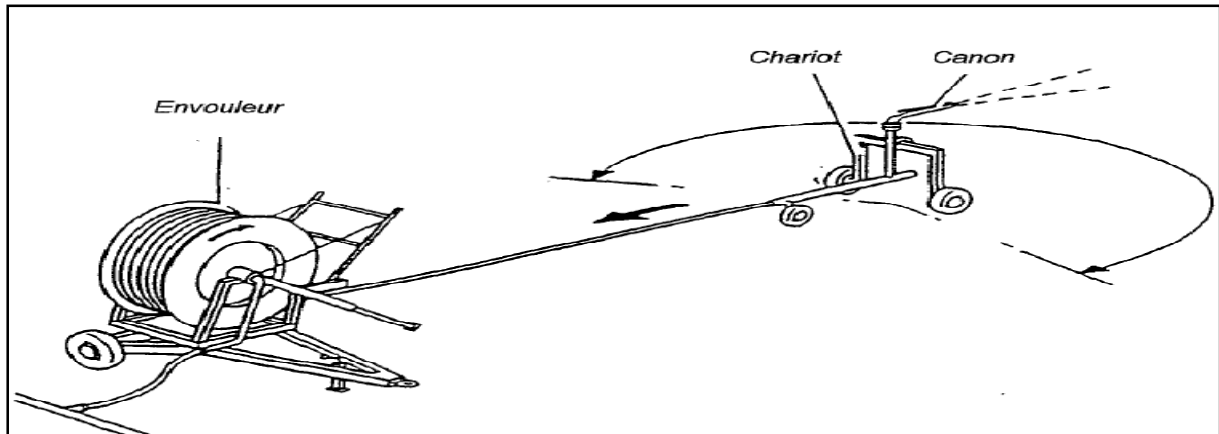


Figure IV.7. Schéma de l'enrouleur

#### IV.2.2.4. Intensité moyenne de la pluie artificielle

La pluviométrie de l'asperseur, pour assurer les conditions d'arrosages par aspersion, c'est-à-dire l'élimination du ruissellement, de formation des flaques d'eau à la surface du sol et l'érosion de celui-ci, il faut que la condition suivante soit vérifiée.

$$I_{\text{moy}} \leq K$$

Avec :

$I_{\text{moy}}$  : intensité moyenne de la pluie artificielle en (mm/h)

$K$  : vitesse d'absorption à la fin de la période d'arrosage sur une position (m/h)

Si  $I_{\text{moy}} \leq K$  : l'eau d'irrigation s'infiltré entièrement dans le sol.

Si  $I_{\text{moy}} > K$  : risque d'inondation et asphyxie des plantes.

#### IV.2.3. L'Irrigation goutte-à-goutte

L'irrigation au « goutte à goutte » consiste à amener l'eau sous pression dans un système de Canalisations, généralement en PVC; cette eau est ensuite distribuée en gouttes au champ par un grand nombre de goutteurs répartis tout le long des rangées des plantations. La zone humidifiée du sol est celle située au voisinage immédiat des racines des plantes. Par conséquent, cette méthode d'irrigation a un haut degré d'efficacité de distribution d'eau, L'irrigation à la goutte à goutte est aussi appelée micro-irrigation (BROUWER, C, 1990).

L'irrigation de surface possède des rendements faibles de l'ordre de 55 à 60 % (GITTINGER, 1985) comparativement à l'irrigation localisée où les rendements atteignent 97-98 % (CHAUHAN, 2007).



### IV.2.3.1. Équipement du système :

L'installation d'un système goutte à goutte est composé :

- l'unité de pompage
- l'équipement de tête
- les rampes
- les émetteurs (goutteur, micro-jets, micro-asperseurs).

L'unité de pompage puise l'eau de la source avec une pression désirée dans le réseau de distribution pour assurer le débit prévu dans les émetteurs ;

L'équipement de tête pour assurer le bon fonctionnement du système, la priorité va aux filtres avec dans tous les cas un filtre à tamis est la pièce maîtresse du système, si l'eau s'avère chargée il faut adjoindre un filtre à sable, dans les eaux de surface il faudra placer une crépine flottante qui s'arrêtera les particules les plus grosses, on trouve aussi régulateur de pression, et la fertilisation qui permet d'assurer la répartition de l'eau dans les différents parcs constitués par des rampes et portant les émetteurs.

Les rampes sont en PVC ou en polyéthylène, aluminium et peuvent être enterrées pour éviter la dégradation sous l'effet du rayonnement solaire ;

L'organe le plus technique du système est l'émetteur ou goutteur qui doit fournir un débit précis pour une pression donnée sans être sensible à l'obstruction par l'intérieur et surtout à l'extérieur.

Les rampes doivent présenter un écartement constant entre les goutteurs de manière que les bulbes d'humidité se recoupent et entretiennent toujours une bande d'humidité continue le long du rang de culture (CLEMENT .M, ADOUYE .P, CHOSSAT, 2011).

Parmi les avantages et les inconvénients de l'irrigation au goutte-à-goutte sont :

### IV.2.3.2. Les avantages :

- \_ Economie d'eau
- \_ faible pression pour les goutteurs
- \_ irrigation fréquente
- \_ le feuillage n'est pas lavé
- \_ accès plus facile à la parcelle
- \_ possibilité d'automatisation
- \_ économie en main d'œuvre
- \_ irrigation des terrains accidentés
- \_ succès pour les sols lourds et sols légers
- \_ contrôle précis des quantités d'eau et de fertilisant apportés

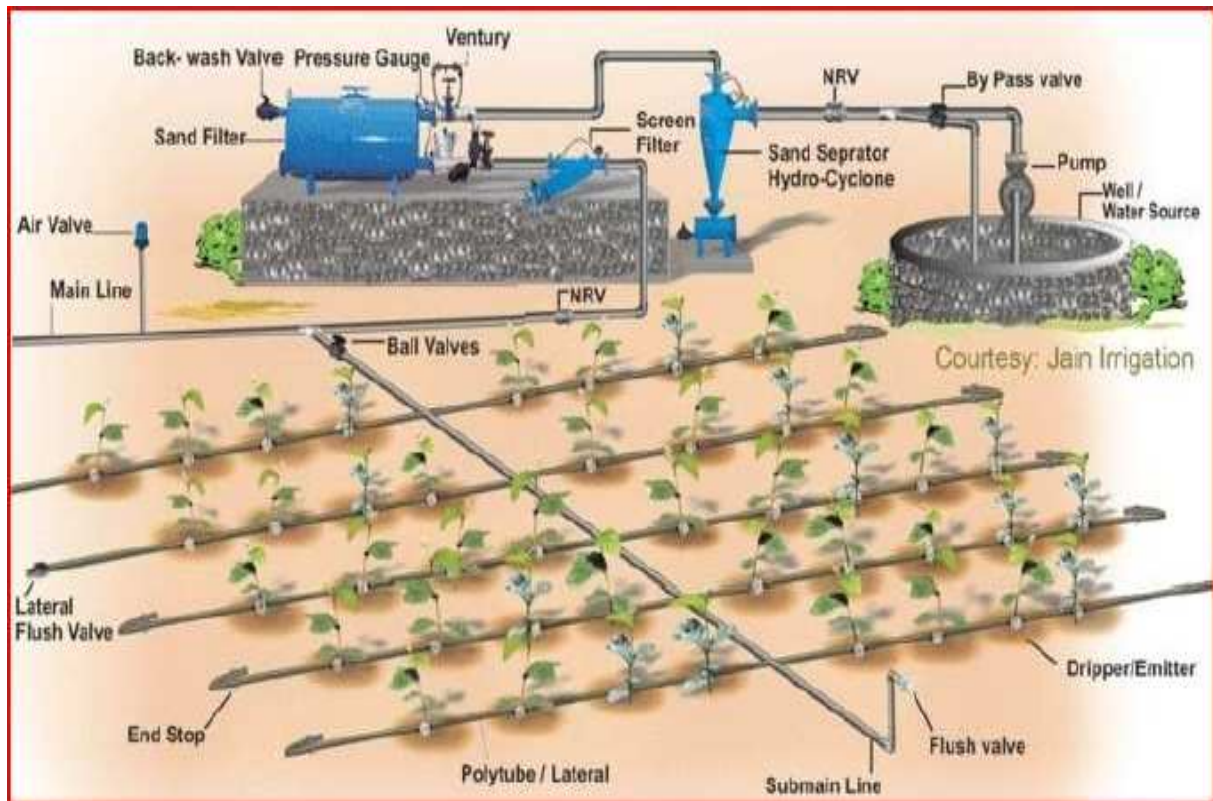


Figure IV.8. Schéma d'un système classique d'irrigation au goutte-à-goutte

#### IV.2.3.3. Les inconvénients :

- \_ le colmatage des goutteurs
- \_ sensibilité à l'obstruction (sable, limon, matière organique, gel bactérien.....)
- \_ développement racinaire des cultures limité.
- \_ difficulté de voir si le réseau fonctionne correctement
- \_ fruit et feuillage ne sont pas lessivés de la poussière
- \_ ne convient pas à toutes les cultures, surtout la plante tropicale
- \_ mal de contrôle l'irrigation en cas de pluie en plein champ

#### IV.3. 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
- Les contraintes économique.

##### IV.3.1. Les conditions naturelles

- \_ **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 ([CLEMENT .M, ADOUYE .P, CHOSSAT .J, 2011](#)).
- **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 par aspersion, l'irrigation au goutte à goutte ou de surface est préférable.
- **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 plantes 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 ou goutte-à-goutte.

#### **IV.3.2. Les cultures pratiquées :**

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. C, 1990](#)).

#### **IV.3.3. Les contraintes humaines :**

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.3.4. 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 ([Encyclopédie Agricole pratique, Nathan](#)).

#### **IV.4. Calcul 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 du palmier dattier, à savoir :

- Economie d'eau : dans la région d'Ouargla les ressources en eau exploités sont les eaux souterraines qui sont captés à travers des forages, et la caractéristique principale de ces eaux est leur aspect non renouvelable.
- Possibilité d'automatisation : les palmerais dans la région d'Ouargla sont généralement éloignés des agglomérations ce qui rend difficile le déplacement quotidien à la parcelle pour l'irrigation. Sur ce point, l'irrigation du « goutte à goutte » offre la possibilité d'automatisation à l'aide de la mise en place d'une station de tête au niveau de la parcelle. Cela permis d'économiser en main d'œuvre et de programmer les horaires d'irrigation souhaités.
- Irrigation fréquente : grâce à cette technique, on pourra fournir la dose d'irrigation journalière du palmier d'une manière fréquente et continue et cela même durant la nuit pour limiter les pertes par évaporation dues à la chaleur excessive durant la journée.
- Limité l'infiltration des eaux : l'irrigation du « goutte à goutte » permet de minimiser les pertes par infiltration. Ainsi, opté pour l'irrigation du « goutte à goutte » permet de diminuer la remontée de la nappe phréatique, qui est principalement rechargée par l'infiltration des eaux d'irrigation.

Le réseau sera constitué de plusieurs niveaux de conduites. Premièrement, une conduite principale, une seule conduite d'un grand diamètre qui longe la parcelle à irriguée. Deuxièmement, les conduites secondaires de diamètres moins importants que celui de la conduite principale. Troisièmement, les conduites tertiaires de diamètre inférieur, ils sont bronchés aux conduites secondaires et longes les rangées des palmiers dattiers. Au niveau de chaque palme un cerceau circulaire sort de la conduite tertiaire et en tour le palmier, ayant un diamètre de 2,5 m. Les goutteurs seront placés tout au tour du goutteur avec des distances inter-goutteurs de 0,5 m

Afin d'améliorer les rendements d'irrigation on opte pour une irrigation enterrée. Donc, les conduites secondaires et tertiaires seront des conduites enterrées. Pour une irrigation au « goutte à goutte » enterrée la profondeur des conduites varie entre 0,4m et 0,6m, on prend une profondeur de 0,5 m.

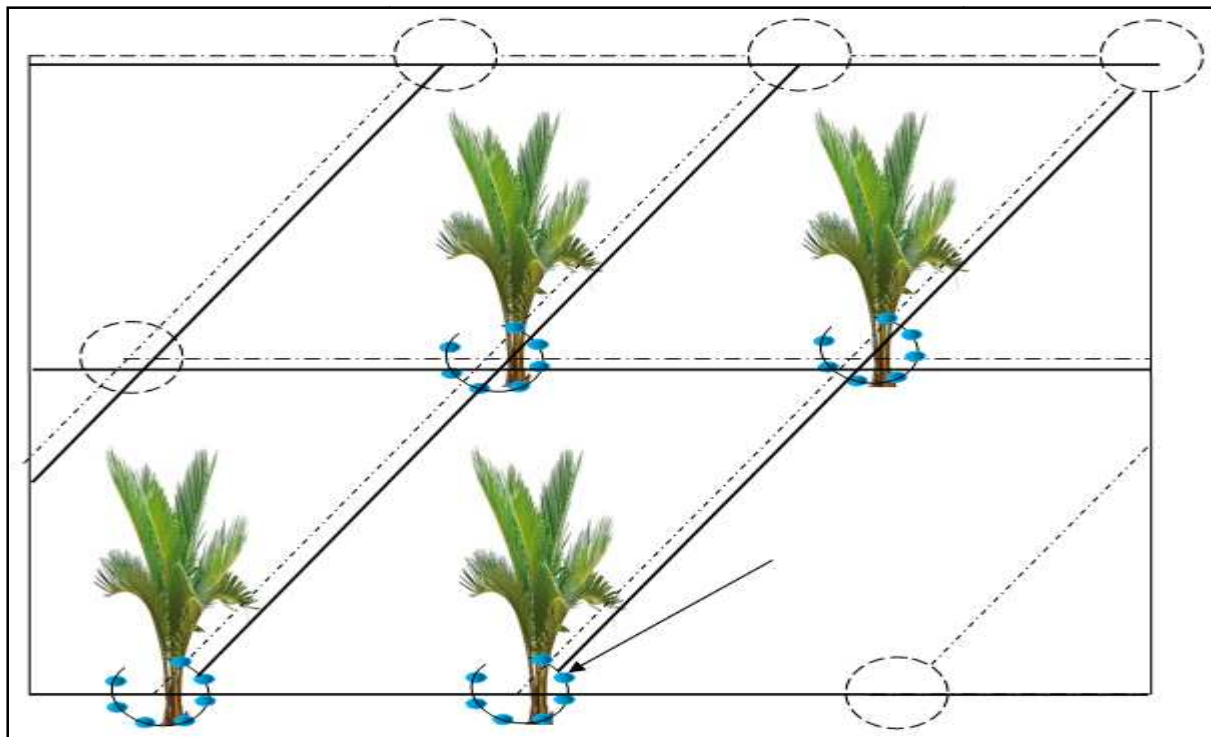
Pour le matériau des conduites, on prend des conduites en PE, étant ses caractéristiques exceptionnelles de résistance à la corrosion, l'étanchéité ainsi que ses caractéristiques mécaniques et la facilité de mise en place.

La figure IV.9 montre des photos de goutteurs enterrés.



**Figure IV.9. Photos et schéma des goutteurs enterrés**

La figure IV.10 ci-dessous est une représentation schématique de la disposition des conduites tertiaires et les cerceaux au niveau de la parcelle (de 1 Hectare).



**Figure IV.10. Schéma de la parcelle.**

#### IV.4.1. Calcul du nombre de goutteur par palmier

Les goutteurs sont pris sur une distance de 0.5 mètre dépendant des racines

- \_ Longueur de la circonférence du cerceau  $L = D \times \pi$
- \_ Diamètre 2.5 m.

Donc, on obtient :

$$L_{\text{cerceau}} = 2,5m \times 3,14 = 7,85 m$$

- \_ L'espace entre les goutteurs est de 50 cm.
- \_ Nombre de goutteurs portés par un cerceau est déterminé comme suit :

$$N_{goutteur} = \frac{L_{cerceau}}{0.5} = \frac{7.85}{0.5} = 16 \text{ goutteurs}$$

Donc nombre total des goutteurs pour un palmier est **16 goutteurs**.

#### IV.4.2. Débit par palmier

On choisit des goutteurs avec un débit par goutteur :  $Q_{goutteur} = 2,5 \text{ l/h}$

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

$$Q_{palmier} = N_{goutteur} \times Q_{goutteur}$$

$$Q_{palmier} = 16 \times 2,5 = 40 \left(\frac{l}{h}\right)$$

Donc, le débit consommé par un seul palmier lors de l'irrigation est de **40 (l/h)**.

#### IV.4.3. Débit total

Pour cela, on commence par calculer le nombre de palmier en un hectare, en prenant comme distance entre deux palmiers de 5 m, on prend une longueur et largeur égales de 100m, donc 20 palmier par lignée :

$$N = 20 \times 20 = 400 \text{ palmier/hec}$$

Le débit total qui permet d'arrosage 400 palmiers est défini par la formule suivante :

$$Q_{total} = N \times Q_{palmier}$$

Où :

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

$N$  : nombre des palmiers pour un hectare

$Q_{total}$  : le débit total d'arrosage d'un  $N$  des palmiers en (l/h)

$$Q_{total} = 400 \times 40 = 16000 \left(\frac{l}{h}\right)$$

Donc, le débit fournit à l'hectare pour irriguer la parcelle est de  **$Q_{total}=16 \text{ m}^3/\text{h}/\text{hec}$** .

#### IV.5. Dimensionnement de la parcelle

Pour le dimensionnement de la parcelle on effectue un calcul hydraulique, pour la détermination des diamètres des conduites tertiaires, secondaires et la conduite principale.

Pour cela on applique la loi suivante, qui est applicable pour les conduites en PE :

$$d = 35.7 \sqrt{\frac{Q}{V}}$$

Avec : Q est le débit transporté par la conduite en (l/s) et V est la vitesse d'écoulement de l'eau à l'intérieur de la conduite. Les normes vitesses d'écoulement sont les suivants :

- \_ V=0,5\_1,0 m/s pour les conduites d'aspiration
- \_ V=1,0\_3,0 m/s pour les conduites de refoulement
- \_ V=0,5\_1,5 m/s pour les conduites de distribution

Etant donnée que les conduites que nous avons a dimensionnées sont des conduites de distribution, on opte pour une vitesse d'écoulement de 1,0 m/s.

Nous avons calculé précédement le débit par palmier, qui est de  $Q_{palmier} = 40 \text{ l/h}$ . Le débit transporté par une conduite tertiaire est  $Q_1 = n \times Q_{palmier}$ , n étant le nombre de palmier par rangée 20 dans notre cas, donc  $Q_1 = 20 \times 0,0111 = 0.2222$ , on trouve :

$$d = 35.7 \sqrt{\frac{0.222}{1}} = 16.82 \text{ mm}$$

Le diamètre nominal supérieur le plus proche est 20mm, donc les conduites tertiaires sont des conduites de diamètre  $d_1=20 \text{ mm}$ .

Par le même calcul on trouve les diamètres des conduites secondaires qui est  $d_2= 80 \text{ mm}$ .

La figure IV.11 est la représentation schématique de la parcelle en 3D.

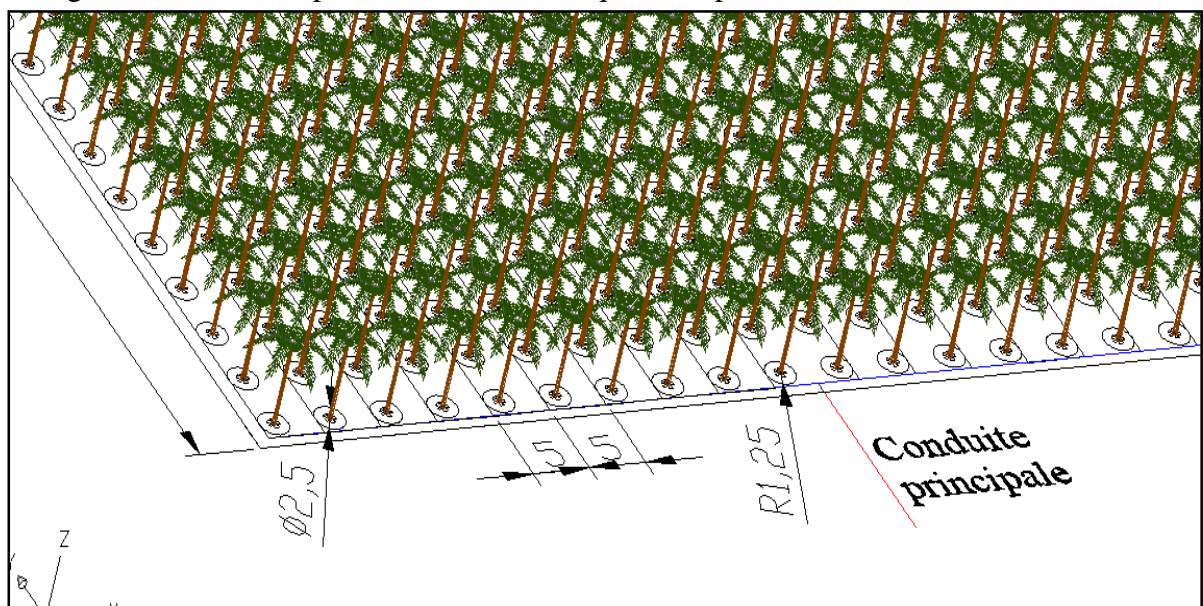


Figure IV.11. Schéma de la parcelle en 3D

la figure IV.12 montre l'emplacement des cerceaux au tour du palmier.

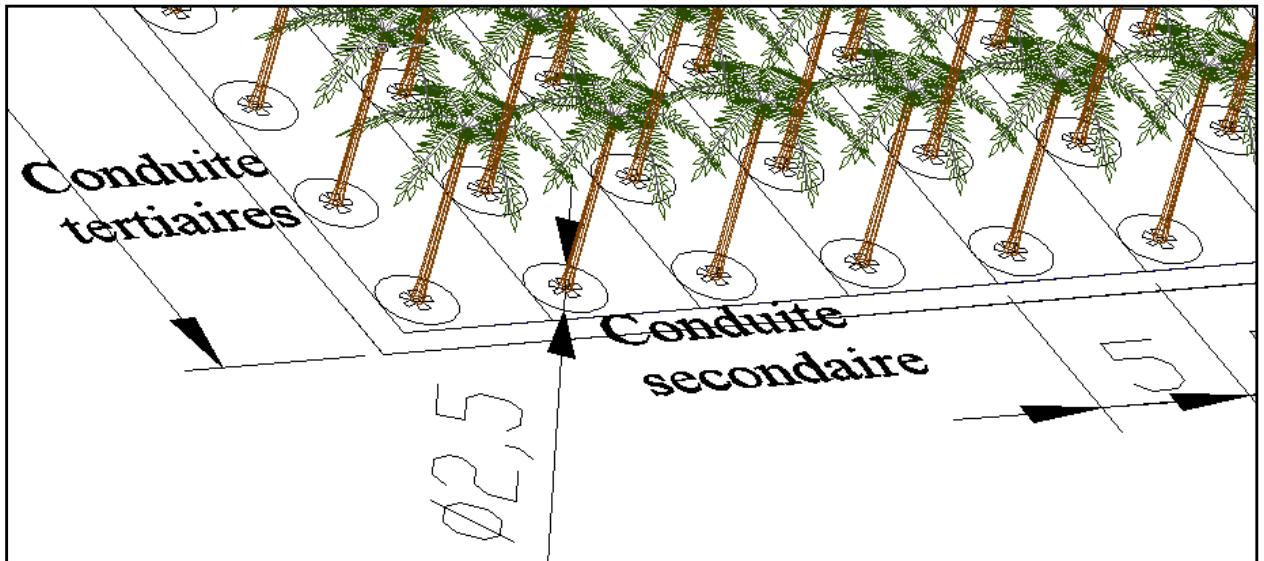


Figure IV.12. Schéma d'emplacement des cerceaux

#### IV.6. Calcul du temps d'arrosage

Pour un dimensionnement complet il est primordial de déterminer le temps d'arrosage, mensuelle et journalier. Le temps d'arrosage varie en fonction de la consommation du palmier dans le mois considéré

$$ETM = 3420 \text{ m}^3/\text{ha}$$

La dose réelle d'arrosage dans ce mois est :  $855 \text{ m}^3/\text{ha}$

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

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

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

D : la dose réelle d'arrosage en  $\text{m}^3/\text{ha}$

$Q_{\text{total}}$  : le débit total en ( $\text{m}^3/\text{h}/\text{ha}$ )

$$\text{Donc } T = \frac{855}{16} \quad T = 53,44 \text{ heure}$$



**Tableaux IV.1 : Répartition du temps d'irrigation**

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
le temps d'arrosage par des goutteurs en (heures)/mois	63	54	47	62	51	50	53	51	54	60	61	46
nombre d'arrosage	1	1	2	2	3	4	4	4	3	2	1	1
le temps d'arrosage par les goutteurs en (heures)/jour	1,4	2,5	3,2	4,2	5,2	6,7	7,1	6,8	5,4	4,2	2,2	1,6
le temps d'arrosage par les goutteurs en mn/jour	83,9	151,1	193,3	251,0	312,4	401,4	427,5	406,0	325,7	250,1	134,2	94,2
Total d'irrigation en heures par mois	62,5	54,1	93,1	124,5	152,9	200,7	213,8	202,1	160,8	120,7	61,4	45,7
Total d'irrigation en heures par jour	2,6	2,3	3,9	5,2	6,4	8,4	8,9	8,4	6,7	5,0	2,6	1,9

On analysant le tableau on remarque que les temps d'irrigation le temps d'irrigation journalier vari d'un minimum de 2,6 heures par jour en mois de Janvier à un maximum de 8,9 heures par jours durant le mois de juillet, mois de pointe, on constate donc que le temps d'arrosage journalier est fonction de la consommation mensuelle du palmier dattier.

A partir du tableau précédent on pourra maitre en place un programme d'irrigation annuel du palmier dattier, et cela en prenant en considération les journées de repots par semaine. Le tableau IV.2. ci-dessous rapporte le programme d'irrigation annuel du palmier dattier, irrigué avec un système de goutte à goutte.

**Tableau IV.2. Programme d'irrigation annuel**

jours	Mois			
	Janvier	Février	Mars	Avril
samdi	20H00-20H50	20H00-20H46	20H00-21H18	20H00-21H44
	00H00-00H50	00H00-00H46	00H00-01H18	00H00-01H40
	03H00-03H56	03H00-03H46	03H00-04H18	03H00-04H44
dimanche	20H00-20H50	20H00-20H46	20H00-21H18	20H00-21H44
	00H00-00H50	00H00-00H46	00H00-01H18	00H00-01H40
	03H00-03H56	03H00-03H46	03H00-04H18	03H00-04H44
lundi	20H00-20H50	20H00-20H46	20H00-21H18	20H00-21H44
	00H00-00H50	00H00-00H46	00H00-01H18	00H00-01H40
	03H00-03H56	03H00-03H46	03H00-04H18	03H00-04H44
mardi	20H00-20H50	20H00-20H46	20H00-21H18	20H00-21H44
	00H00-00H50	00H00-00H46	00H00-01H18	00H00-01H40
	03H00-03H56	03H00-03H46	03H00-04H18	03H00-04H44
mercredi	20H00-20H50	20H00-20H46	20H00-21H18	20H00-21H44
	00H00-00H50	00H00-00H46	00H00-01H18	00H00-01H40
	03H00-03H56	03H00-03H46	03H00-04H18	03H00-04H44
jeudi	20H00-20H50	20H00-20H46	20H00-21H18	20H00-21H44
	00H00-00H50	00H00-00H46	00H00-01H18	00H00-01H40
	03H00-03H56	03H00-03H46	03H00-04H18	03H00-04H44

jours	Mois			
	Mai	Juin	Juillet	Aout
samdi	20H00-22H08	20H00-22H48	20H00-23H00	20H00-22H40
	00H00-02H08	00H00-02H48	00H00-03H00	00H00-02H40
	04H00-06H08	04H00-06H48	04H00-07H00	04H00-06H40
dimanche	20H00-22H08	20H00-22H48	20H00-23H00	20H00-22H40
	00H00-02H08	00H00-02H48	00H00-03H00	00H00-02H40
	04H00-06H08	04H00-06H48	04H00-07H00	04H00-06H40
lundi	20H00-22H08	20H00-22H48	20H00-23H00	20H00-22H40
	00H00-02H08	00H00-02H48	00H00-03H00	00H00-02H40
	04H00-06H08	04H00-06H48	04H00-07H00	04H00-06H40
mardi	20H00-22H08	20H00-22H48	20H00-23H00	20H00-22H40
	00H00-02H08	00H00-02H48	00H00-03H00	00H00-02H40
	04H00-06H08	04H00-06H48	04H00-07H00	04H00-06H40
mercredi	20H00-22H08	20H00-22H48	20H00-23H00	20H00-22H40
	00H00-02H08	00H00-02H48	00H00-03H00	00H00-02H40
	04H00-06H08	04H00-06H48	04H00-07H00	04H00-06H40
jeudi	20H00-22H08	20H00-22H48	20H00-23H00	20H00-22H40
	00H00-02H08	00H00-02H48	00H00-03H00	00H00-02H40
	04H00-06H08	04H00-06H48	04H00-07H00	04H00-06H40

jours	Mois			
	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
samdi	20H00-22H14	20H00-21H40	20H00-20H50	20H00-20H38
	00H00-02H14	00H00-02H40	00H00-00H50	00H00-00H38
	03H00-05H14	03H00-05H40	03H00-03H50	03H00-03H38
dimanche	20H00-22H14	20H00-21H40	20H00-20H50	20H00-20H38
	00H00-02H14	00H00-02H40	00H00-00H50	00H00-00H38
	03H00-05H14	03H00-05H40	03H00-03H50	03H00-03H38
lundi	20H00-22H14	20H00-21H40	20H00-20H50	20H00-20H38
	00H00-02H14	00H00-02H40	00H00-00H50	00H00-00H38
	03H00-05H14	03H00-05H40	03H00-03H50	03H00-03H38
mardi	20H00-22H14	20H00-21H40	20H00-20H50	20H00-20H38
	00H00-02H14	00H00-02H40	00H00-00H50	00H00-00H38
	03H00-05H14	03H00-05H40	03H00-03H50	03H00-03H38
mercredi	20H00-22H14	20H00-21H40	20H00-20H50	20H00-20H38
	00H00-02H14	00H00-02H40	00H00-00H50	00H00-00H38
	03H00-05H14	03H00-05H40	03H00-03H50	03H00-03H38
jeudi	20H00-22H14	20H00-21H40	20H00-20H50	20H00-20H38
	00H00-02H14	00H00-02H40	00H00-00H50	00H00-00H38
	03H00-05H14	03H00-05H40	03H00-03H50	03H00-03H38

L'utilisation de l'irrigation en goutte à goutte souterraine est une nouvelle stratégie appliquée par différents chercheurs à savoir (Camp, 1998; Lamm, 1995; Phene, 1999) cette technique possède pas mal d'avantages très économique en terme d'utilisation de l'eau d'irrigation dans les régions arides et semi-aride (El Gindy and El Araby, 1996; Phene, 1993). Elle permet l'utilisation des engrais par le biais des goutteurs (la fertigation). Elle permet un contrôle continu des arrosages. Le temps d'arrosage en heures/jour appliqué au palmier dattier varie de 1.9 à 8.9 heures/jour.

# CONCLUSION GENERALE

---

Dans le cadre de l'aménagement hydro-agricole des parcelles agricoles dans la zone de Sidi Khouiled, et suite à l'étude que nous avons effectuée, on est arrivé à la conclusion que le système d'irrigation qui optimise le plus les pertes d'eau pour l'irrigation du palmier dattier est celui du goutte à goutte. Ainsi, nous pourrions apporter au palmier la dose exacte dont il a besoin tout en limitant les pertes dus à l'évaporation, dans ce cas nous allons aussi limiter les infiltrations dans le sol qui participent à la remontée de la nappe phréatique.

Nous avons pu voir dans le premier chapitre des généralités sur la zone d'étude à savoir, sa situation géographique, à l'Est du chef lieu de la wilaya d'Ouargla, ayant une superficie de 131 km<sup>2</sup>. Géologiquement parlant, le Sahara septentrional est constitué d'une série de dépôts alternativement marins et continentaux séparés par des couches imperméables, soit : l'ensemble inférieur (anti-cénomaniens) et l'ensemble supérieur (sénonien inférieur). Nous avons aussi parlé des caractéristiques du palmier dattier qui présente une forte résistance aux climats secs et arides. Pour la typologie du sol, le sol dans la région de Sidi Khouiled est sableux avec une faible quantité de limons. Deuxièmement, on a analysé le climat de la région d'Ouargla sur la base des données météorologiques de l'ONM. Avec une moyenne annuelle de 43 mm, la région d'Ouargla est considérée comme sèche tout au long de l'année. Le type du climat de la région d'Ouargla est hyper aride, désertique et Saharien.

Par la suite, nous avons énuméré les ressources en eau souterraines et superficielles de la région. Les ressources superficielles n'étant pas exploitables à cause de leur manque et leur caractère irrégulier. Les eaux souterraines se subdivisent en deux groupes : les eaux renouvelables constituées par les nappes phréatiques, salées et agressives qui représentent un danger pour l'agriculture, et les eaux non renouvelables ou faiblement renouvelables, regroupées dans les deux systèmes aquifères : le complexe Terminal (CT) et le continental Intercalaire (CI). D'après la classification du « US Salinity Laboratory » des eaux d'irrigation, les eaux de Sidi Khouiled sont de la catégorie C2S1, c'est des eaux moyennement salines et faiblement sodiques, c'est des eaux bonnes pour l'irrigation.

Dans les deux derniers chapitres nous avons calculé les besoins en eau du palmier dattier qui est de 2431 mm annuellement soit 24310 m<sup>3</sup>/ha réparti sur les mois de l'année. Avec le mois de Juillet comme mois de pointe où la consommation atteint son maximum, à savoir, 342 mm/mois. Nous avons opté pour le « goutte à goutte » comme technique d'irrigation, ainsi nous avons calculé les temps d'arrosage en heures pour chaque mois.

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 coût de projet.

D'autres pistes de recherches semblent possibles pour réduire le stress hydrique et donc les besoins en eau d'irrigation. Des variétés de palmier dattier plus tolérantes au stress hydrique, des variétés qui pourraient être recherchées dans ces zones sahariennes.

Les exigences en eau sont élevées: l'apport doit être régulier, correspondant à 0,75 de l'évapotranspiration réelle du palmier dattier. Il est recommandé d'arrêter les irrigations pendant la récolte afin de conserver la qualité (taux de sucre) des dattes. La pluie est néfaste au moment de la pollinisation.

Les doses proposées d'engrais doivent être faibles afin d'éviter d'augmenter davantage la conductivité électrique de l'eau qui est en général saumâtre dans les oasis.

Le palmier tolère la salinité mais croît et se développe mieux si la qualité de l'eau et de la solution nutritive est bonne.

La maîtrise des calculs des besoins en eau et le pilotage de l'irrigation contribuera à une économie de l'eau et pourrait apaiser les conflits entre agriculteurs en cas de pénurie de la ressource.

La démarche méthodologique repose sur une synthèse des acquis en matière de gestion de l'irrigation des arbres fruitiers, des travaux expérimentaux et des travaux théoriques basés sur la modélisation du transfert d'eau entre le sol, la végétation et l'atmosphère.

Les essais devraient aboutir, d'une part, à l'élaboration d'une approche de détermination des besoins en eau des cultures et à détermination des dispositifs de mesure les plus adaptés aux contextes des oasis pour permettre à l'agriculteur de piloter convenablement l'irrigation. La mise en place des sondes sur différents endroits du périmètre d'irrigation pour contrôler et faire un suivi permanent de la teneur en eau du sol sur différentes profondeur du sol afin de bien gérer l'irrigation au voisinage de l'humidité à la capacité de rétention.

Au stade de l'opération de pollinisation l'irrigation des palmiers adultes doit être évitée car elle provoque la chute de fleurs, dans ces conditions l'irrigation doit être de quantité limitée plus ou moins au voisinage de 40% de l'évapotranspiration réelle du palmier dattier. Parallèlement la négligence d'irrigation influe sur la croissance des palmes.

Au stade de nouaison l'irrigation est nécessaire dans cette période. Un stress hydrique enregistré durant cette période provoque une baisse dans la croissance de fruits et leur petite taille. Au stade de maturité, l'irrigation doit être à faible quantité. Après la récolte on ne doit pas négliger l'irrigation dans cette période parce qu'elle prologue à la saison prochaine.

Les distances de plantation entre les arbres fruitiers qui crée en partie, le microclimat dans la parcelle, ont un effet direct sur la croissance de l'arbre et la qualité physico-chimique des fruits. La densité de plantation reste un élément fondamental à déterminer à déterminer qui dépend de la zone d'étude du climat et de la variété du palmier dattier.

# Références bibliographiques

---

- [1] MONCIERO A., 1961: Le palmier dattier en Algérie et au Sahara. Les journées de la datte. Direction départementale des services agricole des Aurès, 151 p.
- [2] KHADRAOUI .A, Eau et impact environnemental dans le Sahara Algérien, OPU, 2007.
- [3] IBRAHIM A. M., KHALIF M. N. H., Palmier dattier : sa culture, son entretien et sa production dans les pays arabes, Deuxième édition, Alexandrie, Egypte, 756 p.1998.
- [4] AIDAOUI .S, ressource en eau et aménagement hydro-agricole dans la région de Biskra, thèse de doctorat, 1994.
- [5] KHADRAOUI .A, sols et hydraulique agricole dans les Oasis Algériennes, OPU, 2007.
- [6] DE MARTONNE .E, l'indice d'aridité, bulletin d'association de géographes français, N°9, 3<sup>e</sup> année, mai 1926, pp 3\_5.
- [7] GAUSSEN .H, BAGNOULS .F, L'indice xérothermique, Bulletin de l'Association de géographes français, N°222-223, 29<sup>e</sup> année, Janvier-février 1952, pp. 10-16.
- [8] DAGET .P, le bioclimat méditerranéen : analyses des formes climatiques par le système d'Emberger, 1977.
- [9] RAHMANI .A, thèse doctorat, 2011.
- [10] DESJARDIN .R, le traitement des eaux, Editions de l'Ecole Polytechnique de Montréal, 2<sup>ème</sup> édition, 1997.
- [11] BURRI .J .M, BURRI .J .P, vallée d'Ouargla : étude d'assainissement des eaux pluviales, résiduaires et d'irrigation, ONA, 2004.
- [12] HAMMOU ALI .A, géochimie des eaux de la nappe superficielle de la basse vallée de l'Oued M'ya (Ouargla), Université d'Ouargla, 2014.
- [13] KHADRAOUI .A, TAIBE .S, Qualité des eaux dans le sud Algérien, éditions KHYAM, 2008.
- [14] ABER Mohamed, Equipement de la station de l'ENSH en réseau d'irrigation, Ecole nationale supérieure de l'hydraulique ABDAOUI Abdallah, 2013.
- [15] LABORDE .J.P, Elément d'hydrologie de surface, 2000
- [16] LANGLOIS .F, l'influence de la pluviométrie sur la production agricole dans la région de Volta, géoscience agronomie et environnement, université de Montpellier, 2006.
- [17] CLEMENT .M, ADOUYE .P, CHOSSAT .J, bases théoriques de l'irrigation par aspersion, Lavoisier, 2011.
- [18] SAUYOURI .N, méthode d'irrigation en milieu aride, Projet d'eau en 2012 .
- [19] BROUWER. C, gestion des eaux en irrigation, méthode d'irrigation, institut international pour l'amélioration et la mise en valeur des terres.FAO 1990.
- [20] Anonyme, Matériel d'irrigation, Technologie en agricole, N°81/Juin2001
- [21] Encyclopédie Agricole pratique, la maîtrise de l'irrigation sous pression, les éditions Nathan communication, KULKER/AGRI-NATHA, paris
- [22] NEJADHASHEMI, A.P., WARDYNSKI, B.J., MUNOZ, J.D., Large-scale hydrologic modeling of the Michigan and Wisconsin agricultural regions to study impacts of land use changes. Trans. ASABE 55 (3), 2012, 821–838

- [23] CHAUHAN .S.H (2007). Elements of micro irrigation and its crop application. Published by International Book Distributing Co, Lucknow, India.
- [24] GITTINGER J.P. (1985). "Economic analysis of agricultural projects. The John Hopkins Press Baltimore and London. pp. 29-37.
- [25] Isabelle Couture .Analyse d'eau pour fin d'irrigation MAPAQ Montérégie-Est. AGRIVISION 2003-2004.
- [26] Ami L. Vickers, Handbook of Water Use and Conservation (Boca Raton, FL: Éditeurs de Lewis, en cour d'impression); J.s. Wallace et C.h. Batchelor "Managing Water Resources for Crop Production", "Philosophical Transactions of the Royal Society of London: Biological Science, vol. 352, pp.937-47 (1997)

# Liste des symboles et abréviations

---

- A** : le flux de chaleur au bénéfice de l'atmosphère ;
- a** : La quantité de l'énergie du rayonnement incidente diffusée par la surface évaporant (Prise ici pour de la végétation à 0,2) ;
- ANRH** : Agence Nationale des Ressources Hydriques
- CI** : continental intercalaire
- CT** : le complexe terminal
- ds** : densité sèche
- e** : Tension moyenne journalière de la vapeur d'eau mesurée sous abri et exprimée en millibars
- ew** : tension maximale possible de la vapeur d'eau, exprimée en millibars, pour la température T ;
- E** : le flux évaporé
- ETM** : besoins en eau de la culture considérée en (mm/mois)
- ETm** : l'évapotranspiration maximale en mm ;
- ETP** : Evapotranspiration potentielle en mm / jour
- ETP** : l'évapotranspiration potentielle du mois considéré (mm) ;
- ETPJ** : Évapotranspiration potentielle journalière en mm ;
- ETR** : évapotranspiration réelle en mm.
- F't** : pente de la courbe de tension de vapeur saturante pour la température de l'air T ;
- h / H** : insolation relative
- h** : durée d'insolation de la station considérée, en heures/mois
- H** : durée maximale possible d'insolation en heures et dixièmes pour ce jour ;
- H** : durée mensuelle du jour, en heures/mois
- h** : durée réelle d'insolation en heures et dixièmes du jour considéré ;
- H** : humidité relative en (%)
- Hcr** : Eau contenue au maximum dans le champ en (%)
- Hpf** : Eau contenue au point flétrissement en (%)
- I<sub>moy</sub>** : intensité moyenne de la pluie artificielle en (mm/h)
- I** : indice d'aridité de Martonne en (mm/°c)
- i** : indice thermique mensuel
- I** : la somme des indices thermiques mensuels
- Iga** : radiation maximale donnée par des tables en fonction de la latitude.
- Iga** : Radiation solaire directe journalière en l'absence d'atmosphère exprimée en cal/cm<sup>2</sup>/j ;
- Irr<sub>req</sub>** : irrigation requise en mm ;
- K** : coefficient d'utilisation de la réserve facilement utilisable
- K** : coefficient d'ajustement mensuel.
- K** : Coefficient qui est fonction de la culture et de la zone climatique.
- K1** : vitesse d'absorption à la fin de la période d'arrosage sur une position (m/h)
- L** : la chaleur latente.
- LTPS** : Laboratoire des Travaux Publics du Sud
- M** : la moyenne des températures des maxima du mois le plus chaud

**m** : la moyenne des températures des minimas du mois le plus froid.  
ne dépend que de latitude

**NS** : niveau statique en (m)

**ONM** : Office National de Météorologie

**p** : Pourcentage de la durée mensuelle de l'éclairement rapporté à la durée annuelle

**P** : précipitations totale en mm.

**P<sub>r</sub>** : Profondeur des racines en (mm)

**P<sub>0</sub>** : pression statique en (m)

**P<sub>eff</sub>** : la pluie efficace en mm ;

**Q** : Le quotient pluviométrique d'Emberger

**Q<sub>r</sub>** : débit de ruissellement en mm/mn.

**Q<sub>s</sub>** : débit sortant en mm/mn.

**r** : concentration des ions en meq/L

**R** : la variation de la réserve en mm.

**RFU**: Réserve facilement utilisable en (mm/mois)

**R<sub>n</sub>** : la radiation nette reçue au sol ;

**RU** : Réserve utile en (mm)

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

**SAR** : indice qui exprime l'activité relative des ions du sodium

**t** : l'intervalle de temps en minutes.

**T** : la température moyenne mensuelle du mois considéré (°C)

**V** : Vitesse moyenne journalière du vent mesuré à 2 mètres au dessus de la surface d'évaporation est exprimée m/s.

**X** : indice xérothermique thermique en (jour)

**γ** : Constante psychrométrique ;

**σ** : Constante de STEFAN-BOLTZMAN soit  $1,18 \times 10^{-7}$  en (cal/cm<sup>2</sup>/jour/°K)



## الملخص:

**الكلمات المفتاحية:** التأهيل الزراعي، الري الفلاحي، السقي، المناطق الصحراوية، الجفاف، الري المركز، نخيل التمور، الموارد المائية، الارتفاع المياه الجوفية، التقدم المستمر.

زراعة نخيل التمر تعتبر منذ قديم الزمان إحدى العوامل الأساسية في النمو الاقتصادي و الاجتماعي في المناطق الصحراوية. من الخصائص المميزة للتمر هي قدرته الهائلة في تحمل الحالات القصوى للطقس من الحرارة و الجفاف. مما يمكنه على النمو في المناطق الصحراوية. الهدف من هذه الدراسة هو استعمال الموارد المائية لمنطقة ورقلة من أجل تأهيل فلاحي لقطاع الري لمنطقة سيدي خويلد، شرق مدينة ورقلة. من أجل مشروع فلاحي لري النخيل باستعمال طرق الري المركزي و هذا بأكبر تقليل ممكن من الخسائر المائية و التقليل من ارتفاع المياه الجوفية في إطار التقدم المستمر و الدائم.

## Résumé

**Mots clés :** Aménagement ; hydraulique agricole ; irrigation ; zone saharienne ; aridité ; goutte à goutte ; palmier dattier ; les ressources en eau ; remontée de la nappe phréatique ; développement durable ; agriculture.

L'agriculture du palmier dattier à toujours été un facteur important dans le développement socio-économique des régions Sahariennes. Le palmier dattier est caractérisé par ça résistance aux conditions climatiques extrêmes de sècheresse et d'aridité, lui permettant ainsi de s'adapter dans les zone Sahariennes. Le but de notre étude est d'exploiter les ressources en eau dans la région d'Ouargla, principalement souterraines, dans le cadre d'un aménagement hydro- agricole de la zone de Sidi khouiled, Est d'Ouargla, pour un éventuel projet d'irrigation du palmier dattier par la technique du « goutte à goutte ». Et cela en optimisant au maximum les pertes pour la préservation des ressources en eau et la lutte contre la remontée de la nappe phréatique dans le cadre du développement durable.

## Abstract:

**Key worlds:** rural development; farming; irrigation; Saharan area; drip technique; date palm; water resources; phreatic ground water; durable development.

From the past, date palm farming was always one of the most important factors of socioeconomic development of the Saharan areas. The date palm is pointed by its resistance to the climatic drastic conditions, such as, drought and aridity. Witch makes it enable to fit Saharan area. The objective of our study is to find a way of using water resources in Ouargla scope of a hydro agricultural planning of Sidi Khouiled zone, East of Ouargla, for a date palm irrigation project using drip irrigation. With optimization of waste water volume to preserve water resources and prevent the phreatic groundwater climb in the case of a durable development.