



**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

DEPARTEMENT IRRIGATION ET DRAINAGE

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

*Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Hydraulique*

### **OPTION : Conception des systèmes d'irrigation**

#### **THEME :**

Dimensionnement du réseau d'irrigation du périmètre de la commune d'El-Annat (Wilaya d'Ouargla), irrigué à partir des forages

#### **Présenté par :**

**M<sup>r</sup> : BEGGAS SOFIANE**

### **DEVANT LES MEMBRES DU JURY**

Nom et Prénom	Grade	Qualité
M <sup>r</sup> RASSOUL Abdelaziz	M.C.A	Président
M <sup>me</sup> AZIEZ Wahiba	M.A.A	Examinatrice
M <sup>r</sup> YAHIAOUI Samir	M.A.A	Examineur
M <sup>r</sup> KARID Rachid	M.A.A	Examineur
M <sup>r</sup> AZIB Makhoulouf	M.C.A	Promoteur

Juin 2017

# Dédicace

*Je rends un grand hommage à travers ce modeste travail, en signe de respect et de reconnaissance envers :*

*Ma mère, mon père, mon grand-père, ma grande mère*

*Ma sœur et mes frères.*

*Pour tous les sacrifices et leur soutien moral et matériel dont ils ont fait preuve pour que je réussisse.*

*Je le dédie également à*

*Mes collègues : Adnane, Ryad, Rabah, Taki, Ilias, Zou , Réda, Ayoub, Lamine, Iheb ,  
Chou, Hamza, Youcef, Fares, Tarek, Mouh, Souhieb, Taha,  
Lakhder, Massi, Abouamama, Khalid, Nacer, Bilale,  
Ghano, Mansour, Sghier, ... et tout les autres qui sont  
nombreux.*

*Mes amis : Zeghdi, Med Salah, Elghali, Oualid, Youcef, Khalid, Lamine, ... et tout les  
autres qui sont nombreux*

*En un mot, à toute ma famille, mes amis et ceux qui ont contribué de près ou de loin à  
ma formation.*

# REMERCIEMENT

*Au terme de ce projet, fruit de mes années de labeur, je tiens à remercier  
sincèrement*

*Dieu, de m'avoir octroyé les moyens et les personnes qui m'ont aidé dans mon élaboration.*

*On tient à remercier notre promoteur Mr. AZIB.M, de m'avoir assisté le long de la  
réalisation du travail, qu'il trouve ici nos sincères gratitudee et nos profondes*

*Reconnaissances pour tous les efforts qui ont été déployé dans ce sujet, ainsi que de son  
compréhension et de son patience.*

*Nous remercions les membres du jury : Mr. RASSOUL.A. de vouloir bien  
examiner ce travail et présidé la soutenance, Mme. AZIEZ.W.,Mr. YAHIAOUI.S. et  
Mr.KERID.R. d'avoir accepter d'examiner notre travail.*

*Nous remercions nos enseignants et tout le personnel de l'ENSH pour leurs  
contributions*

*à notre formation d'ingénieur d'état en hydraulique.*

*Merci*

## ملخص

إن الهدف من إنجاز مذكرة نهاية الدراسة هذه، يتمثل في تحديد الأبعاد المتعلقة بشبكة السقي بالتقطير على مستوى المساحة الزراعية لمنطقة العانات بولاية ورقلة عن طريق مياه الآبار. هذا النظام تم اعتماده بعد استغلال و دراسة المعطيات المتعلقة بالنشاط الزراعي، و هو فعال من ناحية المردود الزراعي و الاقتصاد في المياه و حماية الأراضي من ظواهر التملح.

## RÉSUMÉ

Le présent mémoire a pour objectif, de dimensionner le réseau d'irrigation en utilisant le système de goutte à goutte pour l'exploitation du périmètre agricole de la commune d'El-Annat dans la wilaya d'Ouargla à partir des eaux de forages. Ce système s'avère après étude et exploitation de l'ensemble des données liées à l'activité agricole, efficace en terme de rendement agricole et en terme d'économie d'eau et préservation des sols des phénomènes de salinisation.

## ABSTRACT

The present work aims at dimensioning the network of drip irrigation and projection of a network of water distribution through the perimeter of El-Annat in the wilaya of Ouargla from the drilling waters. This system proves after studying and exploiting all the data related to agricultural activity, effective in terms of agricultural yield and in terms of water saving and soil preservation of salinization phenomena.

## SOMMAIRE

Introduction générale .....	1
-----------------------------	---

### CHAPITRE I : Analyse des conditions naturelles

Introduction .....	2
I.1 Situation de la zone d'étude.....	2
I.1.1 Présentation de la wilaya d'Ouargla .....	2
I.1.2 Localisation de la zone d'étude .....	2
I.1.3 Situation administrative .....	3
I.2 Climatologie.....	3
I.2.1 Introduction.....	4
I.2.2 La station pluviométrique .....	4
I.2.3 La température .....	4
I.2.3.1 Les températures extrêmes .....	4
I.2.3.2 Les températures extrêmes .....	5
I.2.4 Les précipitations (La pluviométrie) .....	6
I.2.5 Humidité relative.....	7
I.2.6 Le vent .....	8
I.2.7 L'insolation.....	9
I.2.8 L'évaporation.....	10
I.2.9 Indices climatiques .....	11
I.2.9.1 Indice d'aridité de Martonne (1926).....	11
I.2.9.2 Quotient pluviométrique d'Emberger (1955).....	11
I.2.9.2 Le diagramme ombro-thérmiq ue de Gaussen et Bagnouls.....	13
I.5 Conclusion.....	13

### CHAPITRE II : Ressources en eau et en sol

Introduction .....	14
II.1 Ressources en eau.....	14
II.1.1 Eaux de surface .....	14
II.1.2 Eaux souterraines.....	15

II.1.2.1 Continental intercalaire(CI).....	16
II.1.2.2 Complexe Terminal (CT).....	17
II.1.3 Qualité des eaux .....	19
II.1.3.1 L'analyse de l'eau d'irrigation.....	20
II.2 Ressources en sol.....	22
II.2.1 Les sols de Sahara.....	22
II.2.2 Les sols de la cuvette de Ouargla .....	23
II.2.3 Caractérisation d'un sol représentatif.....	24
II.3 Conclusion .....	25

### **CHAPITRE III : Evaluation des besoins en eaux des cultures**

III.1 Introduction.....	26
III.2 Etude hydrologique.....	26
III.2.1 Homogénéité des séries pluviométrique .....	26
III.2.2 Ajustement statistique des pluies.....	30
III.2.2.1 Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gauss (loi normale) .....	30
III.2.2.2 Test d'adéquation d'un ajustement.....	32
III.2.2.3 Ajustement des pluies annuelles à la loi du log-normale (loi de Galton).....	33
III.2.3 Détermination de l'année de calcul .....	35
III.3 Besoins en eau des cultures .....	36
III.3.1 Evapotranspiration .....	36
III.3.2 Calcul de L'évapotranspiration Potentielle ou de Référence (ET0).....	36
III.3.3 Calcul de la pluie efficace.....	40
III.3.4 L'évapotranspiration Réelle (ETR ou ETM) .....	41
III.3.5 Choix des cultures et occupation des sols .....	41
III.3.6 Les Coefficients culturaux (Kc).....	42
III.3.7 Calcul des besoins en eau d'irrigation nette d'une culture .....	43
III.3.7.1 Efficience d'irrigation .....	43

III.3.7.2 Besoins bruts en eau d'irrigation.....	44
III.4 Lessivage des sols.....	49
III.4.1 Le rôle du lessivage.....	49
III.4.2 Notions du bilan salin dans un sol.....	49
III.4.3 Périodes et méthodes de lessivage des sols.....	50
III.4.4 Besoin en eaux d'irrigation avec la dose lessivage.....	51
III.5 Calcul du débit caractéristique.....	53
III.6 Conclusion.....	53

### **CHAPITRE IV : Choix du système d'irrigation**

Introduction.....	54
IV.1 Choix des techniques d'irrigation.....	54
IV.2 Différentes techniques d'arrosages.....	54
IV.2.1 Irrigation gravitaire.....	54
IV.2.2 Irrigation par aspersion.....	55
IV.2.3 Irrigation localisée ( goutte à goutte).....	56
IV.2.3.1 Composition d'une installation goutte à goutte.....	57
IV.2.3.2 Choix d'un distributeur dans l'irrigation en goutte à goutte.....	59
IV.3 Evolution de l'efficacité des différentes techniques d'arrosage par rapport aux conditions du périmètre.....	60
IV.4 Conclusion.....	61

### **CHAPITRE V : Etude du réseau d'adduction et de distribution**

V.1 Introduction.....	62
V.2 Réseau d'adduction.....	62
V.2.1 Types et variantes d'adduction.....	62
V.2.2 Choix de la variante.....	62
V.3 Réseau de distribution.....	62
V.3.1 Découpage des ilots d'irrigation.....	63
V.3.2 Débits des ilots.....	64
V.3.3 Calcul du débit aux bornes.....	64

V.3.4	Choix du tracé des bornes .....	65
V.3.5	Choix du type de borne .....	65
V.3.6	Matériaux de construction des canalisations .....	66
V.3.6.1	Choix du matériau des conduites .....	66
V.3.6.2	Les matériaux.....	67
V.3.7	Optimisation des diamètres des canalisations du réseau collectif de distribution.....	68
V.3.8	Dimensionnement des canalisations.....	69
V.3.8.1	Vitesse admissible .....	69
V.3.8.2	Calcul des diamètres .....	69
V.3.8.3	Calcul des pertes de charge.....	69
V.3.8.4	Calcul de pression aux bornes et nœuds .....	73
V.4	Dimensionnement du réservoir de distribution .....	74
V.5	Conclusion.....	75

## **CHAPITRE VI : Dimensionnement d'un réseau d'irrigation goutte à goutte**

VI.1	Introduction .....	76
VI.2	Dimensionnement hydraulique d'un réseau de goutte à goutte.....	76
VI.2.1	Données générales .....	76
VI.2.2	Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée .....	77
VI.2.2.1	Les besoins journaliers.....	77
VI.2.2.2	Les besoins journaliers en tenant compte de la réduction .....	77
VI.2.2.3	Calcul des besoins bruts .....	77
VI.2.2.4	Pourcentage du sol humidifié .....	78
VI.2.2.5	La dose d'irrigation nette pratique .....	78
VI.2.2.6	Fréquence des arrosages .....	78
VI.2.2.7	Durée d'arrosage par mois .....	79
VI.2.2.8	Durée d'arrosage journalier .....	79
VI.2.2.9	Nombre de poste .....	79
VI.2.2.10	Surface du poste .....	80
VI.2.3	Calculs hydrauliques .....	80

VI.2.3.1 Condition hydraulique .....	80
VI.2.3.2 Le débit .....	81
VI.2.3.3 Le nombre d'arbres par rampe .....	81
VI.2.3.4 Nombre de goutteurs par rampe .....	81
VI.2.3.5 Le nombre de rampes .....	81
VI.2.3.6 Débit de la rampe .....	81
VI.2.3.7 Débit de la porte rampe.....	81
VI.2.3.8 Débit de la conduite secondaire .....	81
VI.2.4 Dimensionnement des différentes parties du réseau .....	82
VI.2.4.1 Calcul du diamètre et la vitesse de la rampe.....	82
VI.2.4.2 Calcul du diamètre de porte rampe .....	83
VI.2.4.3 Calcul de caractéristique de conduites secondaires .....	84
VI.2.4.4 La pression d'eau à la borne de distribution .....	84
VI.3 Conclusion .....	84

## **CHAPITRE VII : Evaluation économique du projet et estimation des coûts**

VII.1 Introduction.....	85
VII.2 Devis de réseau d'irrigation localisée .....	85
VII.2.1 Dépenses des travaux .....	86
VII.2.1.1 Calcul du volume de déblai et remblai.....	86
VII. 5 Conclusion.....	87
Conclusion générale.....	89

# Liste des figures

## CHAPITRE I : Analyse des conditions naturelles

Fig.I.1 : Localisation de la zone d'étude (Wikipédia) avec une photo satellitaire du périmètre d'El-Annat (B.E, 2015).....	3
Fig.I.2 : Les températures extrêmes.....	5
Fig.I.3 : Histogramme de température mensuelle (°C).....	6
Fig.I.4 : Histogramme de Précipitation moyenne mensuelle (1990-2015).....	7
Fig.I.5 : Distribution mensuelle de l'Humidité relative de l'air (%).....	8
Fig.I.6 : Diagramme de la vitesse du vent.....	9
Fig.I.7 : Diagramme de l'Insolation moyenne journalière (h/j) pour chaque mois.....	9
Fig.I.8 : Diagramme de l'évaporation dans la région d'Ouargla.....	10
Fig.I.9 : Diagramme bioclimatique d'EMBERGER.....	12
Fig.I.10 : Le diagramme ombro-thérmiq ue de Gaussen et Bagnouls pour la zone.....	13

## CHAPITRE II : Ressources en eau et en sol

Fig.II.1 : Le réseau hydrographique de la région d'Ouargla, (ANRH, 1997).....	15
Fig.II.2 : Délimitation du "SASS" (OSS, 2003).....	16
Fig.II.3 : Coupe hydrogéologique transversale du "CI" (UNESCO, 1972).....	17
Fig.II.4 : Coupe hydrogéologique transversale du "CT" (UNESCO, 1972).....	18
Fig.II.4 : Diagramme de classification des eaux d'irrigation.....	21

## CHAPITRE III : Evaluation des besoins en eaux des cultures

Fig.III.1: Ajustement graphique pour les pluies à une loi de Gauss (normale).....	31
Fig.III.2 : Ajustement graphique pour les pluies à une loi de Galton (log-normale).....	34

## CHAPITRE IV : Choix du système d'irrigation

Fig.IV.1 : Irrigation par aspersion .....	56
Fig.IV.2 : Schéma type d'un réseau d'irrigation en goutte à goutte.....	57
Fig.IV.3 : Goutteur.....	58

## **CHAPITRE VI : Dimensionnement d'un réseau d'irrigation goutte à goutte**

Fig.VI.1 : Système d'irrigation goutte à goutte.....	76
--	----

## **CHAPITRE VII : Evaluation économique du projet et estimation des coûts**

Fig.VII.1 : Schéma simplifié pour place la conduite de distribution.....	87
--	----

# Liste des tableaux

## CHAPITRE I : Analyse des conditions naturelles

Tab.I.1 : Situation administrative de la wilaya d'Ouargla.....	3
Tab.I.2 : Caractéristiques des stations pluviométrique.....	4
Tab.I.3 : Températures extrêmes (station de Ouargla, 1990-2015).....	4
Tab.I.4 : Températures moyennes mensuelles (Station de Ouargla, 1990-2015).....	5
Tab.I.5 : La pluviomètre moyenne mensuelle (Station de Ouargla, 1990-2015).....	6
Tab.I.6 : Distribution mensuelle de l'humidité relative (Station d'Ouargla, 1990-2015).....	7
Tab.I.7 : Vitesse moyenne mensuelle du vent (station de Ouargla, 1990-2015).....	8
Tab.I.8 : Insolation moyenne mensuelle (station d'Ouargla, 1990-2015).....	9
Tab.I.9 : Répartition mensuelle de l'évaporation (station d'Ouargla, 1990-2015).....	10
Tab.I.10 : Les limites de climat d'après l'indice de Martonne(1926).....	11

## CHAPITRE II : Ressources en eau et en sol

Tab.II.1 : Classification des eaux en fonction du S.A.R .....	19
Tab.II.2 : Caractéristiques physico-chimiques des eaux de la nappe du CT.....	20
Tab.II.3 : Analyse des données (Source : ANRH d'Ouargla 2008).....	20
Tab.II.4 : Caractéristiques physiques du sol.....	24
Tab.II.5 : Caractéristiques chimiques du sol.....	24
Tab.II.6 : Les analyses de l'échantillon du sol de Touggourt.....	25

## CHAPITRE III : Evaluation des besoins en eaux des cultures

Tab.III.1 : Série des pluies à station d'Ouargla (période : 1990-2015).....	27
Tab.III.2 : Test d'homogénéité de Wilcoxon de série pluviométrique (1996-2015).....	29
Tab.III.3 : Ajustement à la loi de Gauss (normale).....	31
Tab.III.4 : Table du khi carré.....	33

Tab.III.5 : Test de khi carré pour la loi Normal.....	33
Tab.III.6 : Ajustement à la loi de Galton (log-normale).....	34
Tab.III.7 : Test de khi carré pour la loi Log-Normale.....	35
Tab.III.8 : Précipitation moyenne mensuelle de l'année de calcul.....	36
Tab.III.9 : Evaluation de L'ET0 par CROPWAT 8.0.....	39
Tab.III.10 : Calcul de pluie efficace avec logiciel CROPWAT 8.0.....	40
Tab.III.11 : Surfaces occupées par les différentes cultures.....	42
Tab.III.12 : Les Coefficients culturaux (K c) des différentes cultures.....	42
Tab.III.13 : Besoins en eau d'irrigation de palmier dattier.....	45
Tab.III.14 : Besoins en eau d'irrigation pour le blé.....	45
Tab.III.15 : Besoins en eau d'irrigation pour la carotte.....	46
Tab.III.16 : Besoins en eau d'irrigation pour la vesce.....	46
Tab.III.17 : Besoins en eau d'irrigation pour le haricot vert.....	47
Tab.III.18 : Besoins en eau d'irrigation pour l'olivier.....	47
Tab.III.19 : Récapitulatif des besoins nets en eau d'irrigation.....	48
Tab.III.20 : Récapitulatif des besoins nets(et bruts) en eau d'irrigation.....	48
Tab.III.21 : Calcul de la dose d'irrigation totale ( besoin de culture + lessivage).....	52

#### **CHAPITRE IV : Choix du système d'irrigation**

Tab.IV.1 : Les résultats de comparaison entre l'irrigation par aspersion et l'irrigation localisé par rapport aux conditions du notre périmètre.....	60
--	----

#### **CHAPITRE V : Etude du réseau d'adduction et de distribution**

Tab.V.1 : Représentant le découpage des ilots ainsi que leurs surfaces.....	63
Tab.V.2 : Diamètre de la borne en fonction des débits.....	65
Tab.V.3 : Les débits dans les ilots et les diamètres des bornes.....	66
Tab.V.4 : Les paramètres de perte de charge.....	70
Tab.V.5 : Calcul les caractéristique des canalisations.....	71
Tab.V.6 : La pression aux bornes et nœuds.....	73

## **CHAPITRE VI : Dimensionnement d'un réseau d'irrigation goutte à goutte**

Tab.VI.1 : Caractéristique de la conduite secondaire.....	84
---	----

## **CHAPITRE VII : Evaluation économique du projet et estimation des coûts**

Tab.VII.1 : Factures pro-forma des pièces du réseau d'irrigation.....	85
---	----

Tab.VII.2 : Calcul de terrassement.....	87
---	----

# Liste des planches

**Planche I :** Plan d'occupation du sol du périmètre de la commune d'EL-ANNAT

**Planche II :** Plan de réseau du périmètre d'irrigation de la commune d'EL-ANNAT

**Planche III :** Projection d'un réseau goutte à goutte.

**Planche IV :** Profil en long du réseau d'irrigation de la commune d'EL-ANNAT

## INTRODUCTION GENERALE

L'eau constitue à la fois un élément essentiel et un facteur stratégique au développement du secteur agricole; sa disponibilité conditionne de manière déterminante l'efficacité et la fiabilité des récoltes et leurs rendements. Son utilisation pour l'irrigation a varié dans ses formes au cours des temps en Algérie. Aujourd'hui, les concurrences s'aiguisent entre les différents utilisateurs de l'eau (agriculture, industrie, villes) même si l'accroissement de la demande en eau potable et industrielle est résolu au détriment de l'agriculture.

Dans la région d'Ouargla, comme dans tout le Sahara, la disponibilité et la mobilisation des eaux constituent un facteur important pour la stabilité des populations locales. En effet. Tout développement économique dans cette région est conditionné par la disponibilité et l'utilisation de la ressource en eau.

L'objectif de ce mémoire de fin d'études, est de maîtriser un système d'irrigation qui maîtrise la conduite d'une irrigation du périmètre agricole de la commune d'El-Annat (150 ha) en lui garantissant sa rentabilité économique et en rationalisant l'utilisation des eaux des forages. L'étude prend aussi en considération les risques de salinisation des sols qui affecte la région. Une étude de dimensionnement bien conduite assure la rentabilité des investissements et garantit la pérennité de l'activité agricole.

La première étape de notre travail, va consister en une collecte de données sur le site de travail (situation géographique, climat, qualité de l'eau, qualité du sol...), par la suite nous allons aborder le calcul des besoins en eau des cultures (palmier dattier, olivier, blé, Carotte, Vesce, haricot vert) de notre zone d'étude ce qui nous permettra de dimensionner notre réseau d'irrigation avec des calculs hydrauliques en tenant compte de l'étude technico-économique.

**Chapitre I :**  
**Analyse des conditions**  
**naturelles**

## Chapitre I : Analyse des conditions naturelles

### Introduction :

Ce chapitre présente des généralités sur la région d'étude et les différentes caractéristiques naturelles ainsi que les paramètres physiques qui sont favorables à la mise en valeur du périmètre d'El-Annat desitué dans la ville d'Ouargla qui sera irrigué à partir des plusieurs forages.

### I.1 Situation de la zone d'étude :

#### I.1.1 Présentation de la wilaya d'Ouargla :

La wilaya d'Ouargla, est située au Centre-Est du pays couvrant une superficie de 163.233 km<sup>2</sup>, ses coordonnées sont :

o latitude : 31°56' Nord.

o longitude : 5°24' Est.

o altitude : 142 m.

La wilaya de Ouargla est limitée au Nord par la wilaya d'El Oued, au Nord-Ouest par la wilaya de Djelfa et Ghardaïa, au Sud-Est par la wilaya de Tamanrasset, au Sud-Ouest par la Wilaya d'Illizi et à l'Est par la frontière tunisienne.

#### I.1.2 Localisation de la zone d'étude:

Le périmètre agricole est situé dans la zone dite EL-ANNAT commune de Touggourt (160 km de chef lieu de wilaya) Daïra de Touggourt et Wilaya de Ouargla dans la région d'Oued Righ entre les latitudes (33° 09'44.46"N)- (33° 6'49.71"N) et longitudes (5°51'17.40"E)-(5°48'47.84"E), Elle est limitée par :

- Au Nord: par Meggarine et Sidi Slimane
- Au Sud: par Temacine et Blidet Amor
- Au Est: par M'nagueur et Taibet
- Au Ouest: par El-Alia et El-Hadjira

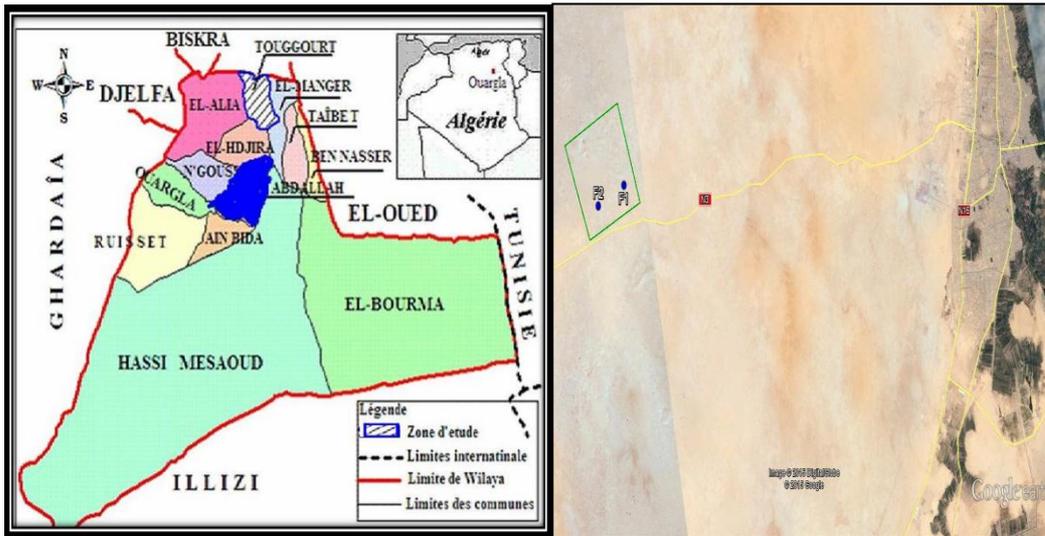


Figure I.1: Localisation de la zone d'étude (Wikipédia) avec une photo satellitaire du périmètre d'El-Annat (B.E, 2015)

**Situation administrative:**

La wilaya d’Ouargla compte actuellement 21communes regroupées en 10 Daïras selon la répartition suivante :

*Situation administrative de la wilaya d’Ouargla*

Daïras	Communes
Ouargla	Ouargla, Rouissat
Touggourt	<b>Touggourt</b> , Tebesbest, Nezzla, Zaouia El Abidia
Sidi Khouiled	Sidi Khouiled, Ain Beida, Hassi Ben Abdellah
El Borma	El Borma
N'goussa	N'goussa
Temacine	Temacine, Blidet Amor
Taïbet	Taïbet, Bennaceur, M'nagueur
El Hadjira	El Hadjira, Al Alia
Meggarine	Meggarine, Sidi Slimane

**I.2 Climatologie :**

### I.2.1 Introduction :

Les caractères du climat saharien sont dus tout d'abord à la situation en latitude, au niveau du tropique, entraînent de fortes températures, et au régime des vents qui se traduisent par des courants chauds et secs (Ozenda, 1991). Le climat saharien est caractérisé notamment par la faiblesse et l'irrégularité des précipitations, une luminosité intense, une forte évaporation et de grands écarts de température.

### I.2.2 La station pluviométrique:

La station la plus représentative de notre zone d'étude est la station d'Ouargla .

La synthèse climatique a été faite sur une durée de 19 ans (1996 - 2014), Pour tous les paramètres climatiques (température, humidité, précipitation, insolation, vitesse du vent, évaporation et évapotranspiration). Le tableau suivant représente les caractéristiques de la station.

#### *Caractéristiques des stations pluviométrique*

Station d'Ouargla	Coordonnées		Altitude
	X	Y	m
Caractéristiques	5°19'22''	31°57'17''	136

Source : ONM d'Ouargla

### I.2.3 la température :

C'est un facteur principal qui conditionne le climat de la région. L'analyse des températures sera faite à partir des données recueillies de l'ONM-Ouargla période (1996-2014).

#### I.2.3.1 les températures extrêmes :

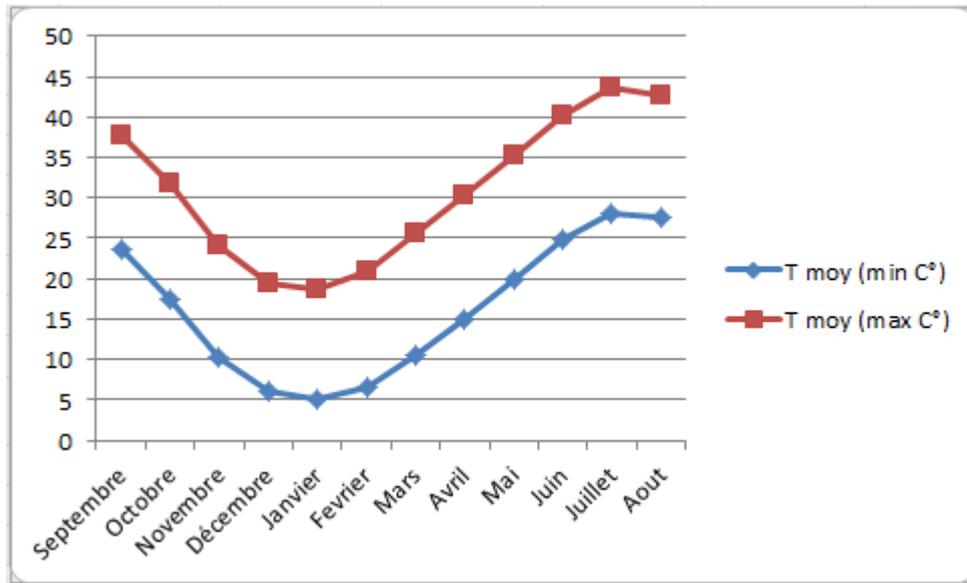
Nous indiquons ci-dessous la moyenne mensuelle des maximas et des minimas.

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, elle nous renseigne sur le caractère de "dispersion" de ces données.

**Tableau I.3 : Températures extrêmes (station de Ouargla, 1990-2015)**

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	AN
<i>T moy (max C°)</i>	38	32	24	19	19	21	25,5	30	35	40	44	43	31
<i>T moy (min C°)</i>	24	18	10	6	5	7	10,5	15	20	25	26	26	16
<i>Ecart</i>	14	14	14	13	14	14	15	15	15	15	18	17	15



**Figure I.2 : Les températures extrêmes**

De l'étude de ces courbes, il ressort que :

- ❖ Les valeurs de ces températures, sont plus élevées aux mois de Juillet (44 C°) et Août (43°C).
- ❖ Pour les températures moyennes des minima extrêmes, une valeur de 5°c a l'été signalée.

On pourra dire que les plus faibles valeurs se rencontrent en Décembre et Janvier (6-5°C), alors que les plus hautes apparaissent en Juillet et Août (28°C). Ceci est caractéristique de toute la zone septentrionale du Sahara Continental;

- ❖ Les écarts de température sont également assez élevés, comme dans tout le Sahara. Au mois de Juillet les variations des valeurs extrêmes ont l'amplitude la plus forte : 26 et 44°C, soit 18°C de différence thermique.

**I.2.3.2 La température moyenne mensuel:**

Pour l'estimation des températures. nous avons traité les relevés des moyennes mensuelles des températures sur une période de 25 ans (1990-2015) à la station d'Ouargla . Le tableau ci-dessous récapitule les températures moyennes mensuelles, qui ont été reportées dans la figure (I.3) .

**Tableau I.4 : Températures moyennes mensuelles (Station de Ouargla, 1990-2015)**

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	AN
<b>T moy</b>	30,6	24,6	17	12,6	11,8	13,7	18	22,6	27,5	32,5	35	34.5	23

On remarque que les températures estivales sont très élevées, avec une moyenne comprise entre 32 et 35°C. Le maximum se situe en Juillet. Pour la température hivernale, elle varie entre 11 et 14°C et le mois de Janvier est le plus froid. Ceci nous amène à dire que la région d’Ouargla a un **Eté très chaud** et un **Hiver doux**.

Et la température moyenne annuelle est de 23 C°.

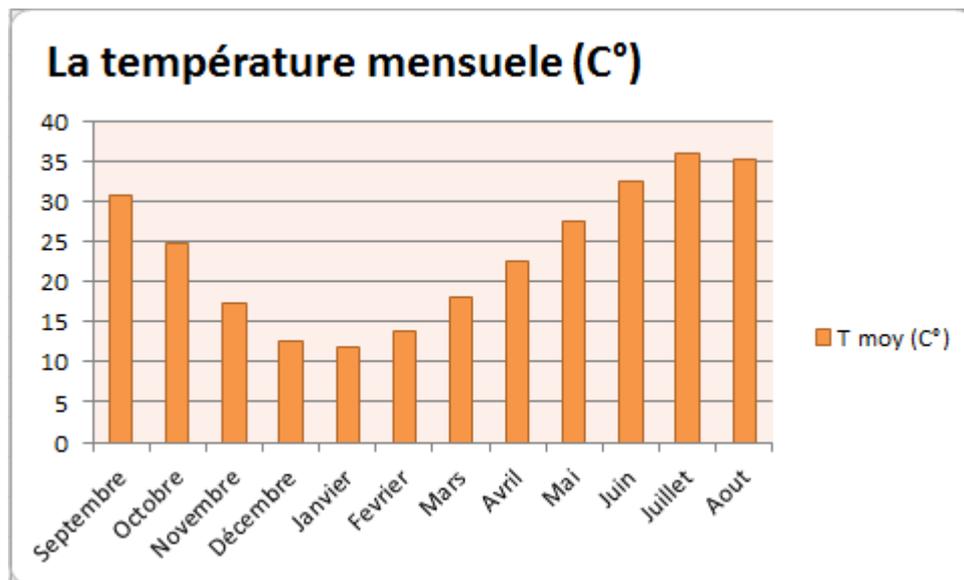


Figure I.3 : Histogramme de température mensuelle (°C).

## I.2.4 Les précipitations (La pluviométrie) :

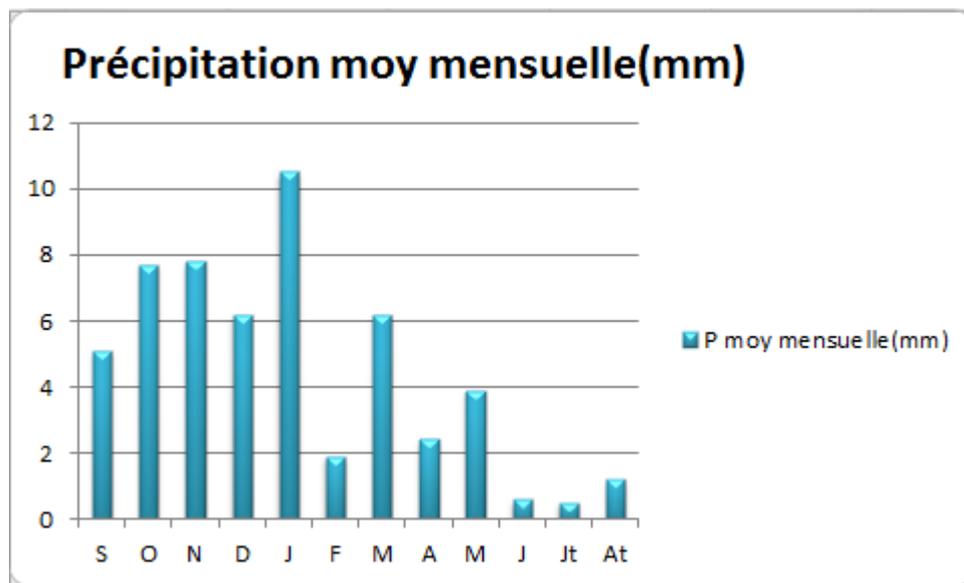
### I.2.4.1 La précipitation moyenne mensuelle :

La connaissance de la pluviométrie et sa répartition à l'échelle annuelle est une donnée essentielle pour un projet d'irrigation, puisqu'elle permet de connaître le régime pluviométrique.

Pour l'étude de la pluviométrie, nous disposons d'une série d'observation mensuelle couvrant la période allant de 1990 à 2015. Le tableau I.6 et la figure I.5 ci-dessous montrent la répartition des hauteurs moyennes mensuelles de la précipitation.

Tableau I.5 : La pluviométrie moyenne mensuelle (Station de Ouargla, 1990-2015)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	At	Moy. annuelle
P moy (mm)	5.1	7.7	7.8	6.2	10.5	1.9	6.2	2.4	3.9	0.6	0.5	1.2	38.2



**Figure I.4 : Histogramme de Précipitation moyenne mensuelle (1990-2015)**

On remarque une grande irrégularité de la pluie; faible pendant l'Hiver et presque nulle en Eté. Leur provenance en Hiver est due aux dépressions accompagnants la migration vers le Sud des fronts polaires, en Eté elles sont dues aux dépressions de mousson, alors que pendant la période intermédiaire, ces précipitations sont due aux dépressions Soudano-Sahariennes du Sud vers le Nord (Du bief, 1963).

En règle générale les pluies sont d'intensité plutôt faible pour la région.

La moyenne annuelle des précipitations sur une série de 25 ans est de 38.2 mm.

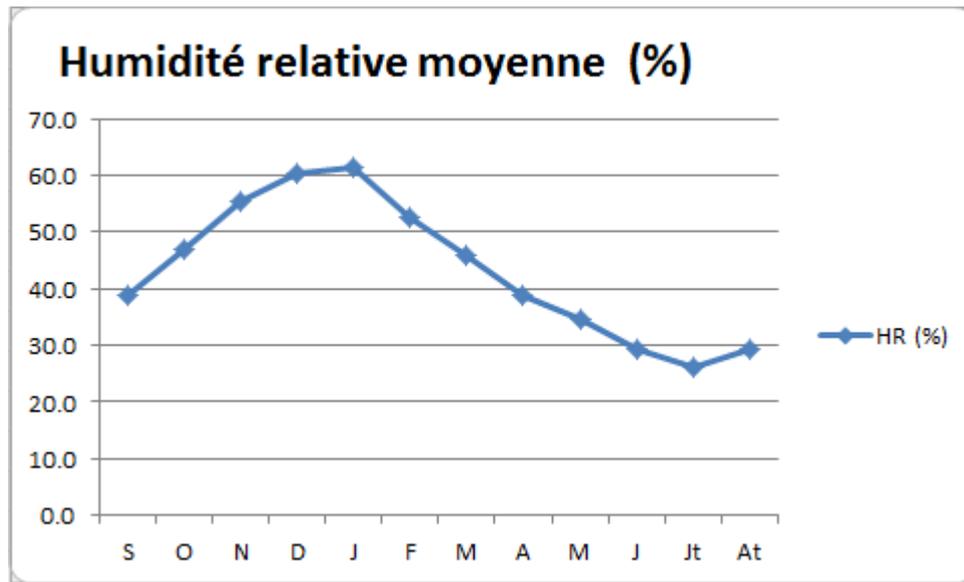
### **I.2.5 Humidité relative :**

Le degré hygrométrique de l'air (ou humidité relative) c'est le rapport de la tension de vapeur effective à la tension de vapeur saturante dans les mêmes conditions de température et de pression.

Nous avons indiqué dans le tableau I.7 ci-dessous la moyenne mensuelle de l'humidité mesurée à Ouargla (période 1990 - 2015).

**Tableau I.6 : Distribution mensuelle de l'humidité relative (Station d'Ouargla, 1990-2015)**

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	J	Fev	Mar	Avr	Mai	J	Jt	At	Annuel
HR(%)	39.0	46.8	55.4	60.4	61.3	52.7	45.8	38.9	34.6	29.3	26.0	29.2	43.28



**Figure I.5 : Distribution mensuelle de l’Humidité relative de l’air (%)**

On relève que l'humidité est faible dans l'ensemble de l’aire d’étude. Ceci est dû notamment au fait que la température de l’air en augmentant suite à l’importance de l’insolation, fait accroître la capacité de contenance en eau de l’air.

Nous pouvons résumer les choses en disant que l'humidité relative dépend dans une large mesure de la température qui elle aussi dépend de la quantité de rayonnement reçue sur le sol, il demeure que celle-ci n'est pas la seule, car d'autres facteurs interviennent aussi, notamment les vents, les nuages et l'ensoleillement.

- Le mois le plus humide est le mois de janvier avec 61.3%
- Le mois le moins humide est le mois de juillet avec 26%.
- L'humidité moyenne annuelle est de 43 %.

**I.2.6 Le vent :**

Pour caractériser le régime du vent. nous avons dépouillé les données de la station d’Ouargla comme suit :

**Tableau I.7 : Vitesse moyenne mensuelle du vent (station de Ouargla, 1990-2015)**

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jn	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Annuel
Vitesse du vent (m/s)	4.2	3.4	2.7	2.7	2.7	3.2	4.0	4.5	4.7	4.8	4.3	3.8	3.8

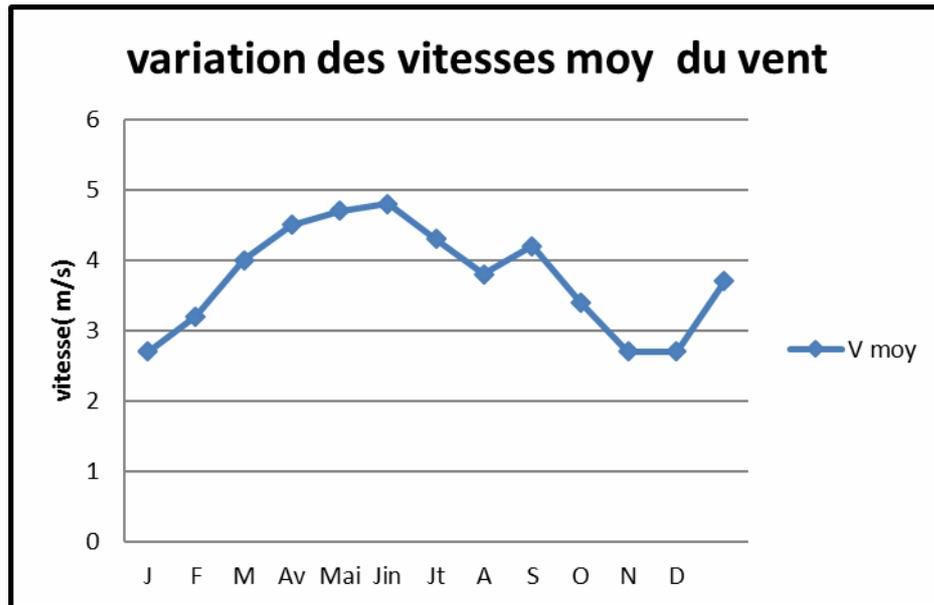


Figure I.6 : Diagramme de la vitesse du vent

On remarque que la vitesse minimale du vent est enregistrée au mois du Novembre, Décembre et Janvier elle est de 2.70 m/s et la vitesse maximale est enregistrée en Juin et atteint 4.8 m/s.

**I.2.7 L'insolation :**

L'insolation est un paramètre climatique qui intervient généralement dans le calcul de l'évapotranspiration potentielle. Les valeurs mensuelles moyennes observées sont présentées dans le tableau ci-après :

Tableau I.8 : Insolation moyenne mensuelle (station d'Ouargla, 1990-2015)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	AN
Insolation (heur/j)	10.5	10.4	9.5	8.3	9.6	10.1	11.3	11.8	12.4	11.8	13.1	12.9	11

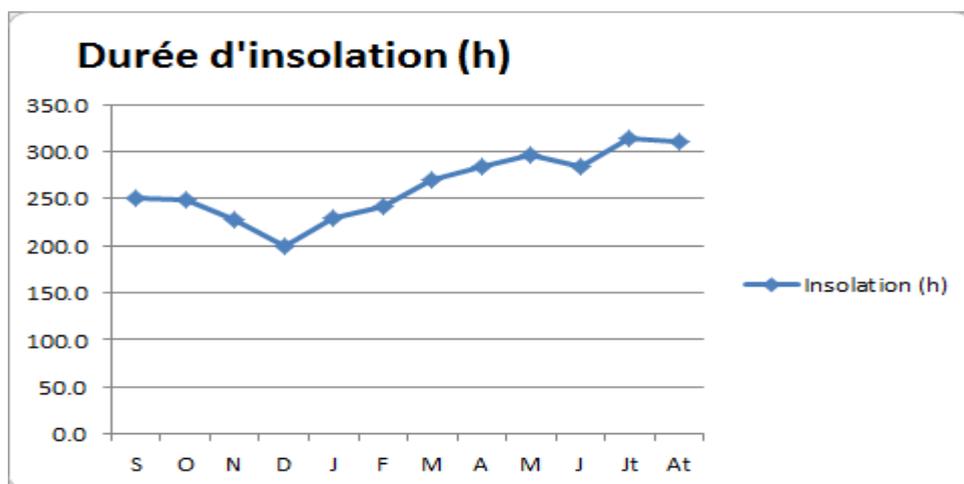


Figure I.7 : Diagramme de l'Insolation moyenne journalière (h/j) pour chaque mois

Selon les valeurs mentionnées au tableau I.8, on estime que la durée moyenne d'ensoleillement journalière est supérieure à 8 h/j, elle peut dépasser légèrement 13 h/j en Eté, tandis qu'elle ne dépasse pas 10 h/j en Hiver, alors que l'insolation mensuelle, la plus grande, correspondant aux mois les plus chauds "Juin-Août". Le minimum en Novembre à Février

Correspondant à une durée d'ensoleillement plus basse de 8.3 h/j.

D'une manière générale, la durée moyenne est de l'ordre de 3168 h/an (11 h/j), soit 132 jours de soleil par an.

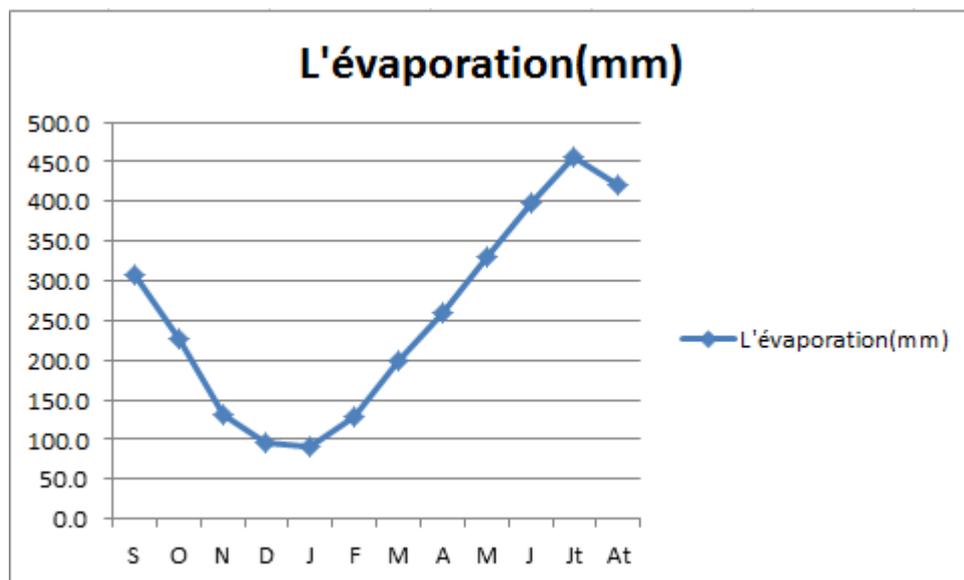
### I.2.8 L'évaporation :

L'évaporation se traduit par la transformation de l'eau liquide en vapeur d'eau, elle dépend généralement de la température ambiante et des mouvements de l'air.

Les valeurs de l'évaporation moyenne mensuelle et annuelle des plans d'eau dans la région d'étude sont estimées à partir des données d'observation mesurées niveau de la station d'Ouargla.

**Tableau I.9 : Répartition mensuelle de l'évaporation (station d'Ouargla, 1990-2015)**

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	At	Année
L'évaporation (mm)	308.6	226.1	131.8	94.9	91.8	127.8	200.1	259.6	331.2	398.5	455.4	419.9	253.8



**Figure I.8 : Diagramme de l'évaporation dans la région d'Ouargla**

\*L'évaporation est maximale dans le mois de Juillet, elle atteint 455.4 mm.

## I.2.9 Indices climatiques :

### I.2.9.1 Indice d'aridité de Martonne (1926) :

Il permet de connaître le degré de sécheresse de la région.

Il est calculé par la formule suivante :

$$I_A = \frac{P}{T + 10} \quad (I.1)$$

Avec :

$I_A$  : Indice climatique d'aridité

P : Précipitation moyenne annuelle (mm).

T : Température moyenne annuelle (°C).

Donc :

$$I_A = \frac{38.26}{23 + 10} \approx 1.16$$

Les limites des climats d'après l'indice climatique de DE MARTONNE sont données dans le tableau ci-dessous :

**Tableau I.10 : Les limites de climat d'après l'indice de Martonne(1926)**

Valeur de I	Type de climat	Irrigation
$I < 5$	Désertique	Indispensable
$5 < I < 10$	Très sec	Indispensable
$10 < I < 20$	Sec	Souvent indispensable
$20 < I < 30$	Relativement humide	Par fois utile
$I > 30$	Humide	Inutile

$I_A = 1.16$  donc  $I_A \leq 5$ , D'où notre climat est désertique, donc l'irrigation est indispensable.

### I.2.9.2 Quotient pluviométrique d'Emberger (1955) :

Il permet de connaître l'étage bioclimatique de la région d'étude.

$$Q = \frac{P}{M^2 - m^2} * 2000 \tag{I.2}$$

Avec :

Q : Quotient pluvio-thermique d'Emberger.

P : Moyenne annuelle pluviométrique (mm).

M : Moyenne des températures maxima du mois le plus chaud (Kelvin).

m : moyenne des températures minima du mois le plus froid (Kelvin).

A.N :

$$Q = \frac{38.26}{(44+273)^2 - (5+273)^2} * 2000 \approx 3.3$$

D'après le diagramme bioclimatique d'EMBERGER (voir Figure (I.11)), on peut dire que le climat de notre région est un climat Saharien.

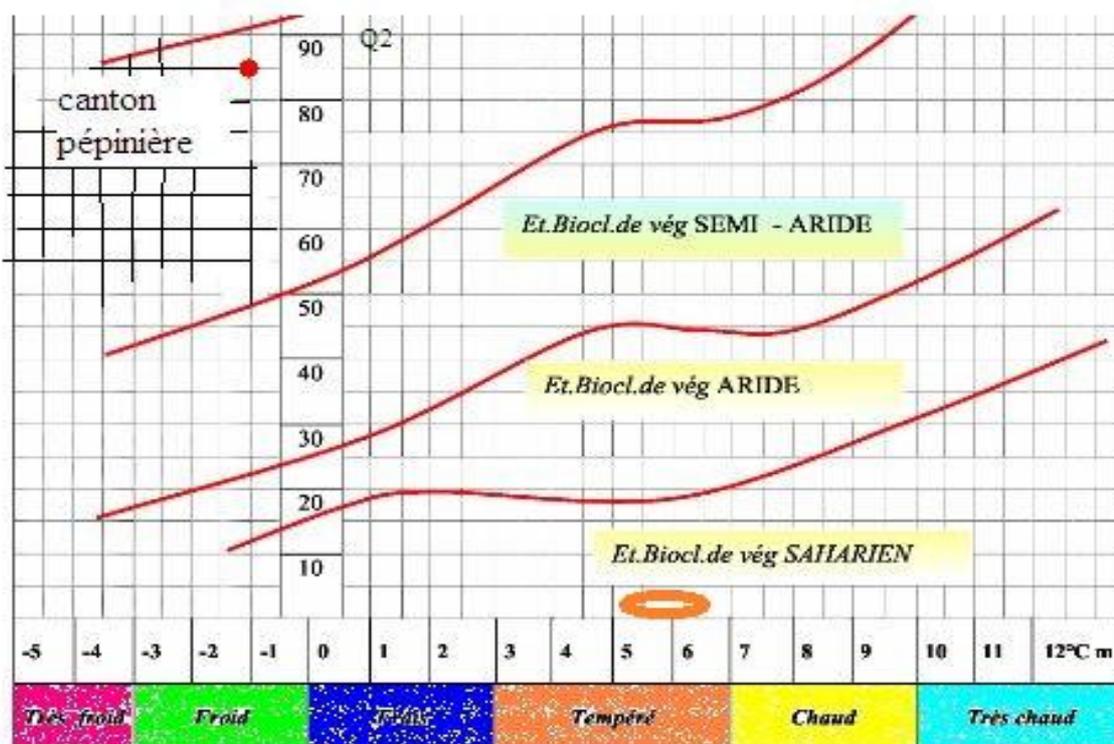


Figure I.9 : Diagramme bioclimatique d'EMBERGER

### I.2.9.3 Le diagramme ombro-thermique de Gausсен et Bagnouls :

Le diagramme ombro-thermique de GAUSSEN et BAGNOULS est une méthode graphique qui permet de définir les périodes sèche et humide de l'année, où sont portés en abscisses les mois, et en ordonnées les précipitations (P) et les températures (T), avec  $P=2T$ . La figure I.12 porte le Diagramme Ombro-thermique de la région d'Ouargla établi à partir des données pluviométriques et thermiques moyennes mensuelles calculées sur une période de 25 ans.

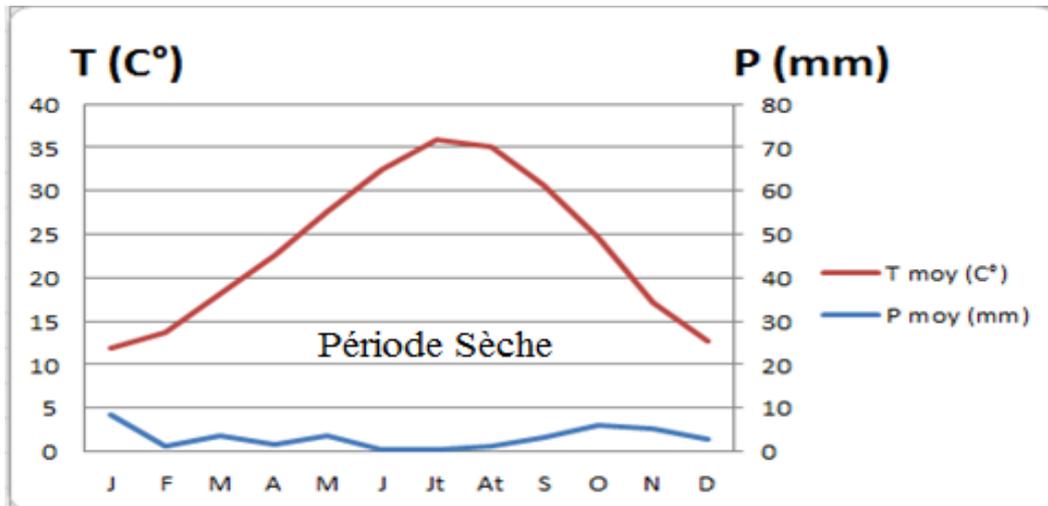


Figure I.10 : Le diagramme ombro-thermique de Gausсен et Bagnouls pour la zone d'étude

\*D'après le diagramme d'ombrothermique de Gausсен on distingue une seule période qui est sèche sur toute l'année.

### I.3 Conclusion :

D'après les analyses des conditions naturelles, nous pouvons conclure que :

La région est caractérisée par une faible hauteur de pluie qui est de l'ordre de 38.2 mm en moyenne annuelle.

L'évaporation est très intense du fait qu'on se trouve dans une région désertique pour cette raison, la majeure partie des eaux précipitées s'évaporent.

La période sèche est la plus représentative, elle s'étale Presque sur toute l'année, expliquant le taux d'évaporation qui est loin supérieur à celui des précipitations.

Cette situation désertique est caractérisée également par la fréquence élevée des vents avec des températures élevées.

# **Chapitre II :**

# **Ressources en eau et en sol**

## Chapitre II. Ressources en eau et en sol

### Introduction :

Avant d'entamer une étude d'aménagement hydro-agricole, il est indispensable de localiser et de quantifier l'eau nécessaire à l'irrigation, par conséquent on va présenter les ressources en eau qui vont alimenter notre zone d'étude.

### II.1 Ressources en eau :

L'eau est l'élément vital et fondamental à toute activité économique à travers la wilaya d'Ouargla connue par son climat sec, surtout quand il s'agit de l'activité agricole. Les ressources hydriques sont soit de surface, soit souterraines.

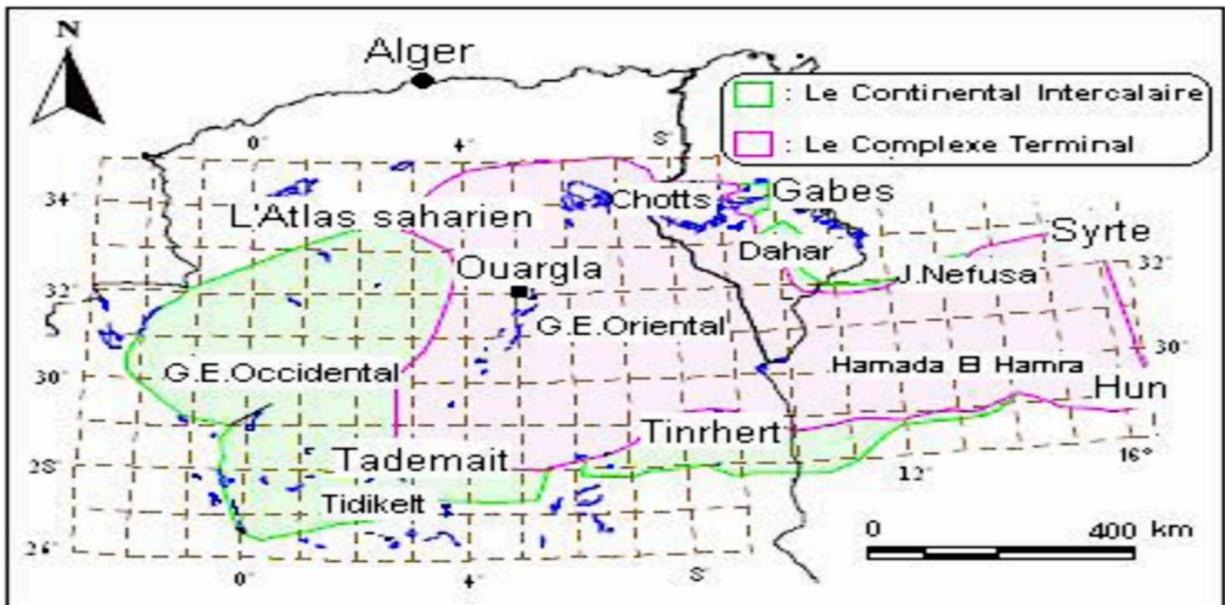
#### II.1.1 Eaux de surface :

Malgré les faibles précipitations et le faible nombre de jours de pluies dans la région du Sahara 12 jours en moyenne, les écoulements sur les versants occidentaux peuvent alimenter les réseaux hydrographiques pendant quelques temps et parfois peuvent même causer des inondations très importantes.

Le réseau hydrographique traversant la région est composé des oueds suivant :

- Au Nord-ouest : oued N'saa qui selon les fréquences peut présenter des crues considérables. Le bassin versant de oued N'sa couvre une superficie de 7800 Km<sup>2</sup>, il reçoit divers affluents dont les plus importants sont le Ballouh et le Soudou qui arrosent l'oasis de Berriane (Dubief,1953).
  
- Au Sud : oued M'ya draine la partie orientale du plateau de Tadmaït (Medinger. Le bassin de l'oued M'ya est en forme d'une vaste gouttière relevée du Sud (800 m) avec une pente très faible (0,1 à 0,2 %) vers le Nord-Est. Il s'étend sur 19800 km<sup>2</sup>, le cours fossile de l'oued M'ya inférieur est jalonné par de vastes sebkhas jusqu'à Ouargla, distant de 200 km environ du point externes. Si l'on admet cependant que l'oued M'ya se jetait dans le chott Melrhir actuel, sa longueur devrait atteindre les 900 km (Dubief,1953).
  
- À l'Ouest: oued M'Zab, dont la superficie du bassin est d'environ 5000km<sup>2</sup>, prend la direction Ouest-Est sur une distance de 350 Km de la région de Batma E'Rouilla à une altitude de 750 m jusqu'à Sebkhet Safioune d'une altitude de 104 m. Les crues peuvent atteindre Sebkhet Safioune (Dubief, 1953).





**Figure II.2 : Délimitation du Système Aquifère du Sahara à Septentrional (OSS, 2003)**

### 1) Continental intercalaire(CI):

Le terme « Continental Intercalaire » désigne un épisode continental localisé entre deux cycles sédimentaires marins :

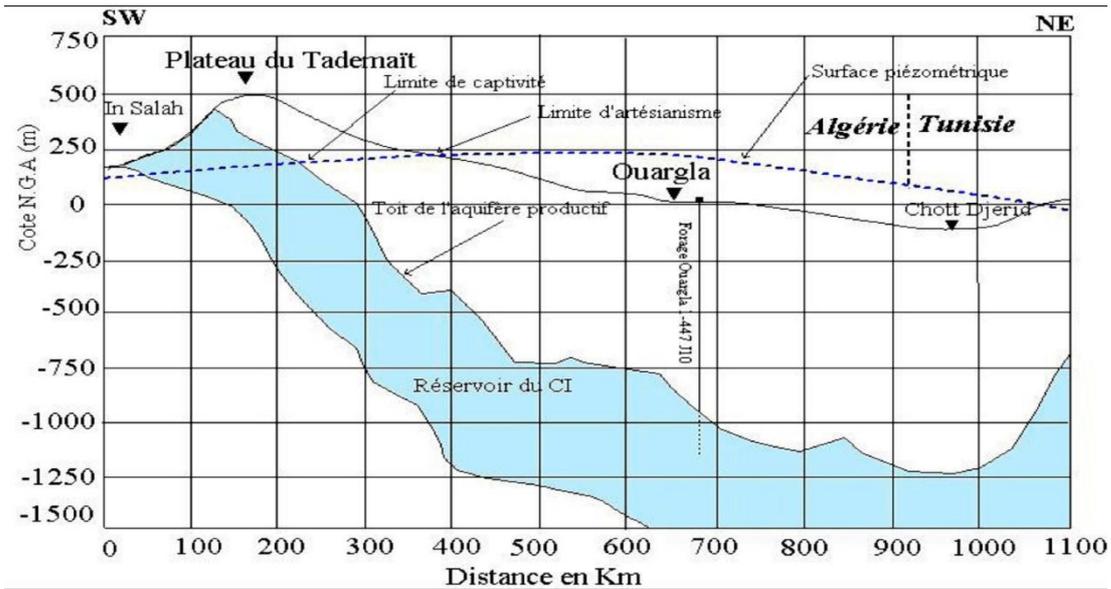
À la base, le cycle du Paléozoïque qui achève l'orogénèse hercynienne;

Au sommet, le cycle du Crétacé supérieur, résultat de la transgression cénomanienne.

La formation du "CI" 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 m et dont la puissance varie entre 200 et 400 m, à Ouargla, il est exploité entre 1 150 m et 1350 m (Bellaoueur A, 2008) de profondeur.

A Ouargla, elle est située entre 1000 et 1500 m. La wilaya d'Ouargla recèle des potentialités en eau souterraines, estimées à 2381.5 Hm<sup>3</sup>/an (Boutmedjet, 2004).

Au Nord-Est de la dorsale de M'Zab, le toit de l'aquifère, constitué d'argile et d'évaporites du cénomanien est continu, sur tout le bassin (Unesco, 1970).



**Figure II.3 : Coupe hydrogéologique transversale du "CI" (UNESCO, 1972)**

## 2) Complexe Terminal (CT) :

Le Complexe Terminal (CT), au sommet, est plus hétérogène, il comprend Les nappes suivantes citées de haut en bas :

### a) La nappe phréatique :

Cette nappe est selon Rouvillois-Brigol (1975), s'écoule du sud vers le Nord suivant la pente de la vallée, sa profondeur varie de 1 à 8 m en fonction du lieu et de la saison.

Les eaux de la nappe sont hyper-chargées en sels (50 g/l), soit une salinité moyenne de 32.27dS/m, à faciès chimique chloruré sulfaté (HamdiAissa ,2001).

Elle est essentiellement alimentée par les eaux de drainage de la palmeraie et par les eaux urbaines (IDDER, 1998).

### b) La nappe dumio-pliocène :

Dite nappe des sables, elle fut à l'origine des palmeraies irriguées, elle s'écoule du sud sud-ouest vers le nord- Est, en direction du chott Melghir (Zergoun, 1997). La salinité de cette nappe varie de 1.8 à 4.6 g/l. (Boutmedjet, 2004).

### c) La nappe dusénono-éocène :

Elle est peu exploitée, vu son faible débit, sa profondeur d'exploitation varie entre 140 à 200m (Rouvillois-Brigol, 1975).

### d) La nappe duturonien :

Les potentialités du Sahara algérien en termes de ressources en eau, sont évaluées à 5 milliards de m<sup>3</sup>. (l'A.N.R.H,2000)

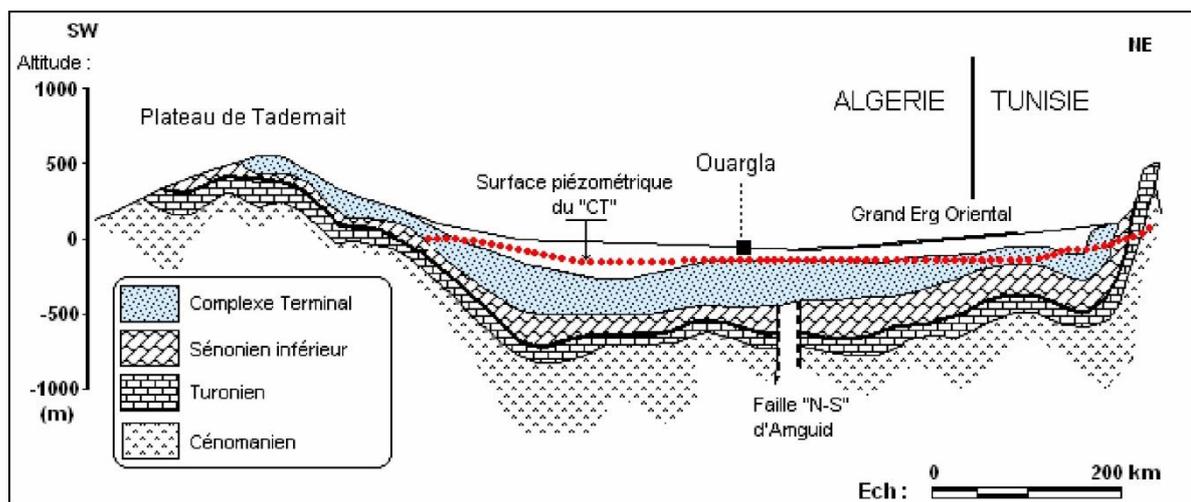
Le Complexe Terminal est un ensemble assez peu homogène incluant des formations carbonatées du Crétacé supérieur et des épisodes détritiques du Tertiaire, principalement du Miocène (Busson, 1970; Fabre, 1976). Il est noté dans l'étude OSS 2003 (Observation du Sahara et du Sahel) que classiquement, et selon la définition de (Kilian, 1931), le terme «*Continental Terminal* » désignait les formations continentales, sableuses et argileuses du Mio-Pliocène. Mais d'après (Bel et Demargne, 1966) «*La nappe du Continental Terminal* contenue dans les sables du Mio-Pliocène est plus ou moins en relation avec les nappes de l'Eocène, du Sénonien et du Turonien, de sorte qu'à l'échelle de l'ensemble du Sahara, on peut considérer que ces différents niveaux forment une seule et même nappe.

La nappe du Continental Terminal - par opposition au Continental Intercalaire ».c'est avec le projet ERESS que l'on verra apparaître la notion de «*Complexe Terminal* », appellation publiée pour la première fois par (Bel et Cuche 1969).

La profondeur du "CT" est comprise entre 100 et 600 m et sa puissance moyenne est de l'ordre de 300 m (Figure II.4).

Le Complexe Terminal affleure aux endroits suivants :

- Au Nord, dans le sillon des chotts algéro-tunisiens;
- À l'Est, le long du flanc oriental du Dahar;
- Au Sud, sur les plateaux de Tinrhert et de Tademaït;
- À l'Ouest, sur la dorsale du M'Zab.



**Figure II.4 : Coupe hydrogéologique transversale du "CT" (UNESCO, 1972)**

### II.1.3 Qualité des eaux:

La salinité de l'eau d'irrigation entraîne une modification de la composition chimique du sol. Il est donc impératif de bien gérer et exploiter cette ressource.

La qualité de l'eau d'irrigation est représentée traditionnellement par deux paramètres :

a/ Salinité totale :

Elle s'exprime par la conductivité électrique mesurée à 25 °C et est proportionnelle à la quantité d'ions en solution .

b/ Alcalinité :

Dans l'eau d'irrigation les cations usuels se divisent en deux : d'une part  $Na^+$  qui a une action défloculante sur le sol, donc néfaste, et d'autre part  $Ca^{++}$  et  $Mg^{++}$  dont l'action est flocculante et donc bénéfique pour la structure de sol. L'effet négatif d'une eau sur la perméabilité de sol peut être lié à une pauvreté en calcium et en magnésium ou un excès de sodium. L'alcalinité d'une eau d'irrigation est définie par le SAR qui est donné par la relation suivante:

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{(Mg^{2+} + Ca^{2+})}{2}}} \quad (II.1)$$

Avec :

SAR : Sodium adsorption Ratio.

$Na^+$  et  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$  en meq/l.

#### Classification des eaux en fonction du S.A.R

Classe	S.A.R.	Danger d'alcalinisation
S1	$SAR \leq 10$	Risque faible
S2	$10 < SAR \leq 18$	Risque moyen
S3	$18 < SAR \leq 26$	Risque élevé
S4	$SAR > 26$	Risque très élevé

Et d'après la classification Américaine : United States Salinity Laboratory (USSL) .les eaux d'irrigation peuvent être classées en fonction de conductivité électrique (CE) et en fonction de l'alcalinité (SAR)

- C1: C.E < 0,250 mmhos/cm l'eau de faible salinité.
- C2: 0,250 < C.E < 0,750 mmhos/cm l'eau de salinité moyenne.
- C3: 0,750 < C.E < 2,250 mmhos/cm l'eau à forte salinité.
- C4: C.E > 2,250 mmhos/cm l'eau à très forte salinité.

### II.1.3.1 L'analyse de l'eau d'irrigation :

A partir des collectes des données et les différentes enquêtes, il à été établi que tous les forages d'irrigation sont des forages du complexe terminal (CT).

Les résultats d'analyse de ces eaux sont résumés ci-après:

✓ **Caractéristiques physico-chimiques des eaux de la nappe C.T:**

L'ANRH en novembre 2006 sur 104 forages captant le CT, ont permis d'identifier les caractéristiques suivantes:

**Caractéristiques physico-chimiques des eaux de la nappe du CT  
( Source : ANRH d'Ouargla2008)**

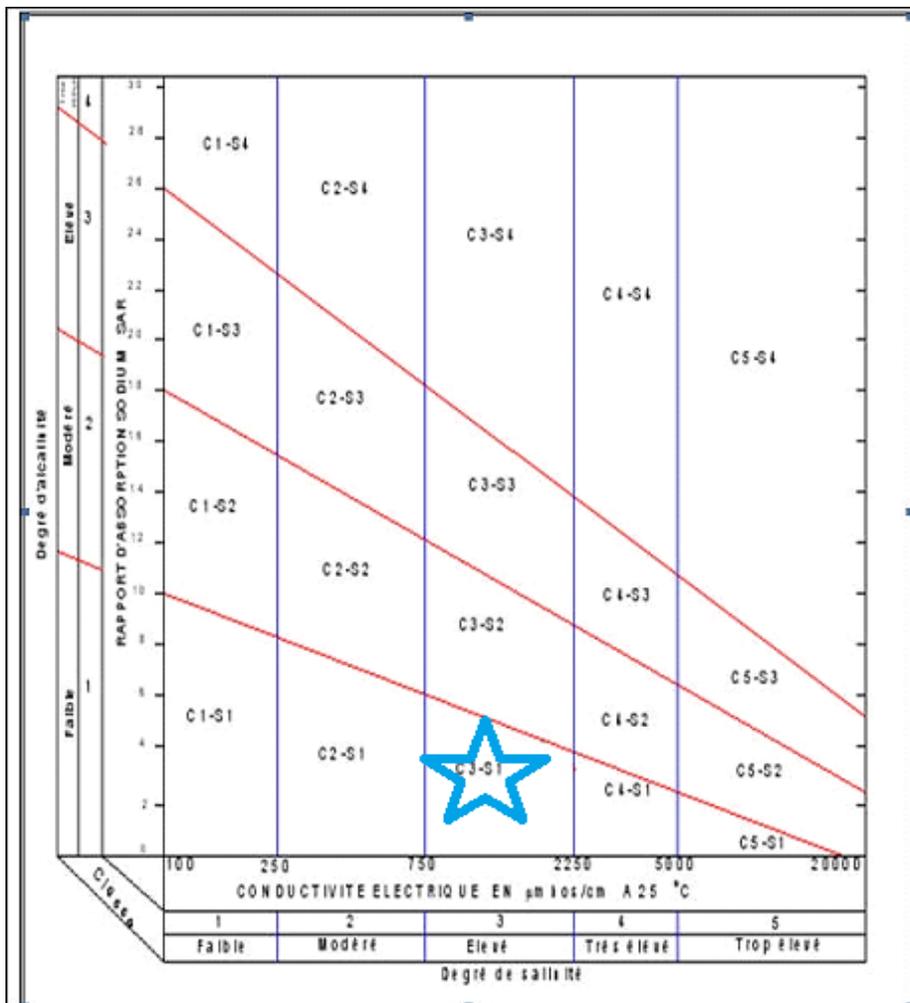
<i>éléments</i>	<i>mg/l</i>	<i>méq/l</i>
$Ca^{2+}$	93	4.65
$Mg^{2+}$	227	18.92
$Na^+$	480	20.87
$K^+$	29	0.74
$Cl^-$	895	25.21
$SO_4^{2-}$	725	15.1
$HCO_3^-$	102	1.68
$CO_3^{2-}$	0	0
$NO_3^-$	14	0.23

**Analyse des données (Source : ANRH d'Ouargla 2008)**

<i>Analyse des données</i>	
<i>Somme des cations</i>	45.18 <i>méq/l</i>
<i>Somme des anions</i>	42.22 <i>méq /l</i>
<i>Somme des ions</i>	2565 <i>mg/l</i>
<i>Résidu sec à 110°C</i>	2916 <i>mg/l</i>
<i>minéralisation</i>	3241 <i>mg/l</i>
<i>CE</i>	2.19 <i>mmhos/cm</i>
<i>PH</i>	8.23
<i>Turbidité (FTU)</i>	2
<i>Th° français</i>	118
<i>SAR</i>	6.079

Pour notre projet la profondeur des forages est en moyenne de 160 à 220 ml avec un débit de 25 à 50 l/s (ANRH Ouargla).

- ✓ D’après les valeurs de la conductivité électrique et du la SAR, les eaux de complexe terminale appartiennent à la classe **C3 S1** avec:
  - **Classe S1** : le SAR = 6.079 < 10, Donc le risque d’alcalinisation est faible et l’eau est propre à l’irrigation.
  - **Classe C3** : la conductivité électrique varie de 0.750mmhos/cm à 2.250mmhos/cm, c’est-à-dire la salinité est forte,
- ✓  $\frac{Na^+}{Ca^{2+}} = 4.488 < 5$ , Donc on peut utiliser cette eau sans amendement physique.
- ✓ Carbonate de sodium résiduel (RSC) =  $((CO_3^{2-} + HCO_3^-) - (Ca^{2+} + Mg^{2+})) = -21.89 < 1.25$  meq/l, Y a pas de risque liés aux carbonates.
- ✓ Le PH de l’eau de l’irrigation devrait se situer entre 5.5 et 8.5, On a le PH= 8.23 donc est acceptable.



**Figure II.5 : Diagramme de classification des eaux d’irrigation**

(D’après United States Salinity Laboratory, U.S.S.L établi 1954).

## II.2 Ressources en sol :

L'étude pédologique est l'une des étapes essentielles pour prendre en compte de la nature, des caractéristiques et des contraintes relevant du sol en tout aménagement hydro-agricole.

Pour l'irrigation, plusieurs caractéristiques doivent être prises en considérations. On peut citer notamment :

- La profondeur du sol qui commande l'épaisseur des couches accessibles aux racines et par suite la réserve en eau disponible ;
- La texture ou granulométrie de la terre fine et la charge caillouteuse qui jouent sur les possibilités de rétention en eau;
- La structure et la porosité des horizons qui commandent la perméabilité du milieu et, globalement, la plus ou moins grande facilité de conduite des arrosages ;
- Les caractéristiques chimiques (PH, CE) qui influent sur l'éventail des possibilités **culturelles de la zone à irriguer.**

La bonne connaissance du sol permet le bon choix des cultures les plus adaptées aux agriculteurs.

### II.2.1 Les sols de Sahara :

La formation et l'évolution des sols dans ce vaste territoire sont essentiellement conditionnées par le climat et la salinité.

le climat très aride influe sur la pédogenèse par la très forte évaporation, ce qui a engendré dans certaines zones de fortes accumulations salines surtout après la mise en irrigation (jusqu' a 50mmhos/cm) .ce phénomène est aggravé le plus souvent par une topographie généralement plane , qui ne facilite pas le drainage naturel des eaux excédentaires et par une eau d'irrigation relativement chargée en sels .

La roche mère des sols de ces régions est le plus souvent (Sahara septentrional) du continental intercalaire, elle se caractérise par des formations gréseuses plus ou moins compactes avec des passées argileuses.

Ces formation sont hétérogènes : elles présentent une texture le plus souvent saleuse .mais on peut rencontrer des textures limono sableuses des dépôts marneux ou un plan d'eau a' une profondeur variable ces sols ne sont pas généralement calcarifères. mais, ils sont tous affectés plus ou moins de salinité. Ces caractères de sols expliquent en grande partie la prédominance de ces facteurs pédogénétiques sur l'évolution des sols du Sahara .qui sont principalement : la texture, la structure, la salinité (halomorphie) et l'action de l'eau (hydromorphie).

### II.2.2 Les sols de la cuvette de Ouargla :

Du point de vue pédologique, la cuvette de Ouargla se caractérise par des sols, dans la majorité se regroupent dans les classes pédologique des sol peu évolués d'apport alluvial et éolien avec des caractères de salinité et d'action de nappe et les classe des sols halomorphes et hydro morphes .

Ces sols d'origine éolienne ont généralement une texture sableuse ou sablo-limoneuse. La stratification des ces dépôts éoliens, n'est pas toujours nette, elle surtout visible en surface par des alternances de lits de sable grossier et de sable fin

La texture de ces sol est généralement sableuse ou sablo-limoneuse, la structure est particulière, parfois avec un structure polyédrique mal développée leur compacité est faible .leur couleur est brun-rougeâtre, brun clair ou beige. le PH varie de 7.6 à 8.4 .Les sols sont donc à réaction moyennement basique ,Certainement a cause d'une forte proportion d'ions Na dans la solution du sol .le gypse est fréquent dans de nombreux sols.

En profondeur l'accumulation de gypse se présente différemment, soit par une grand quantité en petits cristaux ( forme fibreuse , roses de sable ) conférant au sol un aspect poreux ,spongieux , soit par des nombreuse taches (diffuses ou en mycélium) ou amas de gypse pulvérulent .la teneur en calcaire totale est variable est dans certains sols les accumulation calcaire , en surface sont de l'ordre de 8 à12% et rarement de très fort accumulations existant en profondeur .

Généralement les sols aussi bien en surface que sur toute la profondeur, ne contiennent que de faibles taux de calcaire car les roche parentales ne sont généralement pas ou peu calcaire. Tous les sols de la cuvette ont une forte salinité variant de 15 à 38 mmhos /cm ( surtout pour les sols irrigués) dans l'horizon de surface ou dans l'horizon d'altération des roches en profondeur, elle est variable et ce indépendamment de la profondeur .la teneur en P2O5 assimilable est de 43-136 PPM pour les horizon de surface et de 24-28 PPM , pour les autres horizon plus profonds . ces sols sont théoriquement bien pourvus en phosphore la teneur en K2O est fort aussi bien en surface que sur toute la profondeur des sols, soit de 1.3 à 4.9% elle est en corrélation avec la teneur en sels .en effet les horizons les plus salés sont aussi les plus riches en K2O .la matière organique est quasi absente, l'azote lui aussi en quantité négligeable.(B.E d'Ouargla)

### II.2.3 Caractérisation d'un sol représentatif:

Sol, profond homogène sur toute sa profondeur avec texture sablo limoneuse et d'une structure particulière. La topographie est plane, D'où une faible rétention de l'eau. PH est alcalin (8.3), le calcaire est faible.

La conductivité électrique = 4mmhos/cm. Une faible compacité, Une bonne porosité, La densité apparente ( $D_a=1.828$ ).

- Les paramètres physiques du sol de la station de Touggourt sont représentées dans le tableau suivant :

#### Caractéristiques physiques du sol

Carrière	n(%)	Da	Dr	e
Touggourt	31,02	1,828	2,65	0,450

Source DSA d'Ouargla

Avec :

n : La porosité (%) ;

Da : La densité apparente ;

Dr : La densité réelle ;

e : L'indice des vides.

- Les caractéristiques chimiques du sol de la station de Touggourt sont représentées dans le tableau suivant :

#### Caractéristiques chimiques du sol.

Carrière	%Sels	pH	%MO	%Caco3
Touggourt	0,017	8,300	0,344	0,220

Source DSA d'Ouargla

Les paramètres chimiques de notre sable sont :

**Le pH :** Pour déterminer la valeur de pH, nous avons utilisé un PH-mètre.

**La conductivité électrique :** Nous avons utilisé conductimètre.

**Matière organique :** Après les analyses on trouve teneur en matière organique faible.

**Taux de calcaire :** Mesuré par calcimètre de Bernard normes.

**Les analyses de l'échantillon du sol de Touggourt.**

Echantillon	Granulométrie					Texture	Calcaire (%)		pH	ESP
	Argile	Limon		Sable			Total	Actif		
		Fin	Grossier	Fin	Grossier					
<b>Touggourt</b>	1.82	24.3	9.62	39.46	13.72	Sablo-limoneux	5.1	0.01	8.30	7.1

Source DSA d'Ouargla

### II.3 Conclusion :

D'après l'analyse chimique du sol et de l'eau destinée à l'irrigation, on peut dire que pour notre région d'étude:

- La valeur de SAR < 10, donc l'eau utilisée pour l'irrigation ne présente pas de danger d'alcalinisation.

- Le sol est salin non alcalin car la conductivité électrique = 4 mmhos/cm et ESP < 15, Ces types de sols ont une bonne structure et peuvent avoir une fertilité physique meilleure que celle des sols équivalents non salés. Leur exploitation dans le domaine agricole est possible par un **simple lessivage**.

**Chapitre III :**  
**Evaluation des besoins en**  
**eaux des cultures**

## **Chapitre III. Evaluation des besoins en eaux des cultures**

### **III.1 Introduction :**

Cette étude a pour objectif d'évaluer les besoins en eau des cultures, et ce sur la base des informations conditionnant la conception de notre projet tels que : les conditions climatiques, les potentialités et la fertilité des sols, la disponibilité de l'eau, les pratiques culturales et les méthodes d'irrigation.

La détermination des besoins en eau pour les cultures est régie par le phénomène d'évapotranspiration et les besoins des cultures pratiquées.

### **III.2 Etude hydrologique :**

L'étude hydrologique a pour but de déterminer les caractéristiques des pluies de fréquences données, cette analyse conditionne l'étude de notre projet, et portera sur : l'homogénéisation des séries pluviométriques, l'étude fréquentielle des séries pluviométriques par des lois statistiques, et par la suite la détermination de l'année de calcul nécessaire au dimensionnement de notre réseau d'irrigation.

#### **III.2.1 Homogénéité des séries pluviométrique :**

Nous disposons d'un échantillon de pluies annuelles d'une durée d'observation de 25 ans (1990-2015), réalisée au niveau de la station d'Ouargla qui a été prise comme station de référence. Les caractéristiques de cette dernière sont résumées dans le Tableau III.1

**Série des pluies à station d'Ouargla (période : 1990-2015) en(mm)**

Année	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fevr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Aout	Total
1990-1991	0	0	10.6	5	0	0.2	4.9	0	0	1	3	0	24,7
1991-1992	0	0	2.5	25.1	7.7	0	7.8	7	0	0	0	0	50,1
1992-1993	0	0	13.6	22.4	0	6.7	0.9	0	0	0	0	0	43,6
1993-1994	0	0.4	13.3	2	3.8	0	9.5	2.2	0	0	0.6	0	31,8
1994-1995	23.6	17.9	5.3	1.5	0.7	0	14.4	0	0	0.7	0.7	0.6	64,6
1995-1996	13.7	16.5	3.7	4.5	27.5	5.4	9.6	2.8	0.6	0.2	0	0	84,5
1996-1997	8.7	0	0	1.2	23.5	6.3	14.8	1.5	0.9	0	0.7	0	57.6
1997-1998	8	7.9	0.9	1.6	2	4	0	4.8	0	0	0	0.3	29.5
1998-1999	0	3.6	1	0.2	0	0	2.1	2.7	0	1	0	0	10.6
1999-2000	0.8	0	22.9	4.1	19	0.7	0	0.6	0	0	0.6	0	48.7
2000-2001	0	36.4	0	0	0	0	0	1	50.9	0	0	0	88.3
2001-2002	1	0.6	0.3	3.6	0	0	0	0.4	0	0	0	0	5.9
2002-2003	2.5	2.6	2.4	0	0	0	0	0	5	0	0	2.4	14.9
2003-2004	0	0.4	0.2	0.2	15.5	6.4	6.1	0	0	0	0	0	28.8
2004-2005	0	19.6	43.3	8	6.5	0	21.7	5.4	0	0.2	0	13.1	118
2005-2006	3.2	2	17.2	0.1	0.2	0	1	0	0	0	0	0	23.7
2006-2007	3	5.9	0	0.8	9.4	0	0	1.2	0	0	0	0	20.3
2007-2008	0	0.3	0	6.1	0	0	0	3.5	0.3	0	0	2.9	13.1
2008-2009	14.2	24.1	0.2	0.6	5.7	0	1.2	0	0	0.4	0	0	46.4
2009-2010	6.3	0.1	0	0	54.1	1.5	10.6	0.8	0	2.5	0	0	75.9
2010-2011	7.7	3.9	0	0	4.4	0	0	0.7	1.7	3	2.2	0	23.6
2011-2012	0.1	5	0	0	0	0	11.1	1.7	0	0	0	0	17.9
2012-2013	4.6	0	0	0	16.2	5.5	1	3.5	0	0	1.3	0.3	32.4
2013-2014	0	0	4.6	24.5	3.6	0	0.2	6.3	0	0	0	2.4	41.6
2014-2015	0	0	6.8	5.8	0	0	0.4	0	14.1	2	0	0	29.1
Moy	5.1	7.7	7.8	6.2	10.5	1.9	6.2	2.4	3.9	0.6	0.5	1.2	38.2

Toute étude hydrologique nécessite la vérification des données utilisées.

L'information de base quant à sa qualité revêt une très grande importance. On ne peut espérer à des résultats concluants si la donnée de base n'est pas fiable. Et c'est pour cette raison là que cette étude d'homogénéisation est faite, donc on va tester l'homogénéité de la série afin de détecter et corriger les anomalies qui peuvent exister, pour cela on se base sur le test de Wilcoxon.

Pour vérifier l'homogénéité de la série pluviométrique on procède au Test de Wilcoxon.

La vérification de l'homogénéité d'une série pluviométrique par cette méthode repose sur le procédé ci-dessous (Touaibia, 2004):

On divise la série complète en deux sous séries X et Y tel que:

$N_1$  et  $N_2$  représentant respectivement les tailles de ces deux sous séries considérant généralement  $N_2 > N_1$ .

On constitue par la suite, la série X unions Y après avoir classé la série de pluie d'origine par ordre décroissant. A ce stade, on attribue à chaque valeur de la série pluviométrique classée, son rang tout en précisant à quelle sous séries appartient elle.

La série est homogène avec une probabilité de 95%, si la relation ci-dessous est vérifiée. Avec:

$W_x$  : somme des rangs de la sous-série x

$$W_{\min} = \left[ \left( \frac{(N_1 + N_2 + 1)N_1 - 1}{2} \right) - 1.96 \left( \frac{N_1 N_2 (N_1 + N_2 + 1)}{12} \right)^{1/2} \right] \quad (\text{III.1})$$

$$W_{\max} = [(N_1 + N_2 + 1)N_1 - W_{\min}] \quad (\text{III.2})$$

Les résultats du test d'homogénéité sont présentés dans le tableau III.2.

**Test d'homogénéité de Wilcoxon de série pluviométrique (1996-2015)**

N	Série (mm)	Série y	Série x	Tri	y U <sub>x</sub>	Rangx
1	24,7	24,7	23.7	117.8	Y	
2	50,1	50,1	20.3	88.3	Y	
3	43,6	43,6	13.1	84.5	Y	
4	31,8	31,8	46.4	75.9	X	4
5	64,6	64,6	75.9	64.6	Y	
6	84,5	84,5	23.6	57.6	Y	
7	57.6	57.6	17.9	50.1	Y	
8	29.5	29.5	32.4	48.7	Y	
9	10.6	10.6	41.6	46.4	X	9
10	48.7	48.7	29.1	43.6	Y	
11	88.3	88.3		41.6	X	11
12	5.9	5.9		32.4	X	12
13	14.9	14.9		31.8	Y	
14	28.8	28.8		29.5	Y	
15	117.8	117.8		29.1	X	15
16	23.7			28.8	Y	
17	20.3			24.7	Y	
18	13.1			23.7	X	18
19	46.4			23.6	X	19
20	75.9			20.3	X	20
21	23.6			17.9	X	21
22	17.9			14.9	Y	
23	32.4			13.1	Y	
24	41.6			10.6	Y	
25	29.1			5.9	Y	

Les calculs donnent :

$N_1=10$  (série x),  $N_2= 15$  (série y),  $W_x = 129$ ,  $W_{min} = 94.17$  et  $W_{max}= 165.83$

Comme :  $W_{min} < W_x < W_{max}$ , alors la condition d'homogénéité du test de Wilcoxon est vérifiée, donc la série des précipitations moyennes annuelle de la Station d'Ouargla est homogène.

### III.2.2 Ajustement statistique des pluies:

La pluviométrie est souvent ajustable à des lois statistiques très nombreuses, on utilise pour notre projet celle qui garantit le meilleur ajustement possible. Les lois d'ajustement les plus communément employées dans le cas de pluies annuelles sont les suivantes :

- Loi de Gauss ( loi normale )
- Loi de Galton ( loi log–normale )

#### III.2.2.1 Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gauss (loi normale) :

C'est la loi la plus étudiée des lois de probabilités usuelles. Elle est caractérisée uniquement par la moyenne et l'écart-type .

$$\mathbf{u} = \frac{\mathbf{X} - \bar{\mathbf{X}}}{\sigma} \quad \text{(III.3)}$$

u est appelée variable réduite de Gauss. L'intervalle de définition est donc :

$X \in ]-\infty, +\infty [$  [ Le procédé de calcul consiste à :

- ❖ Classer les valeurs de l'échantillon par ordre croissant.
- ❖ Affecter un numéro d'ordre aux valeurs classées.
- ❖ Calculer la fréquence expérimentale (par la formule de Hazen par exemple).
- ❖ Calcul des caractéristiques empirique de loi (  $\bar{X}$ ;  $\delta$  ; Cv; CS=0).
- ❖ Le coefficient de variation :  $Cv = \frac{\sigma}{\bar{X}}$

L'équation de la droite de Henry sur papier de probabilité gaussien:

$$\mathbf{X}_{P\%} = \bar{\mathbf{X}} + \sigma * \mathbf{U}_{P\%} \quad \text{(III.4)}$$

Avec :

$X_{P\%}$ : Précipitation de probabilité P%.

$\bar{X}$  : Moyenne arithmétique.

$U_{P\%}$  : Variable réduit de Gauss.

$\sigma$  : Écart type

Pour les calculs on a utilisé le logiciel HYFRAN, Les résultats obtenus figurent au tableau III.3 et au Figure III.3

### Ajustement à la loi de Gauss (normale)

T	Q	XT	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)
100	0.99	105.1	10.79	84 – 126.3
50	0.98	97.6	9.87	78 – 117
20	0.95	86.3	8.57	69.5 – 103
10	0.90	76.3	7.52	61.5 – 91
5	0.80	64.1	6.46	51.5 – 76.8
3	0.67	52.8	5.78	41.4 – 64
2	0.50	40.9	5.52	30 – 51.7
1.25	0.20	17.7	6.46	5 – 30.3

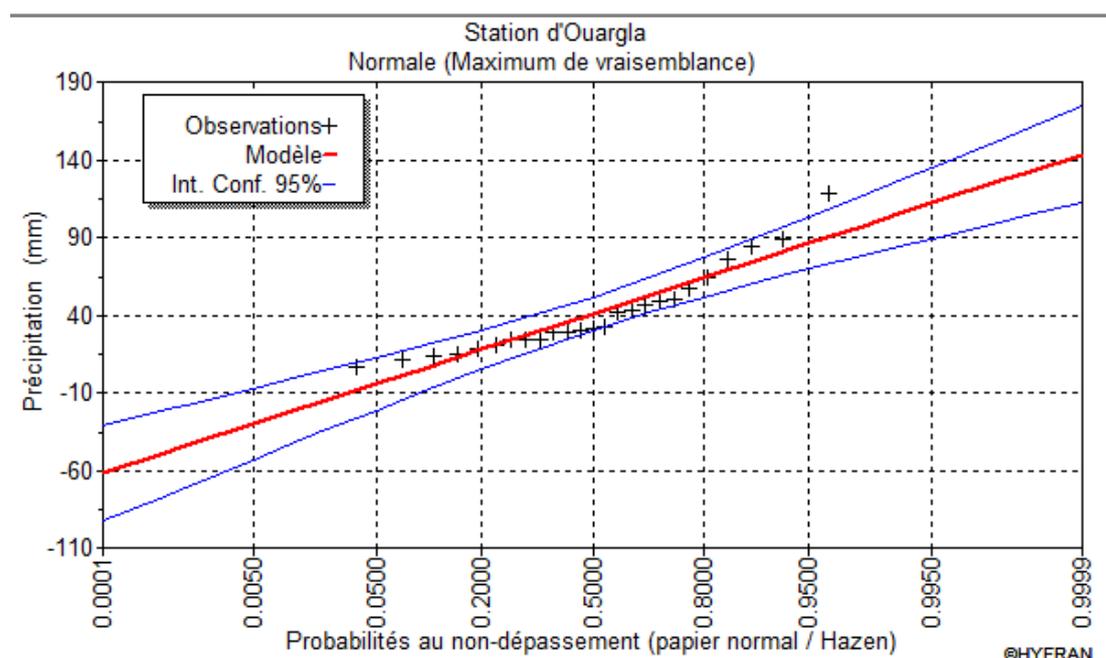


Figure III.1 : Ajustement graphique pour les pluies à une loi de Gauss (normale)

### III.2.2.2 Test d'adéquation d'un ajustement :

Le test d'adéquation (ou d'ajustement) consiste à vérifier la compatibilité des données avec une distribution choisie a priori. Il convient par conséquent de comparer l'adéquation de ces lois afin d'adopter le meilleur ajustement. L'un des tests le plus employé, est le test du Khi carré ( $\chi^2$ ). Soit un échantillon de N valeurs, classées par ordre croissant ou décroissant à étudier, et pour lequel une loi de répartition  $F(X)$  a été déterminée : On divise cet échantillon en un certain nombre de classes K contenant chacune  $n_i$  valeurs expérimentales. Le nombre  $v_i$  est le nombre théorique de valeurs sur un échantillon de N valeurs affectées à la classe i par la loi de répartition, donnée par la relation suivante:

$$v_i = N \int_{x_{i+1}}^x f(X) dX = N[F(X_i) - F(X_{i+1})] \quad (\text{III.5})$$

$f(X)$  étant la densité de probabilité correspondant à la loi théorique. Le variable aléatoire  $\chi^2$ , dont la répartition a été étudiée par Pearson, est définie par l'expression suivante:

$$\chi^2 = \sum \frac{(n_i - v_i)^2}{v_i} \quad (\text{III.6})$$

$$\lambda = k - 1 - P \quad (\text{III.7})$$

Avec :

P : Nombre de paramètres, dont dépend la loi de répartition (P=2).

On cherche dans la table de Pearson la probabilité de dépassement correspondante au nombre de degré de liberté, définie ci-dessus par  $\lambda$ .

- ✓ **Test de Khi carré pour la loi Normale**
- ❖ On calcule  $\chi^2$ .
- ❖ On calcule le nombre de degré de liberté.
- ❖ On détermine  $\chi_{théorique}^2$  sur la table de Pearson (voir tableau III.4), Avec

$$\chi^2_{théorique} = g(\gamma, \alpha)$$

La loi est adéquate pour les erreurs  $\alpha=0.01$  et  $0.05$  si et seulement si:

$$\chi^2_{calculé} < \chi^2_{théorique}$$

**Table du khi carré**

$\alpha \backslash \gamma$	0.9	0.5	0.3	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01	0.001
1	0.016	0.455	1.074	1.642	2.705	3.841	5.412	6.635	10.827
2	0.211	1.386	2.408	3.219	4.605	5.991	7.824	9.210	13.815
3	0.584	2.366	3.665	4.642	6.251	7.815	9.837	11.345	16.266
4	1.064	3.357	4.878	5.989	7.779	9.488	11.668	13.277	18.467
5	1.610	4.351	6.064	7.289	9.236	11.070	13.388	15.086	20.515

Les résultats du test pour la loi normale sont présentés dans le tableau III.5 ci-dessous

**Test de khi carré pour la loi Normale**

La loi	Normale
$\chi^2$ calculé	6.08
Degré de liberté	4
$\chi^2$ théorique ( $\alpha = 0.01$ )	13.277
$\chi^2$ théorique ( $\alpha = 0.05$ )	9.488
Pour une erreur $\alpha = 0.01$	La loi est adéquate
Pour une erreur $\alpha = 0.05$	La loi est adéquate

### III.2.2.3 Ajustement des pluies annuelles à la loi du log-normale (loi de Galton) :

L'ajustement par la loi log-normale se fait comme suit:

-Les données statistiques des pluies sont rapportées à une autre échelle à savoir l'échelle du log normale, nous avons l'équation de la droite de Galton qui s'écrit comme suit:

$$\ln(X_{P\%}) = \ln(X) + \delta_{Ln} \times U_{P\%} \quad (\text{III.8})$$

Avec:

$\ln$ : Symbole de l'opérateur mathématique correspondant au logarithme népérien.

$X_{P\%}$ : Précipitation probable à  $P\%$ .

$U_{P\%}$ : Variable réduite de Gauss.

$\ln(X)$  : Moyenne arithmétique du log des précipitations observées.

$\delta_{Ln}$  : la variance, calculée pour les précipitations observées sous l'échelle logarithmique .

Pour les calculs on a utilisé le logiciel HYFRAN, Les résultats obtenus figurent au tableau III.6 et au Figure III.2.

#### Ajustement à la loi de Galton (log-normale)

T	Q	XT	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)
100	0.99	171.7	47.9	77.9 – 265.5
50	0.98	141.4	36	70.7 – 212.1
20	0.95	105.7	23.4	59.8 – 151.5
10	0.90	81.5	15.8	50.5 – 112.6
5	0.80	59.6	9.9	40.1 – 79.1
3	0.67	44.4	6.6	31.4 – 57.4
2	0.50	32.7	4.7	23.6 – 41.8
1.25	0.20	18	3	12.1 – 23.8

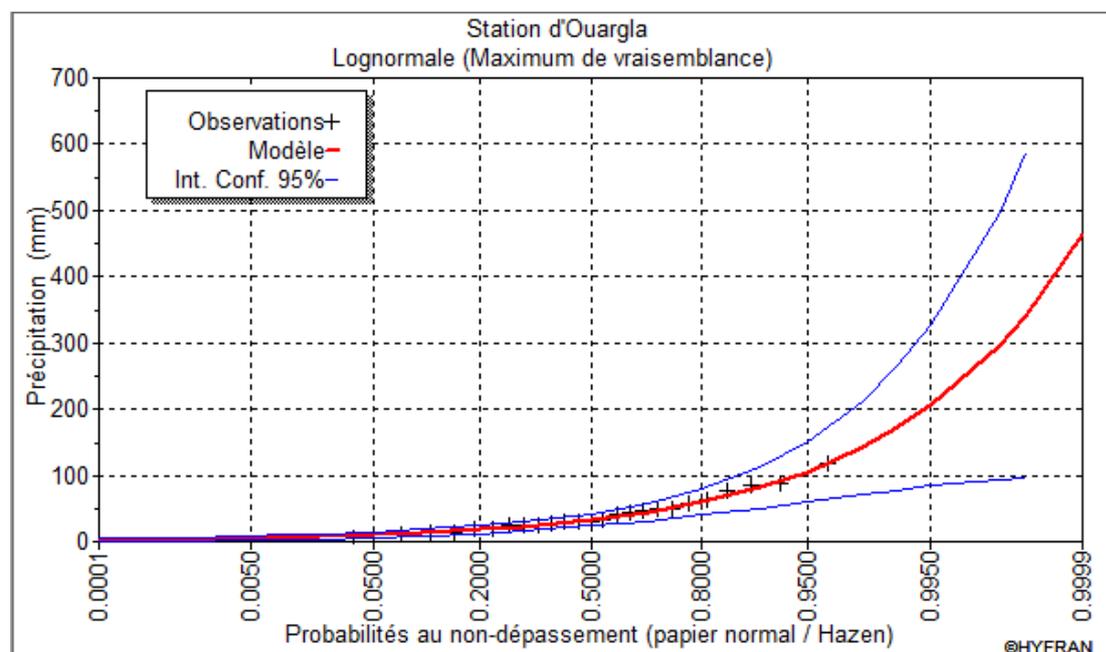


Figure III.2 : Ajustement graphique pour les pluies à une loi de Galton (log-normale)

✓ **Test de Khi carré pour la loi Log-Normale :**

- ❖ On calcule  $\chi^2$ .
- ❖ On calcule le nombre de degré de liberté  $\gamma$ .
- ❖ On détermine  $\chi^2_{théorique}$  sur la table de Pearson (voir tableau III.4), Avec

$$\chi^2_{théorique} = g(\gamma, \alpha)$$

La loi est adéquate pour les erreurs  $\alpha=0.01$  et  $0.05$  si et seulement si:

$$\chi^2_{calculé} < \chi^2_{théorique}$$

Les résultats du test pour la loi normale sont présentés dans le tableau III.7 ci-dessous

**Test de khi carré pour la loi Log-Normale**

La loi	Log-Normale
$\chi^2$ calculé	1.60
Degré de liberté $\gamma$	4
$\chi^2_{théorique}(\alpha = 0.01)$	13.277
$\chi^2_{théorique}(\alpha = 0.05)$	9.488
Pour une erreur $\alpha = 0.01$	La loi est adéquate
Pour une erreur $\alpha = 0.05$	La loi est adéquate

**III.2.3 Détermination de l'année de calcul:**

D'après le test de khi carré on a trouvé que la loi Log-Normale (GALTON) est la plus adéquate, alors nous la retenons pour l'estimation de la pluviométrie moyenne annuelle représentative de la région.

La détermination de l'année de calcul a pour but de tirer la quantité de pluie utilisable par la plante, Pour l'estimation de l'année sèche de fréquence 80%; on utilise la formule suivante :

$$P_{sec_{i,80\%}} = P_{moy.i} \times \frac{P_{théorique (80\%) annuelle}}{P_{théorique (50\%) annuelle}} \quad (III.9)$$

Avec :

$P_{sec_{i,80\%}}$  : Précipitation mensuelle de l'année de calcul ;

$P_{moy.i}$  : Précipitation moyenne mensuelle ;

$P_{théorique (80\%) annuelle}$  : Précipitation théorique annuelle de fréquence 80 ;

**P<sub>théorique (50%) annuelle</sub>** : Précipitation théorique annuelle de fréquence 50% ;

D'après les résultats d'adéquation de la loi Galton, on tire :

✓ **P<sub>théorique(80%) annuelle</sub> = 18 mm**

✓ **P<sub>théorique (50%) annuelle</sub> = 32.7 mm**

Donc :

#### **Précipitation moyenne mensuelle de l'année de calcul.**

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
P <sub>i,moy</sub> (mm)	5.1	7.7	7.8	6.2	10.5	1.9	6.2	2.4	3.9	0.6	0.5	1.2
P <sub>sec<sub>i, 80%</sub></sub> (mm)	2.81	4.24	4.29	3.41	5.78	1.05	3.41	1.32	2.15	0.33	0.28	0.66

### **III.3 Besoins en eau des cultures:**

Les besoins en eau, qui peut également s'exprimer sous le terme déficit hydrique, se définit comme la différence entre l'évapotranspiration réelle (ETR) de la culture considérée et les précipitations efficaces (Peff).

L'évaluation des besoins en eau du périmètre est basée sur la détermination des besoins de chaque culture retenue dans le calendrier agronomique, pour ce la il faut déterminer :

#### **III.3.1 Evapotranspiration :**

Evapotranspiration = Evaporation + Transpiration.

Evaporation : Evaporation des surface d'eau libre (Lac, mer, rivière, flaque...) et de l'eau contenue dans le sol et dans les plantes.

Transpiration : Transpiration des végétaux émanant de leur feuillage.

#### **III.3.2 Calcul de L'évapotranspiration Potentielle ou de Référence (ET0) :**

C'est l'évapotranspiration d'une culture bien fournie en eau où le sol est à sa capacité de retentions, autrement dit c'est la limite maximale de l'évapotranspiration.

Pour prédire l'évapotranspiration de référence on utilise des méthodes basées sur des variables climatiques, parmi les plus communiquement employées sont:

- Méthodes de lysimètre
- Méthodes des stations expérimentales
- Méthodes directes de l'évaporation
- Méthodes empiriques

En ce qui concerne les méthodes empiriques, il existe des formules de calcul dont les principales sont: Prinstley- Taylor, Makkink, Turc, Hargreaves, Blaney – Cridle Thornthwaite, Penman et Monteith modifiée.

➤ **Formule de Blaney-Cridle 1959 :**

Elle utilise des paramètres facilement accessibles et introduit des coefficients cultureux susceptibles d'ajustement aux données locales éventuelles. Le facteur  $f$  (en mm) de cette formule s'exprime comme suit :

$$f = (0.46 \times T \times 8.13) \times P \quad \text{(III.10)}$$

Avec :

$T$  : la température moyenne (°C).

$P$  : le pourcentage de la durée d'éclairement pendant la période considérée.

➤ **Formule de Turc 1961:**

La formule de Turc mensuelle permet de calculer ponctuellement ( en une station) l'évapotranspiration potentielle mensuelle, cette formule est la suivante :

Si  $Hr \geq 50$  %

$$ETP = 0.4 \times (I_g + 50) \times \frac{T}{(T+15)} \quad \text{(III.11)}$$

Si  $Hr < 50$  %

$$ETP = 0.4 \times (I_g + 50) \times \frac{T}{(T+15)} \times \left(1 + \frac{(50-Hr)}{70}\right) \quad \text{(III.12)}$$

**ETP** : ETP en(mm/période).

**T** : température moyenne sur la période (°C).

**Hr**: Humidité relative de l'air (%) moyenne sur la période.

**Ig**: radiation solaire globale moyenne, en cal/cm<sup>2</sup>/jour.

➤ **Formule de Thornthwaite 1948:**

Pour une température moyenne mensuelle inférieure à 26.5°C, L'évapotranspiration potentielle mensuelle est calculée d'après la formule suivante :

$$ETP = 16 \times \left(\frac{10+t^a}{I}\right) \times k \quad (\text{III.13})$$

ETP : Evapotranspiration potentielle mensuelle, corrigée (en mm).

t : Température moyenne mensuelle ( en °C).

I : Indice thermique annuel : Somme des indices mensuels calculés à partir des températures moyennes mensuelles selon la formule  $i = \left(\frac{t}{5}\right)^{1.514}$  (III.14)

k : Coefficient de correction dépendant de latitude et donné par une table.

➤ **Formule de Penman et Monteith modifiée 1948:**

En ce qui concerne notre projet, le calcul de l'évapotranspiration est effectué à l'aide du logiciel appelé ; **CROPWAT8.0**, Selon la méthode empirique la plus appropriée de Mr Penman&Monteith modifiée. L'expérience a montrée que l'expression obtenue, prédirait de près, l'évapotranspiration de référence, non seulement dans des régions humides et fraîches, mais aussi dans des zones très chaude et semi-aride. La formule de Mr Penman&Montheit, modifiée, se présentant comme suite :

$$ET0 = C \times [W \times Rn + (1 - W) \times F(u) \times (ea - ed)] \quad (\text{III.15})$$

Avec :

ET0 : Représente l'évapotranspiration de référence, exprimées en mm/jour.

W : Facteur de pondération rendant compte de l'effet de rayonnement à différente température et altitude. Rn : Rayonnement net en évaporation équivalente, exprimé en mm/jour.

F(u) : Fonction liée au vent.

ea : Tension de vapeur saturante à la température moyenne de l'air, en millibars.

ed: Tension de vapeur réelle moyenne de l'air, exprimée en millibars.

La différence ( $ea - ed$ ) constitue le facteur de correction, afin de compenser les conditions météorologiques diurnes et nocturnes.

Le calcul de l'évapotranspiration de référence est réalisé à l'aide d'un logiciel appelé CROPWAT 8.0, fondé sur la méthode de Mr Penman&Monteith, modifiée et recommandée par la consultation des experts de la FAO tenue à Rome en Mai 1990.

Pour le calcul, nous avons introduit les données mensuelles de la station d'Ouargla.

Température : Les températures minimales et maximales mensuelles (en °C).

Humidité de l'air : l'humidité relative de l'air exprimée en pourcentage(%).

Insolation journalière : donnée en heures d'insolation.

Vitesse de vent : La vitesse du vent peut être introduite (en m/s).

Les résultats trouvés sont récapitulés dans le tableau ci après.

### Evaluation de L'ET0 par CROPWAT 8.0

The screenshot shows the 'Monthly ETo Penman-Monteith' window. The input parameters are: Country: Algeria, Station: Ouargla, Altitude: 86 m, Latitude: 33.08 °N, Longitude: 5.53 °E. The output table is as follows:

Month	Min Temp °C	Max Temp °C	Humidity %	Wind m/s	Sun hours	Rad MJ/m <sup>2</sup> /day	ETo mm/day
January	5.0	19.0	61	2.7	9.6	14.1	2.46
February	7.0	21.0	53	3.2	10.1	17.3	3.54
March	10.5	25.5	46	4.0	11.3	22.2	5.49
April	15.0	30.0	39	4.5	11.8	25.7	7.63
May	20.0	35.0	35	4.7	12.4	28.1	9.62
June	25.0	40.0	29	4.8	11.8	27.6	11.46
July	26.0	44.0	26	4.3	13.1	29.2	12.17
August	26.0	43.0	29	3.8	12.9	27.7	11.04
September	16.0	31.0	39	4.2	10.5	22.0	7.30
October	24.0	38.0	47	3.4	10.4	18.5	6.71
November	18.0	32.0	55	2.7	9.5	14.6	4.48
December	6.0	19.0	60	2.7	8.3	12.1	2.51
<b>Average</b>	<b>16.5</b>	<b>31.5</b>	<b>43</b>	<b>3.8</b>	<b>11.0</b>	<b>21.6</b>	<b>7.03</b>

### III.3.3 Calcul de la pluie efficace :

Pour tenir compte des pertes, le programme (**Cropwat 8.0**), nous permettra de calculer la précipitation efficace, définie comme étant la fraction des précipitations contribuant effectivement à la satisfaction des besoins de l'évapotranspiration de la culture après déduction des pertes par ruissellement de surface, et évaporation.

Pour l'estimation de la pluie efficace, nous avons pris en considération la méthode basée sur une fraction de la pluie totale (pourcentage). Elle est détaillée comme suit :

$$P_{eff} = 0.8 \times P_{moy} \quad \text{(III.16)}$$

avec :

$P_{eff}$ : pluie annuelle efficace en (mm/mois).

$P_{moy}$ : pluie moyenne en (mm/mois).

#### Calcul de pluie efficace avec logiciel CROPWAT 8.0

Station : Ouargla		Eff.rain method : Fixed percentage	
MOIS	$P_{moy}$ (mm)	$P_{eff}$	
Janvier	5.78	4.62	
Février	1.05	0.84	
Mars	3.41	2.73	
Avril	1.32	1.06	
Mai	2.15	1.72	
Juin	0.33	0.26	
Juillet	0.28	0.22	
Aout	0.66	0.53	
Septembre	2.81	2.25	

Octobre	4.24	3.39
Novembre	4.29	3.43
Décembre	3.41	2.73
Total	29.73	23.78

### III.3.4 L'évapotranspiration Réelle (ETR ou ETM) :

C'est la valeur réelle de l'évapotranspiration. Le plus souvent, elle est inférieure à un l'évapotranspiration potentielle, puisque le sol n'est pas en permanence à sa capacité de rétention. En plus, elle est considérée variable pendant la période de végétation.

S'obtient en multipliant l'évapotranspiration de référence par le coefficient cultural.

$$ETR = ET_o \times K_c \quad (III.17)$$

**ET<sub>o</sub>** : L'évapotranspiration de référence.

**K<sub>c</sub>** : le coefficient cultural.

### III.3.5 Choix des cultures et occupation des sols :

Les choix des cultures à mettre en place doit concilier entre les critères suivant :

- ✓ Les conditions climatiques de la région étudiée.
- ✓ La qualité et disponibilité de l'eau d'irrigation.
- ✓ L'aptitude culturale des sols basée sur l'étude pédologique.

Pour l'établissement du calendrier cultural adaptable aux diverses condition du périmètre d'étude El-Annat, nous avons tenu compte :

- ✓ De la vocation agro-alimentaire de la région.
- ✓ Du choix des services agricoles de la wilaya qui tendent vers la diversification et l'intensification des cultures pratiquées dans la région.
- ✓ D'un aperçu sommaire sur les qualifications de la main d'œuvre actuelle dans la conduite des cultures envisagées.
- ✓ Des disponibilités des moyens de production.
- ✓ De la demande commerciale traduisant les profils des agriculteurs.

Pour notre périmètre les cultures que nous avons choisies sont les suivants :

#### Surfaces occupées par les différentes cultures.

Type des cultures	Surface occupée (Ha)	Surface (%)
<b>Arboriculture</b>	<b>88.7</b>	<b>59.14</b>
Palmier dattier	58	38.67
Olivier	30.7	20.47
<b>Céréales</b>	<b>17.3</b>	<b>11.53</b>
Blé	17.3	11.53
<b>Autre cultures</b>	<b>44</b>	<b>29.33</b>
Haricot vert	16.6	11.07
Carotte	15.8	10.53
Vesce	11.6	7.73
<b>Surface Total</b>	<b>150</b>	<b>100</b>

#### III.3.6 Les Coefficients culturaux (Kc) :

Les valeurs du coefficient cultural (Kc) de chaque culture ont été ressorties, en fonction du stade végétatif de la plante, de la force du vent et de la valeur moyenne de l'humidité moyenne minimale de l'air régnant au niveau de notre périmètre d'étude, à partir du bulletin « irrigation et drainage », F.A.O N°24 et pour figuier revue (irrigation des vergers) publiée par INAF.

#### Les Coefficients culturaux (K c) des différentes cultures (bulletin, F.A.O N°24)

Culture	Janv	Fevr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
<b>Palmier</b>	0.8	0.8	0.8	0,8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
<b>Blé</b>	1	1,05	1,15	1,15	0,2						0,7	0,85
<b>Carotte</b>									0,8	1	1,1	0,75
<b>Vesce</b>	0.9	0.9	0.7	0.4						0,3	0,60	0,65
<b>Haricot vert</b>	0,75	0,8	1,1	0,95	0,7							

<b>Olivier</b>	0.65	0.65	0.65	0.65	0.75	0.75	0.75	0.7	0.65	0.65	0.65	0.65
----------------	------	------	------	------	------	------	------	-----	------	------	------	------

### III.3.7 Calcul des besoins en eau d'irrigation nette d'une culture :

Les besoins en eau mensuels sont déterminés par le bilan hydrique suivant :

$$\mathbf{B = ETP - (Pe_{ff} + RFU)} \quad \mathbf{(III.18)}$$

Avec :

B : besoin en eau d'irrigation (mm)

E.T.P : évapotranspiration (mm / mois)

Pe<sub>ff</sub> : est la pluie efficace (mm)

RFU : La réserve utile c'est la quantité d'eau contenue dans la tranche de sol explorée par les racines, entre le point de ressuage et le point de flétrissement.

Mais les plantes ayant d'autant plus de mal à extraire l'eau que l'humidité qui s'approche du point de flétrissement, on considère donc la Réserve Facilement Utilisable (RFU). On considère généralement que la RFU correspond au 2/3 de la réserve Utile, selon le type de cultures. On obtient donc :

$$\mathbf{RFU = (H_{cc} - H_{pf}) Y \cdot Da \cdot Z} \quad \mathbf{(III.19)}$$

Avec :

H<sub>cc</sub> et : l'humidité du sol à la capacité au champ ;

H<sub>pf</sub> : l'humidité du sol au point de flétrissement ; On prend H<sub>cc</sub> = 14 et H<sub>pf</sub> = 6 (La texture de notre est Sablo-limoneuse)

Y= degré de tarissement généralement égal à 2/3 ;

Z : Profondeur d'enracinement (mm) ;

da : Densité apparente du sol égal à 1.828

**III.3.7.1 Efficience d'irrigation :** Les besoins bruts des terres agricoles, dépendent de l'efficacité de l'irrigation, c'est à dire des pertes d'eau qui se produisent à partir du

point du captage, jusqu'à la satisfaction des besoins du rapport plante/sol. L'efficacité d'un réseau d'irrigation est définie par le rapport entre le besoin d'eau strictement nécessaire à la culture et le volume d'eau à introduire dans ce réseau.

La différence entre les deux volumes indique les pertes, qui évidemment devront être les plus limitées, afin d'éviter le gaspillage plus particulièrement, si les ressources en eau s'avéraient rares.

La formule utilisée pour l'estimation de l'efficacité d'un réseau d'irrigation est donnée par l'expression suivante :

$$E_i = E_d \cdot E_t \cdot E_u \quad (\text{III.20})$$

Avec :

$E_i$ : Efficacité d'irrigation en (%) ;

$E_t$ : Efficacité de transport en (%) ;

$E_d$  : Efficacité de type de distribution en (%) ;

$E_u$ : Efficacité de l'uniformité de la distribution ;

Donc, dans notre cas :  $E_i = 90\%$

### III.3.7.2 Besoins bruts en eau d'irrigation :

Les besoins bruts du périmètre sont estimés à partir des besoins nets de chaque culture.

Cette estimation dépend des paramètres suivants :

- L'efficacité du système d'irrigation ;
- La répartition des différentes cultures adaptées ;
- La superficie irriguée.

On calcule les besoins bruts d'après la formule suivante :

$$B_{brut} = \frac{B_{net}}{E_i} \quad (\text{III.21})$$

Avec :

$B_{brut}$  : Besoin brut des cultures (mm) ;

$B_{net}$  : Besoin net des cultures (mm) ;

$E_i$  : Efficience d'irrigation en (%) .

Les besoins en en eaux des cultures sont représentés dans les tableaux suivantes :

#### Besoins en eau d'irrigation de palmier dattier.

Mois	P eff	ETP	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	Bnet
Janvier	4.6	76.26	3	292.48	0.00	0.8	61.01	56.39
Février	0.8	99.12	3	292.48	0.00	0.8	79.30	78.46
Mars	2.7	170.19	3	292.48	0.00	0.8	136.15	133.42
Avril	1.1	228.9	3	292.48	0.00	0.8	183.12	182.06
Mai	1.7	298.22	3	292.48	0.00	0.8	238.58	236.86
Juin	0.3	343.8	3	292.48	0.00	0.8	275.04	274.78
Juillet	0.2	377.27	3	292.48	0.00	0.8	301.82	301.60
Août	0.5	342.24	3	292.48	0.00	0.8	273.79	273.26
Septembre	2.3	219	3	292.48	0.00	0.8	175.20	172.95
Octobre	3.4	208.01	3	292.48	0.00	0.8	166.41	163.02
Novembre	3.4	134.4	3	292.48	0.00	0.8	107.52	104.09
Décembre	2.7	77.81	3	292.48	0.00	0.8	62.25	59.52
							<b>Total</b>	<b>2036.40</b>

#### Besoins en eau d'irrigation pour le blé.

Mois	P eff	ETP	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	Bnet
Janvier	4.6	76.26	0.5	48.75	0.00	1.05	80.07	75.45
Février	0.8	99.12	0.6	58.5	0.00	1.05	104.08	103.24
Mars	2.7	170.19	0.6	58.5	0.00	1.05	178.70	175.97
Avril	1.1	228.9	0.7	68.25	0.00	0.65	148.79	147.73
Mai	1.7	298.22						
Juin	0.3	343.8						
Juillet	0.2	377.27						
Août	0.5	342.24						
Septembre	2.3	219						
Octobre	3.4	208.01	0.3	29.25	0.00	0.30	62.40	59.01
Novembre	3.4	134.4	0.3	29.25	0.00	0.7	94.08	90.65
Décembre	2.7	77.81	0.4	39	0.00	0.7	54.47	51.74
							<b>Total</b>	<b>703.78</b>

**Besoins en eau d'irrigation pour la carotte.**

Mois	P eff	ETP	Z	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	Bnet
Janvier	4.6	76.26						
Février	0.8	99.12						
Mars	2.7	170.19						
Avril	1.1	228.9						
Mai	1.7	298.22						
Juin	0.3	343.8						
Juillet	0.2	377.27						
Août	0.5	342.24						
Septembre	2.3	219	0.10	9.75	0.00	0.80	175.20	172.95
Octobre	3.4	208.01	0.2	19.5	0.00	1.00	208.01	204.62
Novembre	3.4	134.4	0.25	24.37	0.00	1.10	147.84	144.41
Décembre	2.7	77.81	0.3	29.25	0.00	0.75	58.36	55.63
							<b>Total</b>	<b>577.61</b>

**Besoins en eau d'irrigation pour la vesce.**

Mois	P eff	ETP	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	Bnet
Janvier	4.6	76.26	0.1	9.75	0.00	0.9	68.63	64.01
Février	0.8	99.12	0.15	14.62	0.00	0.9	89.21	88.37
Mars	2.7	170.19	0.3	29.25	0.00	0.7	119.13	116.40
Avril	1.1	228.9	0.5	48.75	0.00	0.4	91.56	90.50
Mai	1.7	298.22						
Juin	0.3	343.8						
Juillet	0.2	377.27						
Août	0.5	342.24						
Septembre	2.3	219						
Octobre	3.4	208.01	0.05	4.87	0.00	0.30	62.40	59.01
Novembre	3.4	134.4	0.06	5.85	0.00	0.6	80.64	77.21
Décembre	2.7	77.81	0.07	6.82	0.00	0.65	50.58	47.85
							<b>Total</b>	<b>543.35</b>

**Besoins en eau d'irrigation pour le haricot vert.**

mois	P eff	ETP	Z	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B
Janvier	4.6	76.26	0.1	9.75	0.00	0.75	57.20	52.58
Février	0.8	99.12	0.15	14.62	0.00	0.80	79.30	78.46
Mars	2.7	170.19	0.2	19.5	0.00	1.10	187.21	184.48
Avril	1.1	228.9	0.25	24.37	0.00	0.95	217.46	216.40
Mai	1.7	298.22	0.3	29.25	0.00	0.7	208.75	207.03
Juin	0.3	343.8						
Juillet	0.2	377.27						
Août	0.5	342.24						
Septembre	2.3	219						
Octobre	3.4	208.01						
Novembre	3.4	134.4						
Décembre	2.7	77.81						
							<b>Total</b>	<b>738.94</b>

**Besoins en eau d'irrigation pour l'Olivier**

Mois	P eff	ETP	Z	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	Bnet
Janvier	4.6	76.26	1.5	146.24	0.00	0.65	49.57	44.95
Février	0.8	99.12	1.5	146.24	0.00	0.65	64.43	63.59
Mars	2.7	170.19	1.5	146.24	0.00	0.65	110.62	107.89
Avril	1.1	228.9	1.5	146.24	0.00	0.65	148.79	147.73
Mai	1.7	298.22	1.5	146.24	0.00	0.75	223.67	221.95
Juin	0.3	343.8	1.5	146.24	0.00	0.75	257.85	257.59
Juillet	0.2	377.27	1.5	146.24	0.00	0.75	282.95	282.73
Août	0.5	342.24	1.5	146.24	0.00	0.7	239.57	239.04
Septembre	2.3	219	1.5	146.24	0.00	0.65	142.35	140.10
Octobre	3.4	208.01	1.5	146.24	0.00	0.65	135.21	131.82
Novembre	3.4	134.4	1.5	146.24	0.00	0.65	87.36	83.93
Décembre	2.7	77.81	1.5	146.24	0.00	0.65	50.58	47.85
							<b>Total</b>	<b>1769.15</b>

**Récapitulatif des besoins nets en eau d'irrigation (mm/mois).**

Culture	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Annuel
<b>Blé</b>	75.45	103.24	<b>175.97</b>	147.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	59.01	90.65	51.74	703.78
<b>Palmier</b>	56.39	78.46	133.42	182.06	236.86	274.78	<b>301.60</b>	273.26	172.95	163.02	104.09	59.52	2036.40
<b>Carotte</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	172.95	<b>204.62</b>	144.41	55.63	577.61
<b>Vesce</b>	64.01	88.37	<b>116.40</b>	90.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	59.01	77.21	47.85	543.35
<b>Olivier</b>	44.95	63.59	107.89	147.73	221.95	257.59	<b>282.73</b>	239.04	140.10	131.82	83.93	47.85	1769.15
<b>Haricot vert</b>	52.58	78.46	184.48	<b>216.40</b>	207.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	738.94
<b>Total(mm)</b>	293.38	412.10	718.17	784.41	665.84	532.37	584.33	512.30	486.00	617.48	500.29	262.58	6369.23

**Récapitulatif des besoins nets (et bruts) en eau d'irrigation ( $m^3/ha$ ).**

Culture	$B_{net}^{Annuel}$ (mm)	$B_{net}(m^3)$	$B_{brut}(m^3/ha)$	Surface (ha)	$B_{brut}(m^3)$
<b>Blé</b>	812.35	8123.50	10831.33	20	216 626.67
<b>Palmier</b>	2 343.35	23433.50	31244.67	66	2 062 148
<b>Carotte</b>	665.42	6654.20	8872.27	8.2	72 752.59
<b>Vesce</b>	616.44	6164.38	8219.18	7.8	64 109.57
<b>Olivier</b>	2 036.29	20362.90	27150.53	30	814 516
<b>Haricot vert</b>	836.43	8364.27	11152.36	18	200 742.52
<b>Total</b>	8 539.21	85392.10	113856.13	150.00	3 430 895.35

### III.4 Lessivage des sols:

Le lessivage est une pratique qui consiste à appliquer des doses d'eau supplémentaires, en dehors des besoins en eau des plantes, cela, afin d'entraîner tout ou une partie des sels dissout dans le sol en profondeur, hors de la zone racinaire des cultures. Il permet le maintien de la salinité du sol à un seuil souhaité.

#### III.4.1 Le rôle du lessivage :

En culture irriguée, l'objectif de lessivage du sol est d'éliminer les sels qui se sont accumulés sous l'effet de l'évapotranspiration dans la partie du sol exploitée par les racines (sels préexistants ou apportés par les eaux d'irrigation).

Le lessivage implique donc la connaissance de la dose (excès) d'eau à apporter pour abaisser la salinité à un niveau satisfaisant.

#### III.4.2 Notions du bilan salin dans un sol :

Le bilan salin dans le sol permet d'évaluer la quantité des sels stockés au bout d'un certain nombre d'irrigation, il s'écrit sous l'expression :

$$\Delta S = I_w \times C_i - D_w \times C_d + S_a + S_s + S_p + S_e \quad (\text{III.22})$$

Avec :

$\Delta S$  : La variation du stock de sels dans le sol.

$I_w$ : Le volume d'eau d'irrigation.

$C_i$  : La concentration en sels de l'eau d'irrigation.

$C_d$  : Concentration en sels de l'eau de drainage.

$S_a$  : La quantité de sels apportés par les engrais ou amendement.  $S_p$ : La quantité de sels mise en solution par l'eau traversant le sol.  $S_e$  : La quantité de sels consommés par les plantes.

L'idéal serait de parvenir a un modèle ou  $\Delta S$  serait égale à zéro, c'est-à-dire supposé.

$$S_a \times S_s \times S_p \times S_e = 0.$$

### III.4.3 Périodes et méthodes de lessivage des sols :

Dans les zones arides ou semi-arides, les doses de lessivage doivent être apportées comme doses d'irrigation. En effet, les sols salés, il faut non seulement couvrir les besoins d'évapotranspiration de la culture et les besoins d'humectation et d'évaporation du sol avec une quantité d'eau, mais il faut ajouter une quantité supplémentaire pour dissoudre les sels solubles, et qui seront évacués en dehors de la zoneraçinaire.

On appelle la quantité supplémentaire la dose de lessivage. Cette méthode de lutte contre la salinité a pour but de limiter l'extension des terres salées, de récupérer les sols, ainsi d'améliorer les rendements des cultures.

**Lessivage capital (initial):** Il consiste à apporter entre deux campagnes d'irrigation toute la dose de lessivage en une seule opération. Ainsi, les sels accumulés dans le sol lors de la campagne d'irrigation précédente, seront lessivés permettant ainsi au sol de prendre un seuil de salinité acceptable.

**Lessivage continus (lessivage d'entretien):** Pour ce mode, la dose de lessivage est apportée par fraction en même temps que les doses d'irrigation, c'est à dire qu'on ne laissera pas les sels s'accumuler dans le sol, ils seront progressivement lessivés. Le système d'irrigation en place sert donc à l'application des doses de lessivage avec les doses d'irrigation.

La formule la plus simple pour l'estimation de la fraction de lessivage d'entretien serait:

$$LR = \frac{Dw}{Iw} = \frac{Ci}{Cd} = \frac{CEiw}{CEdw} \quad (\text{III.23})$$

En 1972 Mr Rhodes a présenté la formule, qui permet l'appréciation de la fraction de lessivage d'entretien d'une manière plus raisonnable.

$$LR = \frac{ECw}{5ECe - ECw} \quad (\text{III.24})$$

Avec :

$LR$  : Fraction minimal de lessivage d'entretien en%.

$ECw$ : Conductivité électrique de l'eau d'irrigation ( $ECw=2.19$  mmhos/ cm).

*ECe*: Conductivité électrique du sol qui provoque une chute de rendement de 10% (d'après la table de FAO), Donc: pour  $ECe = 4$  mmhos/cm.

$$LR = \frac{2.19}{5 \times 4 - 2.19} \approx 0.13$$

Il faudra donc à chaque irrigation augmenté la dose de **13%**

#### **III.4.4 Besoin en eaux d'irrigation avec la dose lessivage :**

On calcule la dose de lessivage d'après la formule de RHOADS (Leaching Requirement) :

$$V = \frac{1}{1-LR} \times ETM \quad (\text{III.25})$$

**Avec :**

Bnet : besoin net total ( $m^3/ha$ ) ;

LR : Fraction minimal de lessivage d'entretien en% ;

Le : l'efficience de lessivage selon la texture de sol, dans notre cas  $Le = 85\%$ .

### Calcul de la dose d'irrigation totale ( besoin de culture + lessivage)

Culture	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Annuel
<b>Orge/Blé</b>	87.38	118.74	<b>202.6</b>	169.89	0	0	0	0	68.31	104.67	59.85	0.91	812.35
<b>Palmier</b>	65.48	90.27	153.71	209.34	272.4	315.76	<b>346.57</b>	314.06	199.05	187.81	120.11	68.79	2343.36
<b>Carotte</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	199.05	<b>235.61</b>	166.44	64.32	665.43
<b>Vesce</b>	72.94	99.97	<b>131.89</b>	102.40	0	0	0	0	0	67.13	87.69	54.42	1137.65
<b>Olivier</b>	52.33	73.19	124.38	169.89	255.27	296.01	<b>324.89</b>	274.73	161.31	151.96	96.95	55.38	2036.3
<b>Haricot vert</b>	60.01	88.76	208.82	244.66	<b>234.17</b>	0	0	0	0	0	0	0	836.43
<b>Total(mm)</b>	338.14	470.93	821.40	<b>896.19</b>	761.84	611.77	671.46	588.79	627.72	747.18	531.04	243.82	8539.21

D'après le **Tableau III.21**, les besoins de pointe correspondent au mois d'Avril, soient donc 896.19 mm/mois.

Le débit spécifique calculé est très important, il est de **4.61** l/s/ha, ce débit dépasse les normes (1.5 l/s/ha), ce qui risque d'aboutir à un surdimensionnement.

Dans ce cas, on a deux méthodes pour estimer le débit spécifique :

- Prendre la moyenne des débits spécifiques de l'ensemble des cultures ;
- Prendre en considération le débit spécifique de la culture la plus exigeante ;

La culture la plus exigeante est le Palmier (Mois de juillet), avec des besoins estimés à 346.57 mm/mois, le débit spécifique est donc : 1.78 l/s/ha. Comme on est encore hors les normes, on procède la deuxième méthode : On prend donc la moyenne des débits

spécifiques de l'ensemble des cultures pour le mois de pointe. Le débit spécifique pris en considération pour notre périmètre est donc de : **1.27 l/s/ha**.

### III.5 Calcul du débit caractéristique :

Le calcul des débits caractéristiques permet de définir le débit maximum que le système de desserte aura à fournir pour l'irrigation de chaque parcelle, déterminé en multipliant le débit de pointe par la surface agricole utile, voir la formule suivante :

$$Q_c = q_s \times S \quad \text{(III. 26)}$$

$q_s$ : débit spécifique de mois de pointe en (l/s/ha)

$S$  : la superficie totales à irriguer = 150 ha

A.N :

$$Q_c = 1.27 \times 150 = \mathbf{190.5 \text{ l/s}}$$

### III.6 Conclusion:

Au cours de ce chapitre, et après la vérification de l'homogénéité de notre série pluviométrique et l'adéquation avec la loi log normal, nous avons pu estimer les besoins nets en eau d'irrigation pour les cultures de notre périmètre. Le mois de pointe est **le mois de juin**, les besoins bruts totaux annuels sont de **3 430 895.35 m<sup>3</sup>**. Les forages à partir de la nappe CT pourront aisément subvenir aux besoins en eau de ces cultures.

**Chapitre IV :  
Choix du système  
d'irrigation**

## Chapitre IV : Choix du système d'irrigation

### Introduction :

Dans ce chapitre, nous étudierons les différentes techniques d'irrigation, puis nous choisirons celle qui correspond le mieux aux caractéristiques de notre périmètre.

### IV.1 Choix des techniques d'irrigation:

Plusieurs facteurs entrent en considération pour le choix des techniques d'irrigation et en particulier :

- La pente du terrain à irriguer;
- Le débit dont on dispose;
- Nature du sol (perméabilité);
- Nature des cultures;
- Facteurs économiques;
- Rentabilité de l'opération.

### IV.2 Différentes techniques d'arrosages:

Suivant la manière dont l'eau est amenée sur le terrain puis y est distribuée, on distingue habituellement trois grands modes d'arrosage :

l'irrigation **gravitaire** ; où l'on fait couler l'eau, par gravité sur la parcelle dans laquelle elle s'infiltré, ou bien l'on amène l'eau dans des bassins submergés où se font les cultures.

l'irrigation **par aspersion** ; dans laquelle l'eau est envoyée sur la parcelle par des asperseurs sous forme d'une pluie artificielle,

l'irrigation **localisée ou micro irrigation** encore appelée irrigation goutte à goutte où l'eau est distribuée par de nombreux goutteurs ayant chacun un débit très faible mais fonctionnant longtemps. La zone humectée reste ainsi localisée.

#### IV.2.1 Irrigation gravitaire:

Elle se pratique sous 4 formes principales :

\* Par "**planches**". Les parcelles sont inondées par le haut à partir d'un canal d'alimentation qui court sur la crête. L'eau coule vers le bas et l'excédent est récolté par un fossé de colature (qui sert souvent d'alimentation pour une rangée de parcelles situées à un niveau inférieur.

\* A la **raie ou "par sillons"**. Au lieu d'inonder tout le champ pour saturer le sol et assurer la progression du front d'eau jusqu'au bas de la parcelle, on préfère maintenant, faire descendre l'eau dans des petits sillons régulièrement espacés de 0,60 m à quelques mètres, les "raies", à partir desquelles l'eau s'infiltré latéralement. En bas de la parcelle un fossé de colature recueille les eaux en excès. Les raies sont alimentées soit à partir de

petits siphons puisant dans le canal d'alimentation, soit par un tuyau en gaine souple portant des vannettes ou des manchettes.

**\*Par bassins :** Les champs sont des bassins qui peuvent être remplis d'eau soit de façon continue (rizières), soit par arrosages successifs pour les cultures qui ne poussent pas dans l'eau. La principale caractéristique de ces diverses techniques d'irrigation gravitaire est qu'il est nécessaire de saturer la planche ou le bassin (c'est à dire la totalité de la surface arrosée) ou au moins la raie. Il en résulte d'importantes pertes d'eau à la fois par la colature et par infiltration profonde. La consommation d'eau est donc forcément forte et le rendement total de l'irrigation ne peut être bon.

**\* Par contrôle de nappe.** C'est une variante particulière, utilisée dans les zones déjà drainées par fossés. Le contrôle du niveau de l'eau dans le fossé permet de faire remonter le niveau de la nappe et d'alimenter en eau les couches supérieures dont les réserves sont épuisées. (Jean Dunglas,2014)

✓ **Avantages de l'irrigation par gravité:**

- Coût d'investissement relativement faible
- Besoin en énergie faible ou nul
- Technique éprouvée
- Insensibilité au vent
- Bonne adaptation à l'épandage d'eaux usées
- Possibilités d'utiliser les eaux salées (en pratiquant le lessivage du sol)
- les végétaux ne sont pas mouillés, ce qui est favorable sur le plan phytosanitaire

✓ **Inconvénients de l'irrigation par gravité:**

- Grand volume d'eau par unité de surface ;
- Déplacement des engins agricoles difficile (à cause des rigoles) ;
- Nécessité d'une main d'œuvre importante ;
- Nécessité de planage des terres ;
- Pertes par infiltration considérables.

#### **IV.2.2 Irrigation par aspersion :**

L'eau est acheminée aux cultures sous forme de pluie artificielle, grâce aux différents appareils rotatifs munis d'ajutages alimentés en eau sous pression.



**Figure IV.1 : Irrigation par aspersion.**

✓ **Avantages:**

- Ne nécessite aucun aménagement préalable de la surface à irriguer
- Provoque une forte oxygénation de l'eau projetée en pluie
- Economie d'eau
- Favorise les conditions ambiantes
- Possibilité d'automatisation du système d'irrigation
- Nécessite moins de mains d'œuvres

✓ **Inconvénients :**

- Coût élevé (prix d'achat du matériel très important)
- Tassement du sol
- Favorise le développement des mauvaises herbes
- Le déplacement des conduites après arrosage peut être difficile ;
- L'homogénéité de l'arrosage est dégradée si la vitesse de vent est importante
- En cas d'utilisation des eaux salées, il y'aura danger pour le feuillage

#### **IV.2.3 Irrigation localisée ( goutte à goutte) :**

L'irrigation localisée apporte l'eau nécessaire directement au pied des végétaux. Ce sont des systèmes très utilisés en maraichage, en arboriculture .L'eau est acheminée aux cultures au moyen de tuyaux munis de goutteurs et s'écoule par ceux-ci sous forme de gouttes avec un faible débit.

Le goutte-à-goutte, ainsi que l'irrigation par aspersion et les systèmes de rampes mobiles ou pivotantes font partie des techniques d'irrigation sous pression, dans lesquelles la force motrice du mouvement de l'eau provient d'une source d'énergie extérieure (ou d'un grand réservoir). L'eau est distribuée par un système de canalisations fermées. Dans les techniques d'irrigation de surface, au contraire (submersion, ruissellement, irrigation par rigole ou par bassin) le mouvement de l'eau est régi par la gravitation, et les installations qui permettent sa répartition et son application (canaux, sillons, rigoles, cuvettes et bassins) sont à ciel ouvert. (Moshé Sné, 2007).



**Figure IV.2 : Schéma type d'un réseau d'irrigation en goutte à goutte**

#### **IV.2.3.1 Composition d'une installation goutte à goutte:**

##### **\*Point de fourniture d'eau:**

Une crépine filtrante peut être nécessaire si la ressource en eau, constituée par un petit barrage (lac collinaire) ou un cours d'eau, contient de la matière organique ou des particules en suspension, mais non si elle est relativement propre (Veschambre&Vaysse, 1980).

##### **\*L'unité de tête:**

Cette unité est reliée au point de fourniture d'eau, elle permet de réguler la pression et le débit, de filtrer l'eau et d'y introduire des éléments fertilisants. Parfois, des régulateurs de pression et des filtres secondaires sont placés en tête des porte-rampes ou même des rampes.

Pour introduire des éléments fertilisants, on utilise le plus souvent un réservoir que l'on remplit d'engrais solubles, azote en particulier : c'est un petit récipient sous pression avec une entrée et une sortie.

##### **\*La conduite principale:**

C'est la conduite qui relie au point de fourniture d'eau les divers porte-rampes. Elle peut être en amiante ciment, en PVC rigide ou en acier galvanisé comme en irrigation par aspersion. Pour les petites installations, du polyéthylène haute densité peut également être utilisé.

**\*Le porte-rampes:**

C'est la conduite qui alimente les rampes d'un seul côté ou des deux côtés. Ils peuvent être soit en polyéthylène moyenne densité (PE), soit en chlorure de polyvinyle rigide (PVC).

**\*Les rampes:**

Ce sont les conduites qui généralement en PEBD (polyéthylène basse densité), et sont équipés de distributeurs. Les distributeurs y sont fixés avec un espacement prédéterminé.

**\*Les distributeurs:**

Les distributeurs constituent la partie essentielle de l'installation. C'est à partir d'eux que l'eau sort, à la pression atmosphérique, en débits faibles et réguliers (quelques l/h). Il existe de nombreux types différents, des ajutages ou des mini diffuseurs dont le débit est un peu plus important (quelques dizaines de l/h).

**\*Différents types de distributeurs :**

**a-Goutteurs:** Les goutteurs peuvent être enfichés de façon externe sur la conduite d'amenée, ou fixés à l'intérieur.

Les plus utilisés ont des débits de 2 l/h pour les cultures maraîchères et de 4 l/h pour les cultures pérennes. Ils sont placés en dérivation, en ligne ou intégrés dans les rampes.



**Figure IV.3 : Goutteur.**

**b-Gaines:** Destinée aux cultures maraîchères, peut être utilisée pour les vergers; elles assurent conjointement un rôle de transport et de distributeur.

**c-Tubes poreux:** La paroi à structure poreuse laisse passer l'eau, ils sont généralement enterrés.

**d-Mini diffuseurs:** Ils sont toujours placés en dérivation, fixés directement sur la rampe, fonctionnent comme de petits asperseurs statiques ne couvrant qu'une partie de la surface du sol au voisinage des cultures

#### IV.2.3.2 Choix d'un distributeur dans l'irrigation en goutte à goutte:

##### \*La qualité de l'eau:

C'est un élément essentiel dont vont dépendre les risques de colmatage des distributeurs.

##### \*La nature du sol:

La nature du sol permet de choisir entre mini diffuseurs et goutteurs.

##### \*La nature des cultures :

Pour les cultures pérennes, telles qu'arbres fruitiers, vignes, ou l'installation est fixe les distributeurs en ligne ou en dérivation sur la rampe peuvent être envisagés.

##### ✓ Avantages de l'irrigation localisée:

- Une économie d'eau très importante.
- Une économie de main d'œuvre (système fixe).
- La non sensibilité aux vents forts.
- Elle permet un dosage régulier en engrais.
- L'humidité au voisinage des racines reste élevée.

##### ✓ Inconvénients de l'irrigation localisée:

- Risque d'obstruction des goutteurs.
- Risque de salinisation.
- Nécessite une main d'œuvre qualifiée.
- Coût élevé.



\*Le système d'irrigation goutte à goutte est un système qui permet une très grande efficacité de l'irrigation. Des perforations dans des tuyaux longeant les lignes de culture distribuent l'eau aux plantes de manière localisée et à très faible débit, évitant ainsi un maximum de déperdition.

Très économe en eau et en main d'œuvre, il demande par contre une très grande technicité de ses utilisateurs. Les rendements peuvent être très élevés, mais l'investissement est très important.

#### **IV.4 Conclusion :**

L'irrigation est une technique qui régule la consommation d'eau. Elle est nécessaire pour compenser les pertes liées au sol et l'évaporation et répondre aux besoins des plantes.

Pour éviter d'utiliser trop d'eau, les quantités correctement calculées et nécessaires aux cultures doivent donc être soigneusement estimées.

Pour le cas de notre étude, nous avons opté pour la technique d'irrigation « goutte à goutte » qui sera utilisée dans notre périmètre.

**Chapitre V :**  
**Etude du réseau**  
**d'adduction et de**  
**distribution**

## Chapitre V. Etude du réseau d'adduction et de distribution

### V.1 Introduction :

L'ensemble des conduites et des équipements et des ouvrages assurant l'acheminement de l'eau de la source jusqu'aux cultures est constitué essentiellement de deux réseaux :

- ✓ Le réseau d'adduction
- ✓ Le réseau de distribution

Le but consiste à rechercher des différentes possibilités du tracé du système d'adduction et de distribution de l'eau pour notre périmètre d'irrigation.

### V.2 Réseau d'adduction :

#### V.2.1 Types et variantes d'adduction :

On distingue deux variantes d'adduction :

##### \*Variante 1 :

Dans cette variante, nous voudrions construire un réservoir proche des forages et qui soit à une altitude supérieure à celle de notre périmètre afin d'assurer une irrigation gravitaire.

##### \*Variante 2 :

Dans cette variante, l'irrigation du périmètre se fera directement à partir des 7 forages existants.

#### V.2.2 Choix de la variante:

Pour le choix de la variante, nous avons opté pour la variante 1 et cela car elle permet de garantir une pression adéquate pour l'irrigation gravitaire, en plus de cela dans cette variante, nous utiliserons que quatre forages au lieu de sept, ce qui nous permettra de faire des économies énergétiques et de réduire la quantité d'eau utilisée, contrairement à la variante 2 où l'utilisation de sept forages augmentera la consommation énergétique et la quantité d'eau utilisée.

### V.3 Réseau de distribution :

Le réseau de distribution du périmètre est dicté par la conduite d'adduction et par l'implantation des bornes d'irrigation.

#### 1-Choix Du Trace :

Le choix du tracé des conduites de distribution est opéré selon plusieurs paramètres techniques topographiques, géologiques et géographiques à respecter pour garantir un écoulement gravitaire contrôlé.

- ✓ Topographie du terrain.
- ✓ Pédologie (Structure, texture, capacité de rétention et l'humidité relative).
- ✓ Climatologie de la zone étudiée (ETP et ETR).

- ✓ Type de cultures à irriguer.
- ✓ Choix du système (sous pression).
- ✓ Recherche du profil en long de la conduite pour l'acheminer dans un tracé dépourvu de contre-pentes.
- ✓ Minimisation de la longueur du projet (réduction du coût du projet).
- ✓ Obligation d'éviter les traversées via des obstacles naturels ou artificiels .

## 2-La méthodologie de dimensionnement :

La détermination des diamètres des diverses conduites et leurs longueurs, est basée sur des éléments et des hypothèses étudiés :

- ✓ Tracé du réseau (Longueurs de tronçons)
- ✓ Débits effectifs dans chaque tronçon.
- ✓ Surface des îlots de chaque tronçon.
- ✓ Pertes de charges totales dans chaque tronçon.
- ✓ Choix de la côte du point de distribution à la tête du réseau.
- ✓ Choix des côtes naturelles du terrain et l'emplacement des bornes.
- ✓ Préservation du cadre foncier initial des parcelles cadastrées se trouvant dans l'espace d'étude.

### V.3.1 Découpage des îlots d'irrigation :

L'îlot d'irrigation est par définition la plus petite entité hydraulique desservie par une borne d'irrigation.

Pour éviter toute tension entre agriculteurs les limites des îlots d'irrigation sont celles des exploitations ou des parcelles et à défaut les limites facilement maitrisable sur le terrain.

Le projet est conçu pour que la majorité des agriculteurs puissent disposer d'une prise d'eau autonome et d'une pression suffisante pour la pratique de goutte à goutte ou l'aspersion.

**Tableau V.1** : Représentant le découpage des îlots ainsi que leurs surfaces.

N° Ilot	Surface (ha)
1	14.58
2	9.26
3	11.28
4	11.95
5	10.93

6	11.60
7	14.20
8	17.00
9	8.90
10	8.59
11	13.18
12	13.58
13	8.76
Total	150

### V.3.2 Débits des ilots :

Le but est de définir les débits nécessaires que le système d'irrigation doit véhiculer pour répondre à la demande en eau des cultures.

Le débit spécifique est défini d'après les besoins en eau de chaque culture, évalués précédemment à partir de la répartition culturale.

Tel que :  $Q_s = 1.27 \text{ l/s/ha}$ .

### V.3.3 Calcul du débit aux bornes :

Le débit de chaque borne pouvant desservir un ilot est formulé comme suit :

$$Q_b = q_s \cdot S \quad (\text{V.1})$$

Avec :

$Q_b$  : Débit caractéristique de chaque ilot (l/s) ;

$q_s$  : Débit spécifique moyen (l/s/ha) ;

$S$  : Superficie de l'ilot (ha).

### V.3.4 Choix du tracé des bornes :

Le tracé du réseau est projeté suivant le principe de proximité : plus courte distance pour relier l'ensemble des bornes au réseau de conduites principales, en tenant compte des contraintes du terrain qui limitent fortement les possibilités de choix : les règles générales suivies sont les suivantes :

\*La recherche d'un tracé au plus court et avec le minimum de changement de direction concerne principalement la conduite maîtresse ;

\*Eviter dans la mesure du possible de faire passer des conduites en plein champs ;

\*Essayer de positionner la borne le plus proche de chaque parcelle à desservir afin d'éviter de pénaliser des exploitants par des têtes mortes trop longues ;

\*Les conduites suivront au maximum (dans la mesure du possible) les routes et pistes et éviterons les plantations et zones bâties.

### V.3.5 Choix du type de borne :

\*Le choix de la Borne dépend de la surface :

-Pour les surfaces  $S \leq 10ha$  on prend la Borne à deux prises

-Pour les surfaces  $S \geq 15ha$  on prend la Borne à quatre prises

\*Les diamètres des bornes en fonction des débits sont comme suit :

**Tableau V.2:** Diamètre de la borne en fonction des débits.

Débit fourni	Diamètre de la borne
$Q < 8 \text{ l/s}$	D=65mm
$8 < Q < 20 \text{ l/s}$	D=100mm
$20 < Q < 25 \text{ l/s}$	D=150mm
$Q > 25 \text{ l/s}$	D=200mm

-Les débits dans les ilots et les diamètres des bornes sont représenté dans le tableau suivant:

**Tableau V. 3 :** Les débits dans les ilots et les diamètres des bornes.

N° de l'îlot (bornes) d'irrigation	Superficie d'îlot (ha)	Débit brut de la borne (l/s)	Diamètre de la borne (mm)
1	14.58	18.52	100
2	9.26	11.76	100
3	11.28	14.33	100
4	11.95	15.18	100
5	10,93	13.88	100
6	11.60	14.73	100
7	6.90	8.76	100
8	5.80	7.37	65
9	6.30	8.00	100
10	11.70	14.86	100
11	17.30	21.97	150
12	15.80	20.07	150
13	16.60	21.08	150
Total	150	190.5	

### V.3.6 Matériaux de construction des canalisations :

#### V.3.6.1 Choix du matériau des conduites :

Le choix du matériau utilisé est en fonction de la pression supportée, de l'agressivité du sol et de l'ordre économique (coût et disponibilité sur le marché local

et leur production en Algérie) ainsi que la bonne jonction de la conduite avec les équipements auxiliaires (joints, coudes, vannes...etc.).

### **V.3.6.2 Les matériaux :**

Parmi les matériaux utilisés on peut citer : l'acier, la fonte, le PVC, le PEHD et Béton précontraint.

Nous utiliserons les conduites en PEHD (polychlorure de vinyle non plastifié) pour les conduites dont le diamètre est inférieur ou égal à 400 mm et inférieur à 10 Bars.

#### **\* Conduites en fonte :**

Présentent plusieurs avantages :

- Bonne résistance aux forces internes ;
- Bonne résistance à la corrosion ;
- Très rigides et solides ;
- L'inconvénient est que les tuyaux en fonte sont très lourds, très chers et ne sont pas disponibles sur le marché.

#### **\* Conduites en acier :**

- Les tuyaux en acier sont plus légers que les tuyaux en fonte, d'où l'économie sur le transport et la pose ;
- Bonne résistance aux contraintes (choc et écrasement) ;
- Leur inconvénient est la corrosion.

#### **\* Conduites en PVC (Polyvinyle de chlorure) :**

- Bonne résistance à la corrosion ;
- Disponible sur le marché ;
- Une pose de canalisation facile ;
- Leur inconvénient est le risque de rupture.

**\*Avantages des canalisations en PEHD :**

- Ils supportent des pressions élevées ;
- Une résistance aux contraintes (choc, écrasement, déplacement du terrain);
- Ils peuvent être adaptés à toutes les conditions de service;
- Ils offrent une bonne flexibilité ;
- Disponible sur le marché.

**V.3.7 Optimisation des diamètres des canalisations du réseau collectif de distribution :**

Ayant déterminé les débits de pointe à transiter. On est amené à calculer les diamètres des canalisations satisfaisant aux conditions techniques et donnant le coût minimum. Pour ce faire, on doit disposer des données suivantes :

- Tracé du réseau, donc longueur de chaque tronçon.
- Débit à transiter pour chaque tronçon.
- Conditions aux limites aval, c à d côtes piézométriques minimum à assurer.
- Condition à la limite amont, côte piézométriques disponible à l'entrée du réseau.
- Vitesse minimum et maximum admises dans les tuyaux.

**V.3.8 Optimisation des diamètres des canalisations du réseau collectif de distribution :**

Ayant déterminé les débits de pointe à transiter. On est amené à calculer les diamètres des canalisations satisfaisant aux conditions techniques et donnant le coût minimum. Pour ce faire, on doit disposer des données suivantes :

- Tracé du réseau, donc longueur de chaque tronçon.
- Débit à transiter pour chaque tronçon.
- Conditions aux limites aval, c à d côtes piézométriques minimum à assurer.
- Condition à la limite amont, côte piézométriques disponible à l'entrée du réseau.
- Vitesse minimum et maximum admises dans les tuyaux

### V.3.9 Dimensionnement des canalisations :

Le dimensionnement optimal est une des problématiques que doit résoudre l'ingénieur ; dans un souci technico-économique, les dimensions des conduites doivent répondre aux normes hydrauliques :

#### V3.9.1 Vitesse admissible :

On doit une vitesse  $0,50 \text{ m/s} < V < 1,80 \text{ m/s}$

$V < 1,5 \text{ m/s}$  pour éviter le bruit et les dégradations des conduites.

$V \geq 0,5 \text{ m/s}$  pour éviter les dépôts.

Dans notre étude, On prend une vitesse dans la conduite égale à  $1.25 \text{ m/s}$ .

#### V.3.9.2 Calcul des diamètres :

Le calcul des diamètres est réalisé sur la base des débits véhiculés par le tronçon de conduite, et les vitesses. La formule de " LABYE " nous donne une approche du diamètre économique qu'on normalise

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q \times 0.001}{\pi \times V}} \times 1000 \quad (\text{V.2})$$

Avec :

**Q** : débit, exprimé en  $\text{m}^3/\text{s}$ .

**D**: diamètre exprimé en mm

**V** : vitesse économique de l'ordre de  $1.25 \text{ m/s}$ .

\*Le choix des diamètres nominaux des conduites est le résultat des conditions d'application des lois hydrauliques (Débit, vitesse, pression...), ainsi que les conditions économiques imposées.

#### V.3.9.3 Calcul des pertes de charge :

Les pertes de charge unitaires, ont été définies par la formule de Lechapt et Calmon, elle est donnée par l'expression suivante :

$$h_{Pu} = \frac{L \times Q^M}{D^N} \times C \quad (\text{V.3})$$

Avec :  $h_{Pu}$  : perte de charge unitaire en mm/ml

$Q$  : débit en m<sup>3</sup>/s

$D$  : diamètre de la conduite considérée

$L, M$  et  $N$  : Paramètres en fonction de la rugosité absolue ( $K_s$ ) des canalisations

$C$  : coefficient compris une majoration de 10 % pour les pertes de charge singulière

$$J = L \times Q^M / D^N \quad (\text{V.4})$$

**Tableau V.4 : Les paramètres de perte de charge.**

(mm)	L	M	N
0,1	1,2	1,89	5,01
0,5	1,4	1,96	5,19
1	1,6	1,975	5,25

\*Pour une conduite en fonte ou en PEHD, nous avons la rugosité  $K=0,1$ mm, avec les paramètres suivants :  $L=1.2$ ,  $M=1.89$ ,  $N= 5.19$ .

\*Les résultats de calculs sont donnés dans le Tableau V.5.

Tableau V.5 : Calcul les caractéristique des canalisations.

N° du tronçon	$L_{\text{tronçon}}$ (m)	Débit Q (l/s)	Débit Q (m <sup>3</sup> /s)	$D_{\text{Cal}}$ (mm)	$D_{\text{normalisé}}$ (mm)	Vitesse réelle (m/s)	PDC Totale $\Delta H_t$ (m)
<b>R-N1</b>	429.44	190.50	0.191	441.08	500	0.97	0.90
<b>N1-B1</b>	259.83	18.52	0.019	137.35	160	0.92	2.46
<b>N1-B7</b>	186.73	8.76	0.009	94.46	110	0.92	3.00
<b>N1-N2</b>	138.80	163.22	0.163	407.74	500	0.83	0.22
<b>N2-B8</b>	243.40	7.37	0.007	86.64	110	0.78	2.83
<b>N2-N3</b>	113.20	155.85	0.156	398.43	400	1.24	0.52
<b>N3-B9</b>	261.37	8.00	0.008	90.28	110	0.84	3.55
<b>N3-N4</b>	41.58	147.85	0.148	388.07	400	1.18	0.17
<b>N4-B2</b>	236.46	11.76	0.012	109.45	110	1.24	2.79
<b>N4-N5</b>	73.80	136.09	0.136	372.32	400	1.08	0.26
<b>N5-B10</b>	303.50	14.86	0.015	123.03	160	0.74	1.90
<b>N5-N6</b>	130.37	121.23	0.121	351.40	400	0.96	0.37

<b>N6-B3</b>	256.54	14.33	0.014	120.82	160	0.71	1.50
<b>N6-N7</b>	85.17	106.9	0.107	329.98	400	0.85	0.19
<b>N7-B11</b>	345.5	21.97	0.022	149.60	200	0.70	1.42
<b>N7-N8</b>	153.12	84.93	0.085	294.12	315	1.09	0.77
<b>N8-B4</b>	256.65	15.18	0.015	124.33	160	0.75	1.67
<b>N8-N9</b>	124.98	69.75	0.070	266.55	315	0.90	0.43
<b>N9-B12</b>	299.22	20.07	0.020	142.98	200	0.64	1.04
<b>N9-N10</b>	142.20	49.68	0.050	224.95	250	1.01	0.86
<b>N10-B5</b>	275.58	13.88	0.014	118.90	160	0.69	1.52
<b>N10-N11</b>	136.10	35.80	0.036	190.96	200	1.14	1.41
<b>N11-B13</b>	286.24	21.08	0.021	146.53	200	0.67	1.09
<b>N11-N12</b>	74.81	14.73	0.015	122.49	160	0.73	0.46
<b>N12-B6</b>	270.65	14.73	0.015	122.49	160	0.73	1.67

## V.3.8.4 Calcul de pression aux bornes et nœuds :

La pression au point X est donnée par la relation V.5:

$$P = H - \Delta H - Z \quad (V.5)$$

**H** : La charge totale ;

**$\Delta H$**  : La somme des pertes de charge en amont de point X ;

**Z** : L'altitude de point X.

Les résultats des calculs sont présentés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau V.6: La pression aux bornes et nœuds en (m.c.e).**

N° du tronçon	PDC Totale $\Delta H_t$ (m)	Ct aval (m)	Cp(m)	Pression au point P(m)
<b>R-N1</b>	0.90	93.5	110	15.6
<b>N1-B1</b>	2.46	89.4	109.1	17.24
<b>N1-B7</b>	3.00	92	109.1	14.1
<b>N1-N2</b>	0.22	90.4	109.1	18.48
<b>N2-B8</b>	2.83	89.3	108.88	16.75
<b>N2-N3</b>	0.52	88.5	108.88	19.86
<b>N3-B9</b>	3.55	87.4	108.36	17.41
<b>N3-N4</b>	0.17	88.1	108.36	20.09
<b>N4-B2</b>	2.79	85.8	108.19	19.60
<b>N4-N5</b>	0.26	86.6	108.19	21.33
<b>N5-B10</b>	1.90	85.8	107.93	20.23
<b>N5-N6</b>	0.37	84.7	107.93	22.86
<b>N6-B3</b>	0.71	83.3	107.56	23.55
<b>N6-N7</b>	0.85	83.6	107.56	23.11
<b>N7-B11</b>	0.70	82.2	106.71	23.81
<b>N7-N8</b>	1.09	82.3	106.71	23.32
<b>N8-B4</b>	0.75	79.9	105.62	24.97
<b>N8-N9</b>	0.90	80.5	105.62	24.22
<b>N9-B12</b>	0.64	78.9	104.72	25.18
<b>N9-N10</b>	1.01	79	104.72	24.71
<b>N10-B5</b>	0.69	77.9	103.71	25.12
<b>N10-N11</b>	1.14	77.5	103.71	25.07
<b>N11-B13</b>	0.67	76.2	102.47	25.60

<b>N11-N12</b>	0.73	76.8	102.47	24.94
<b>N12-B6</b>	0.73	76.1	101.74	24.91

**V.4 Dimensionnement du réservoir de distribution :** Le site de réservoir est choisis de telle manière à dominer les zones d'irrigation et afin d'assurer une pression aux bornes suffisante pour utiliser l'irrigation par goutte a goutte.

Calcul du volume du réservoir projeté :

$$V = Q \times T \quad (\text{V.6})$$

Avec :

**V** : volume de la bache.

**Q** : Débit caractéristique : 190.5 l/s.

**T** : Temps de remplissage du réservoir : 2h.

Donc :

$$V = 0,1905 \times 2 \times 3600 = 1371.6 \text{ m}^3$$

On prend **V=1400m<sup>3</sup>**.

\*On a:  $V = L \times l \times H$

**L**: largeur ;

**l**: Longueur ;

**S** : section de réservoir :  $S = 20 \times 14 = 280 \text{ m}^2$  ;

**H** : La hauteur de réservoir : 5m ;

Donc  $V = S \times H = 280 \times 5 = 1400 \text{ m}^3$ .

**V.5 Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons étudié le système d'adduction et de distribution du périmètre de la commune d'El-Annat, qui est découpé en 13 parcelles, avec une superficie totale de 150 ha.

Le réseau est gravitaire, sous pression et la desserte se fait à la demande, ce qui rend l'évaluation des débits à transiter par les différents tronçons du réseau très complexe.

Le choix de diamètre des conduites de distribution, dépendant de la vitesse admissible, tient compte des pertes de charges dans le tronçon de desserte qui doivent avoir une valeur qui permet d'assurer une pression suffisante pour le bon fonctionnement des équipements d'irrigation, ce qui permettra une intensification de l'irrigation dans ce périmètre par les méthodes modernes telles que le système goutte à goutte.

**Chapitre VI :**  
**Dimensionnement d'un**  
**réseau d'irrigation**  
**goutte à goutte**

## Chapitre VI. Dimensionnement d'un réseau d'irrigation goutte à goutte

### VI.1 Introduction :

L'objet de ce chapitre se focalise sur le dimensionnement d'un réseau d'irrigation localisée. Il s'agit de déterminer, à partir de la connaissance des paramètres agro-pédo-climatiques, les caractéristiques techniques optimales d'un réseau pour l'irrigation de notre périmètre, dont les calculs ont été réalisés sur une parcelle type d'une surface agricole de 11.7ha d'olivier.

### VI.2 Dimensionnement hydraulique d'un réseau de goutte à goutte :

#### VI.2.1 Données générales :

Le dimensionnement du réseau d'irrigation localisée nécessite la connaissance de données de base comme la surface de la parcelle, les besoins journaliers et le temps maximum journalier de travail.

Le réseau d'irrigation sera installé sur l'ilot N°10 alimenté par la borne B10 et dont les pressions calculées sont de l'ordre de 2 bars, ce qui est largement suffisant. La surface de l'exploitation est de 11.7 hectares.

**Culture :** Olivier

- Espacement entre arbres : 4 m
- Espacements entre rangs : 4 m
- Besoins de pointe 282.73 mm

#### Caractéristique du goutteur :

- Débit nominal : 4l/h
- Pression nominal : 10 m.c.e
- Espacement des goutteurs : 1 m
- Le nombre de goutteurs par arbre : 2

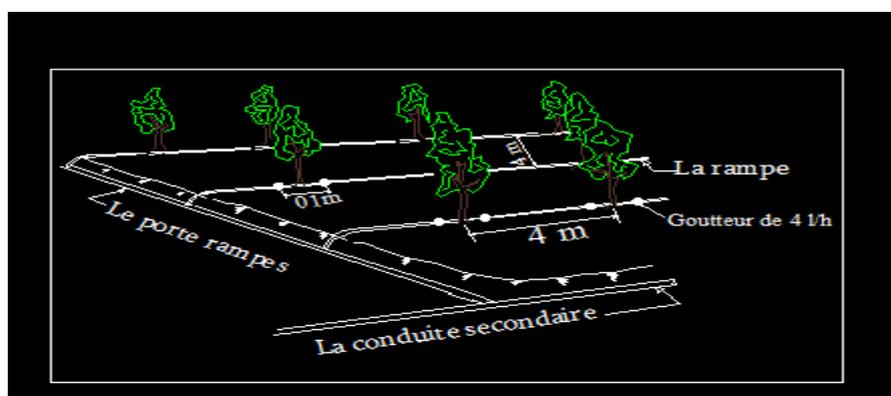


Figure VI.1 : Système d'irrigation goutte à goutte

## VI.2.2 Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée :

➤ Pour l'Olivier

D'après la quantification des besoins, le mois de pointe pour la culture de l'olivier est le mois de juillet  $B=282.73$  mm.

### VI.2.2.1 Les besoins journaliers :

Les besoins journaliers sont calculés par la formule suivante :

$$B_j = \frac{\text{besoin du mois de pointe}}{\text{Nbre de jours}} \quad (\text{VI.1})$$

$$B_j = \frac{282.73}{31} = 9.12 \text{ mm/j}$$

Avec

$B_j$  = Besoin du mois de pointe (mm).

### VI.2.2.2 Les besoins journaliers en tenant compte de la réduction :

Par la formule de Decroix (CTGREF) on a :

$$K_r = C_s + 0.1 \quad (\text{VI.2})$$

Avec :

$K_r$  : coefficient de réduction.

$C_s$  : taux de couverture du sol en (%).

Pour notre cas on considère un taux de couverture égal à 60% (arbres adultes) donc :

$$K_r = 0,6 + 0,1 = 0,7$$

D'où les besoins seront:

$$B_{jl} = 9.12 \times 0,7$$

$$B_{jl} = \mathbf{6.39\text{mm/j}}$$

### VI.2.2.3 Calcul des besoins bruts :

$$B_{\text{brute}} = \frac{B_{jl}}{R_p} \quad (\text{VI.3})$$

$$B_{\text{brute}} = \frac{6.39}{0.9} = \mathbf{7.1 \text{ mm/j}}$$

Avec :

0,9 est l'efficacité du système d'irrigation localisé.

#### VI.2.2.4 Pourcentage du sol humidifié :

Il est calculé comme suit :

$$P (\%) = \frac{n \times S_{pd} \times S_h}{S_a \times S_r} \quad (\text{VI.4})$$

Avec :

P (%) : Pourcentage du sol humidifié.

n : Nombre de point de distribution par arbre égale à 2.

S<sub>pd</sub> : Distance entre deux points de distribution voisins du même arbre (2m).

S<sub>h</sub> : Largeur de la bande humidifiée (1m).

S<sub>r</sub> : Ecartement entre rangs d'arbre (4m).

S<sub>a</sub> : espacement des arbres sur les rangs (4m).

Donc : P(%)= 25%

#### VI.2.2.5 La dose d'irrigation nette pratique :

Le besoin d'irrigation, B<sub>net</sub>, est le volume (ou la hauteur) d'eau d'irrigation théoriquement nécessaire pour obtenir une production normale sur l'ensemble de la surface cultivée (à l'exclusion des pertes et de la contribution des autres ressources).

$$D_p = (H_{cc} - H_{pf}) \cdot D_a \cdot Y \cdot Z \cdot P\% = RFU \cdot P\% \quad (\text{VI.5})$$

Tel que : H<sub>cc</sub> : humidité à la capacité au champ (H<sub>cc</sub>=14%)

H<sub>pf</sub> : humidité au point de flétrissement (H<sub>pf</sub>=6%)

Y : degré d'extraction de l'eau du sol (Y=2/3)

Z : profondeur d'enracinement en (Z= 1500 mm)

D<sub>a</sub> : est la densité apparente du sol (D<sub>a</sub>=1.828)

RFU= 146.24 mm

P : Pourcentage du sol humidifié

La dose nette corrigée

$$D_p = 146.24 \cdot 0.25 = 36.56 \text{ mm}$$

#### VI.2.2.6 Fréquence des arrosages :

La fréquence d'arrosage est donnée par la formule suivante :

$$Fr = \frac{\text{Dose nette}}{Bjl} \quad (\text{VI.6})$$

$$Fr = \frac{\text{Dose nette}}{Bjl} = \frac{36.56}{6.39} = 5.72 \text{ jour}$$

Donc on prend  $Fr = 6$  jours.

Après détermination de la fréquence d'arrosage, on recalcule :

- **La dose réelle :**

$$Dr = Fr * Bjl = 6 * 6.39 = \mathbf{38.34 \text{ mm}}$$

- **La dose brute :**

$$Dbrute = \frac{Dr}{Cu * eff} \quad (\text{VI.7})$$

$$\frac{38.34}{0.9 * 0.9} = 47.33 \text{ mm}$$

$Cu$  : coefficient d'uniformité  $Cu=90\%$

$Eff$  : efficience du réseau d'irrigation  $E_{ff}=90\%$

#### VI.2.2.7 Durée d'arrosage par mois :

$$\theta = \frac{Db * Sa * Sr}{Ng * Qg} \quad (\text{VI.8})$$

$$= \frac{47.33 * 4 * 4}{2 * 4} = 94.66 \text{ heures/mois}$$

Avec :

$Ng$  : nombre de goutteur par arbre (2).

$Qg$  : débit nominal du goutteur 4l/h.

$Sr$  : Ecartement entre rangs d'arbre (4m).

$Sa$  : espacement des arbres sur les rangs (4m).

#### VI.2.2.8 Durée d'arrosage journalier :

$$Dj = \frac{\text{durée d'arrosage}}{Fr} \quad (\text{VI.9})$$

$$= \frac{94.66}{6} = 15 \text{ heures/jour}$$

#### VI.2.2.9 Nombre de poste :

Le nombre de poste par jour est défini comme suit :

$$N = \frac{\text{Temps de travail}}{\text{Durée d'arrosage journalier}} \quad (\text{VI.10})$$

$$= \frac{22}{15} = 1.46 \text{ postes}$$

On prend: N=2 postes.

#### VI.2.2.10 Surface du poste :

$$S_p = \frac{\text{Surface totale}}{\text{Nombre de poste}} \quad (\text{VI.11})$$

$$= \frac{11.7}{2} = 5.85 \text{ ha}$$

### VI.2.3 Calculs hydrauliques :

#### VI.2.3.1 Condition hydraulique :

La variation maximale du débit entre goutteur ne doit pas dépasser 10% selon la règle de Christiansen :

$$\frac{\Delta q}{q} = 10\%$$

La variation maximale de la pression

$$q = K.H^x \quad (\text{VI.12})$$

avec x=0.5 (caractéristique du goutteur)

$$\frac{\Delta q}{q(g)} = \frac{\Delta H}{H(n)} \quad (\text{VI.13})$$

Telle que :

q(g) : débit nominal du goutteur

H(n) : pression nominal

$$0.1 = 0.5 \times \frac{\Delta H(\text{max.})}{10}$$

$$\Delta H = 1/0.5 = 2\text{mce.}$$

La valeur de perte de charge singulière est estimée à 10% e la variation maximale de pression

$$P_{dc}(\text{sing}) = 2 * 0.1 = 0.2\text{mce} \quad p_{dc}(\text{sing}) = 0.2$$

$$P_{dc}(\text{linéaire}) = 2 - 0.2 = 1.8\text{mce} \quad p_{dc}(\text{linéaire}) = 1.8\text{mce}$$

La répartition de la perte de charge est :

1/3 sur les porte- rampes P.d.c (pr) = 0,6 m c e

2/3 sur les rampes P.d.c (r) = 1,2 m c e

### VI .2.3.2 Le débit :

$$Q_r = Q_g \cdot N_r \quad (\text{VI.14})$$

$$Q_{pr} = Q_r \cdot N_r \quad (\text{VI.15})$$

Avec:

$Q_r$  : Débit de rampe

$Q_g$ : Débit du goutteur

$N_r$  : Nombre des rampes

$N_{g/r}$  : Nombre des goutteurs par rampe

$Q_{pr}$ : Débit de porte rampe

On a :

La longueur de la rampe : 100 m

La longueur de la porte rampe : 274 m

La longueur de la conduite secondaire : 303.5 m

### VI.2.3.3 Le nombre d'arbres par rampe :

$N_{arbres} = L_r / E_r = 100 / 4 = 25$  arbres

### VI.2.3.4 Nombre de goutteurs par rampe :

$N_g = N_{arbres} \cdot n = 25 \cdot 2 = 50$  goutteurs

### VI.2.3.5 Le nombre de rampes :

$N_r = L_{pr} / E_r = 274 / 4 = 69$  rampes

### VI.2.3.6 Débit de la rampe :

$Q_r = N_g \cdot Q_g$

$Q_r = 50 \cdot 4 = 200$  l/h

### VI.2.3.7 Débit de la porte rampe :

$Q_{pr} = Q_r \cdot N_r = 200 \cdot 69 = 13800$  l/h

### VI.2.3.8 Débit de la conduite secondaire :

Etant donné que nous avons 4 porte rampe :

$$Q_{csl} = Q_{pr} * N_{pr} \quad (VI.16)$$

$$Q_{csl} = 13800 * 4 = 55200 \text{ l/h.}$$

#### VI.2.4 Dimensionnement des différentes parties du réseau :

##### VI.2.4.1 Calcul du diamètre et la vitesse de la rampe :

Le diamètre des rampes est calculé d'après la formule suivante :

$$\varnothing r(\text{cal}) = \left[ \frac{P.d.c(r) * 2.75}{0.478 * Q(r)^{1.75} L(r)} \right]^{-\frac{1}{4.75}} \quad (VI.17)$$

Avec :

$P_{dc}(r)$  : la perte de charge dans la rampe

$Q(r)$  : le débit de la rampe en l/h

$L(r)$  : la longueur de la rampe en m

$\varnothing r(\text{cal})$  : le diamètre de la rampe

$$\varnothing r(\text{cal}) = \left[ \frac{1.2 * 2.75}{0.478 * 200^{1.75} * 100} \right]^{-\frac{1}{4.75}}$$

$\varnothing r(\text{cal}) = 12.36 \text{ mm}$  ; Alors on prend  **$D_r$  normalisé = 16 mm** .

On recalcule les pertes de charge :

$$j = \left[ \frac{0.478 * D_r^{-4.75} * Q^{1.75} * L_r}{2.75} \right] \quad (VI.18)$$

$$j = \left[ \frac{0.478 * (16)^{-4.75} * (200)^{1.75} * 100}{2.75} \right] = 0.35 \text{ mce.}$$

$J_{cal} = 0,35 \text{ m} < j_r = 1,2 \text{ m}$  donc la condition est vérifiée.

\*La vitesse des rampes est calculée d'après la formule suivante :

$$V_r = \frac{4 * Q_r}{\pi * D_r^2} \quad (VI.19)$$

On a:

$$V_r = \frac{4 * 200 / (1000 * 3600)}{\pi * (0,016)^2} = 0.28 \text{ m/s}$$

### VI.2.4.2 Calcul du diamètre de porte rampe:

Le diamètre des portes rampes est calculé d'après la formule suivante :

$$\phi_{pr(cal)} = \left[ \frac{P.d.c(pr) \cdot 2.75}{0.478 \cdot Q(pr)^{1.75} \cdot L(pr)} \right]^{-\frac{1}{4.75}} \quad (VI.20)$$

Avec :

$Pdc(pr)$  : la perte de charge dans la rampe

$Q(pr)$  : le débit de la rampe en l/h

$L(pr)$  : la longueur de la rampe en m

$\phi_{pr(cal)}$  : le diamètre de la porte rampe

$$\phi_{pr(cal)} = \left[ \frac{0.6 \times 2.75}{0.478 \times 13800^{1.75} \times 274} \right]^{-\frac{1}{4.75}}$$

$\phi_{pr(cal)} = 84.17\text{mm}$  ; Alors on prend **Dpr normalisé=90mm.**

On recalcule les pertes de charge :

$$j = \left[ \frac{0.478 \times D_{pr}^{-4.75} \times Q_{pr}^{1.75} \times L_{pr}}{2.75} \right] \quad (VI.21)$$

$$j = \left[ \frac{0.478 \times (90)^{-4.75} \times (13800)^{1.75} \times 274}{2.75} \right] = \mathbf{0.44mce.}$$

$J_{cal} = 0,44 \text{ m} < j_{pr} = 0.6$  donc la condition est vérifiée.

\*La vitesse de la porte rampe est calculée d'après la formule suivante :

$$V_{pr} = \frac{4 \times Q_{pr}}{\pi \times D_{pr}^2} \quad (VI.22)$$

On a:

$$V_{pr} = \frac{4 \times 13800 / (1000 \times 3600)}{\pi \times (0,090)^2}$$

**$V_{pr} = 0.6 \text{ m/s.}$**

**VI.2.4.3. Calcul de caractéristique de conduites secondaires :**

Pour calculer le diamètre on doit fixer la Vitesse d'écoulement (valeur optimale) d'environ 1.25 m/s (La vitesse maximale admise est de 1,8 m/s):

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi V}} \quad (\text{VI.23})$$

Avec :

Q : débit de la conduite considérée (m<sup>3</sup>/s);

V : Vitesse d'écoulement (m/s).

Les résultats des calculs sont présentés sur le tableau suivant :

**Tableau VI.1. Caractéristique de la conduite secondaire.**

culture	L	Q	V supposée	Dcal	Dn	Vcal	pdc
Unités	M	(l/h)	(m/s)	(mm)	(mm)	(m/s)	(m)
Olivier	134	55200	1.25	124.97	125	1.25	1.14

**VI.2.4.4 La pression d'eau à la borne de distribution :**

Donc la pression demandée à la borne égale à la pression nominale (10 mce) plus la somme des pertes de charges.

$$\Delta h = 10 \text{ (pression nominale)} + pdc(r) + pdc(pr) + pdc(cs)$$

$$\Delta h = 10 + 0.35 + 0.44 + 1.14$$

$$\Delta h = 11.93 \text{ mce.}$$

**VI.3 Conclusion :**

La performance d'une installation d'irrigation dépendra du bon choix de la technique et du système d'irrigation et de la bonne mise en place des équipements sur la base de la parfaite connaissance des informations techniques et économiques liées aux conditions de l'exploitation.

Dans ce chapitre nous avons étudié le dimensionnement d'un réseau goutte à goutte ; tout en dimensionnant les organes du réseau localisé projeté sur une parcelle type.

**Chapitre VII :**  
**Evaluation économique**  
**du projet et estimation**  
**des coûts**

## VII. Evaluation économique du projet et estimation des coûts

### VII.1 Introduction

Dans le cadre de notre travail, ce chapitre donne une estimation générale sur le coût que peut occasionner un projet de ce genre.

Après l'étude d'un tel projet, un aspect économique doit être pris en considération, pour cette raison on doit faire une estimation des frais.

### VII.2 Devis de réseau d'irrigation localisée :

Les globaux des pièces sont présentés dans le tableau suivant.

**Tableau VII.1. Factures pro-forma des pièces du réseau d'irrigation.**

Pièces	Unité de mesure	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
TubeØ16 PEBD	m/l	17600	17.12	301312
TubeØ90 PEHD	m/l	1096	331.27	363071.92
TubeØ110 PEHD	m/l	927.96	478.81	444316.53
TubeØ160 PEHD	m/l	1697.56	1033,79	1754920.55
TubeØ200 PEHD	m/l	1067.06	1586.10	1692463.87
TubeØ250 PEHD	m/l	142.2	2476.19	352114.22
TubeØ315 PEHD	m/l	278.1	5650.37	1571367.9
TubeØ400 PEHD	m/l	444.12	6290.86	2793896.74
TubeØ500 PEHD	m/l	568.24	9358.71	5317993.37
Vanne Ø110	U	4	1815	7260
Vanne Ø160	U	7	13915	97405
Vanne Ø90	U	4	1452	5808
Goutteur réglable	U	13800	36.3	500940
<b>TOTAL</b>				<b>15202870.1</b>

**VII.2.1 Dépenses des travaux :**

Le prix de terrassement est égal à :

**Pour les déblais :**

$$F_{\text{deb}} = V_{\text{deb}} \cdot K_{\text{deb}} \quad (\text{VII.1})$$

$K_{\text{deb}}$  : prix de 1 m<sup>3</sup> de déblai=300 DA

$V_{\text{deb}}$  : volume total de déblai

**Pour les remblais:**

$$F_{\text{rem}} = V_{\text{rem}} \cdot K_{\text{rem}} \quad (\text{VII.2})$$

$K_{\text{rem}}$  : prix de 1 m<sup>3</sup> de remblai=100 DA

$V_{\text{rem}}$ : volume total de remblai

**VII.2.1.1 Calcul du volume de déblai et remblai :**

La pose en terre des conduites s'effectue dans un tranché dont la largeur de fond B sera donnée par la formule suivante :

$$B = D + 2 \times 0,3$$

D : diamètre de la conduite (m)

La profondeur de fouille est en fonction du diamètre de la conduite, de la température du lieu (max, min) et les sollicitations des charges mobiles.

$$H \geq D + 0,8$$

$$*\text{Déblai} = L \cdot H \cdot B$$

$$H = 0,8 + D_{\text{max}} + 0,1 = 0,8 + 0,5 + 0,1 = 1,4 \text{ avec (0,1 m lit de sable)}$$

$$*\text{Remblai} = \text{déblai} - \left(\pi \frac{D^2}{4}\right) \cdot L - 0,1 \cdot L \cdot B$$

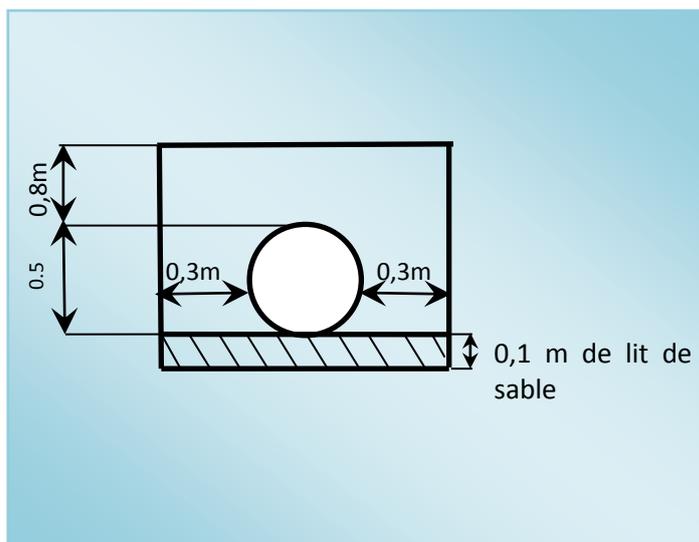


Figure VII.1: Schéma simplifié pour la place de la conduite de distribution.

Tableau VII .2: Calcul de terrassement.

Ø (mm)	B	H	L(m)	H lit (m)	Déblai (m <sup>3</sup> )	Remblai (m <sup>3</sup> )
110	0.71	1.4	927.96	0.1	922.39	847.89
160	0.76	1.4	1697.56	0.1	1806.2	1643.06
200	0.8	1.4	1067.06	0.1	1195.11	1076.22
250	0.85	1.4	142.2	0.1	169.22	150.15
315	0.915	1.4	278.1	0.1	356.25	309.13
400	1	1.4	444.12	0.1	621.77	521.55
500	1.1	1.4	568.24	0.1	875.09	701.01
<b>Total</b>					<b><u>5946.03</u></b>	<b><u>5249.01</u></b>

**Donc pour le déblai:**

$$F_{\text{déb}} = 5946.03 \times 300 = 1783809 \text{ DA}$$

**Pour le remblai :**

$$F_{\text{rem}} = 5249.01 \times 100 = 524901 \text{ DA}$$

Donc :

Le cout total du dépenses des travaux égale :**2308710DA**.

- Le coût des bornes d'irrigation et les différentes taches de leurs implantations sont récapitulés dans le tableau suivant :

**Tableau VII.3. Devis estimatif et quantitatif des bornes d'irrigation.**

	<b>Quantité</b>	<b>prix unitaire</b>	<b>prix total (DA)</b>
<b>Borne type A</b>	13	18500	<b>240500</b>

- En ajoute 35 % pour les travailleurs = **6 213 228.04 DA**

### **VII.3 Conclusion**

A travers ce chapitre, nous avons calculé le devis estimatif et quantitatif de notre projet d'irrigation pour le périmètre de la commune d'El-Annat, dont le coût total s'élève à **23 965 308.14 DA**.

## **Conclusion générale**

L'objectif de notre travail est l'introduction d'une technique d'arrosage performante du périmètre de la commune d'El-Annat dans la wilaya d'Ouargla, pour assurer une répartition de l'eau de façon uniforme et économique, en tant que facteur essentiel dans une telle étude.

L'étude du climat (précipitation-température), montre que notre région a un climat Saharien net. L'analyse du sol nous a permis d'opter pour des cultures très variées, telles que les cultures maraichères, arboricoles et céréalières. Le choix de ces cultures est motivé par les données climatiques et agro pédologiques.

La détermination des besoins en eau d'irrigation nous a permis de quantifier le débit du réseau du périmètre de la commune d'El-Annat et d'estimer les volumes en eau nécessaires.

Pour des raisons de rentabilité économique et d'économie d'eau, nous avons opté pour l'irrigation par goutte à goutte.

Ces techniques d'arrosages sont plus adaptées dans notre pays notamment en cette période de sécheresse.

La mise en œuvre de ces systèmes d'irrigation modernes permettent de mieux valoriser les ressources en eau et en sol, et permettent une augmentation importante des rendements des cultures qui est un défi majeur de l'agriculture en Algérie.

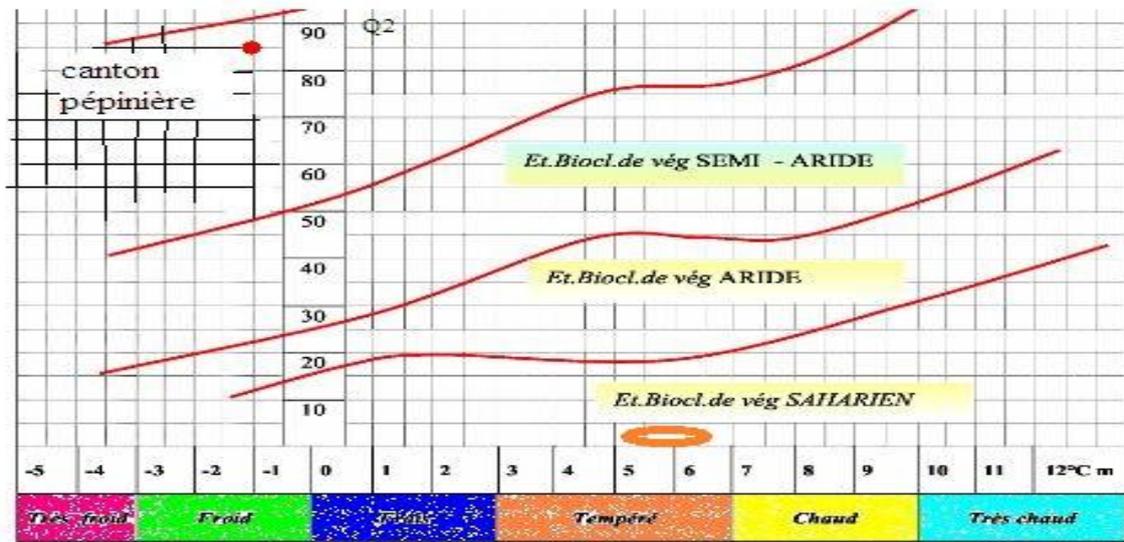
## Références bibliographiques

- (1) **ALI BEY (2003).** *Etude de périmètre d'irrigation sahel algérois ouest.* Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en hydraulique, Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique (ENSH), Blida ;
- (2) **Aouata I. (2014).** *Etude de permettre d'irrigation d'Ain Kercha partie ouest wilaya d'Oum El Bouaghi.* Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en hydraulique, Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique (ENSH), Blida ;
- (3) **Ayers R.S., Westcot D.W. (1994).** *Water quality for agriculture* (FAO irrigation and drainage paper N°29). Rome : FAO ;
- (4) **Belaid N. (2010).** *Evaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb-Sfax: salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques.* Thèse en cotutelle en vue de l'obtention du doctorat, École Nationale d'Ingénieurs de Sfax, Tunisie ;
- (5) **Ben Mebarek M.C. (2011).** *Contribution a' l'étude de l'aménagement Hydro-agricole du périmètre de teleghma wilaya de Mila.* Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en hydraulique, Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique (ENSH), Blida ;
- (6) **Bennis S. (2007).** *Hydraulique et hydrologie* (2<sup>e</sup> édition). Québec : Les Presses de l'Université du Québec ;
- (7) **Blaney H.F., Criddle W. D. (1952).** *Determining water requirements in irrigated areas from climatological and irrigation data.* Washington, D.C : U.S. Soil Conservation Service ;
- (8) **Boulifa I. (2011).** *Etude du périmètre d'irrigation de F'kirina à l'aval de la retenue collinaire d'Oulmène wilaya d'Oum El Bouaghi.* Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en hydraulique, Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique (ENSH), Blida ;
- (9) **BOUKARRAT M.R (2016).** *DIMENSIONNEMENT DU PERIMETRE D'IRRIGATION DE LACOMMUNE DE HASSI LEFHEL (W. GHARDAIA).* Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en hydraulique, Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique (ENSH), Blida ;
- (10) **Brouwer C., Heibloem M. (1986).** *Irrigation Water Management: Irrigation Water Needs* (Training manual N° 3). Rome : FAO ;
- (11) **Claude L. (1975).** *Annales de géographie : L'évapotranspiration potentielle et ses implications géographiques.* (t. 84, n°464).Paris : Armand colin ;
- (12) **Clément R., Galand A., Meylan J. (1990).** *Systèmes d'irrigation.* Paris : Techniques de l'Ingénieur;

- (13) **CYPE Ingenieros, S.A. (2015).** *Générateur de prix de la construction, Algérie.* En ligne <http://www.algerie.prix-construction.info> ;
- (14) **Daniel H., Food and Agriculture Organization of the United Nations. (1997).** *Small-scale irrigation for arid zones Principles and options.* Rome : FAO ;
- (15) **Dastane N. G. (1978).** *Effective rainfall in irrigated agriculture.* Rome : FAO ;
- (16) **FAO Division de la mise en valeur des terres et des eaux. Etats-Unis. Bureau of reclamation. (1990).** *Etudes et prospections pédologiques en vue de l'irrigation* (Bulletin pédologique de la FAO, 42). Rome : FAO ;
- (17) **L'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). (2015).** *Le Calendrier cultural.* En ligne <http://www.fao.org/agriculture/seed/cropcalendar/welcome.do> ;

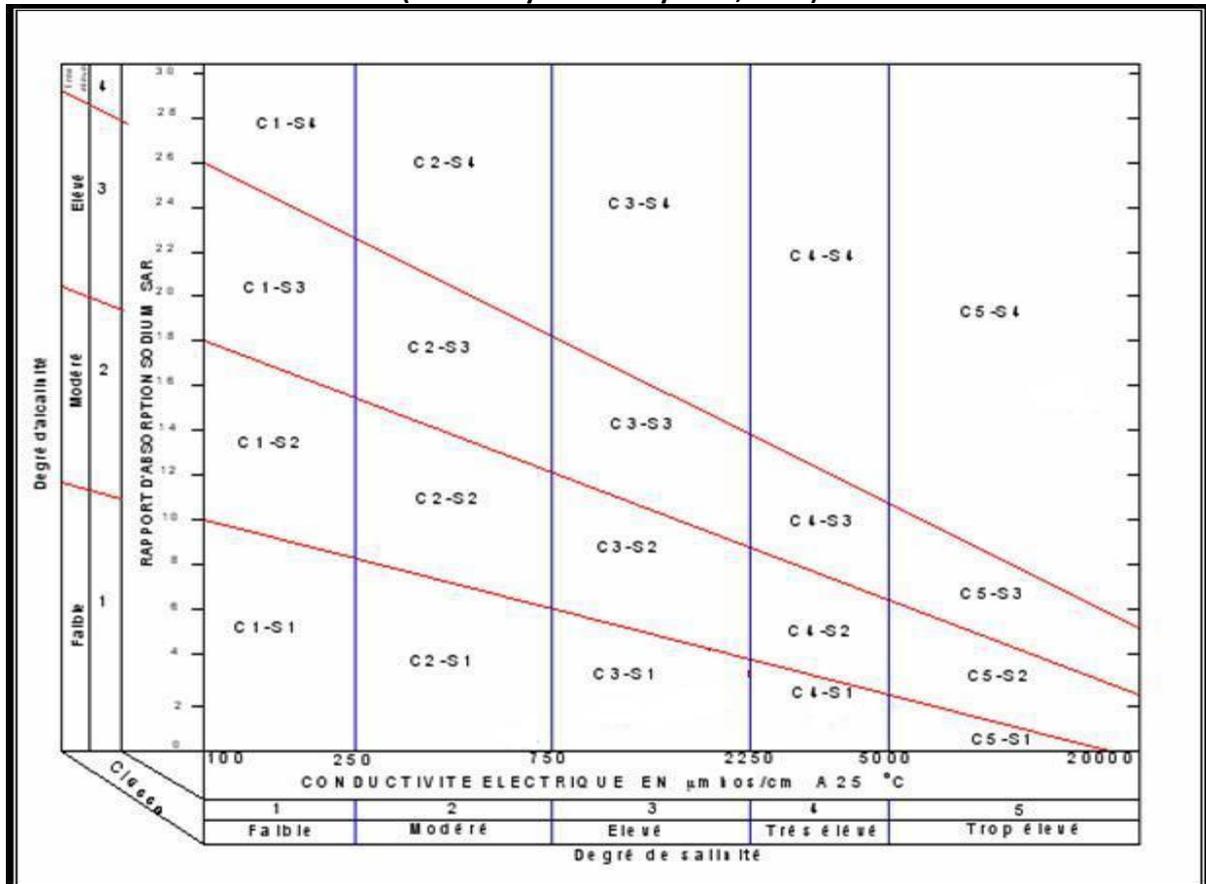
## ANNEXE 1

### DIAGRAMME BIOCLIMATIQUE D'EMBERGER



## ANNEXE 02

### DIAGRAMME DE CLASSIFICATION DES EAUX D'IRRIGATION (US salinity Laboratory Staff, 1953)



## ANNEXE 3

Valeurs minimales et maximales de Z pour diverses cultures

Cultures	Z m
Tomates	1 - 1,2
Cultures maraîchères	0,3 - 0,6
Agrumes	1 - 1,2
Arbres fruitiers à feuilles caduques	1 - 2
Vigne	1 - 3

## ANNEXE 4

Coefficients culturaux (Kc) pour les différentes cultures

### 2. COEFFICIENTS CULTURAUX (Kc)

CULTURE	Stades de développement de la culture					Durée totale de la période végétative
	Initial	Développement	Mi-saison	Arrrière saison	Récolte	
Bananiér tropical	0.4-0.5	0.7-0.85	1.0-1.1	0.9-1.0	0.75-0.85	0.7-0.8
subtropical	0.5-0.65	0.8-0.9	1.0-1.2	1.0-1.15	1.0-1.15	0.85-0.95
Haricot vert	0.3-0.4	0.65-0.75	0.95-1.05	0.9-0.95	0.85-0.95	0.85-0.9
sec	0.3-0.4	0.7-0.8	1.05-1.2	0.65-0.75	0.25-0.3	0.7-0.8
Chou	0.4-0.5	0.7-0.8	0.95-1.1	0.9-1.0	0.8-0.95	0.7-0.8
Coton	0.4-0.5	0.7-0.8	1.05-1.25	0.8-0.9	0.65-0.7	0.8-0.9
Raisin	0.35-0.55	0.6-0.8	0.7-0.9	0.6-0.8	0.55-0.7	0.55-0.75
Arachide	0.4-0.5	0.7-0.8	0.95-1.1	0.75-0.85	0.55-0.6	0.75-0.8
Maïs doux	0.3-0.5	0.7-0.9	1.05-1.2	1.0-1.15	0.95-1.1	0.8-0.95
grain	0.3-0.5*	0.7-0.85*	1.05-1.2*	0.8-0.95	0.55-0.6*	0.75-0.9*
Oignon sec	0.4-0.6	0.7-0.8	0.95-1.1	0.85-0.9	0.75-0.85	0.8-0.9
vert	0.4-0.6	0.6-0.75	0.95-1.05	0.95-1.05	0.95-1.05	0.65-0.8
Pois, frais	0.4-0.5	0.7-0.85	1.05-1.2	1.0-1.15	0.95-1.1	0.8-0.95
Poivron, frais	0.3-0.4	0.6-0.75	0.95-1.1	0.85-1.0	0.8-0.9	0.7-0.8
Pomme de terre	0.4-0.5	0.7-0.8	1.05-1.2	0.85-0.95	0.7-0.75	0.75-0.9
Riz	1.1-1.15	1.1-1.5	1.1-1.3	0.95-1.05	0.95-1.05	1.05-1.2
Carthame	0.3-0.4	0.7-0.8	1.05-1.2	0.65-0.7	0.2-0.25	0.65-0.7
Sorgho	0.3-0.4	0.7-0.75	1.0-1.15	0.75-0.8	0.5-0.55	0.75-0.85
Soja	0.3-0.4	0.7-0.8	1.0-1.15	0.7-0.8	0.4-0.5	0.75-0.9
Betterave sucrière	0.4-0.5	0.75-0.85	1.05-1.2	0.9-1.0	0.6-0.7	0.8-0.9
Canne à sucre	0.4-0.5	0.7-1.0	1.0-1.3	0.75-0.8	0.5-0.6	0.85-1.05
Tournefol	0.3-0.4	0.7-0.8	1.05-1.2	0.7-0.8	0.35-0.45	0.75-0.85
Tabac	0.3-0.4	0.7-0.8	1.0-1.2	0.9-1.0	0.75-0.85	0.85-0.95
Tomate	0.4-0.5	0.7-0.8	1.05-1.25	0.8-0.95	0.6-0.65	0.75-0.9
Pastèque	0.4-0.5	0.7-0.8	0.95-1.05	0.8-0.9	0.65-0.75	0.75-0.85
Blé	0.3-0.4	0.7-0.8	.05-1.2	0.65-0.75	0.2-0.25	0.8-0.9
Luzeerne	0.3-0.4				1.05-1.2	0.85-1.05
Agrumes sarclés sans sarclage						0.65-0.75 0.85-0.9
Olivier						0.4-0.6

Premier chiffre : avec forte humidité (HR<sub>min</sub> > 70%) et vent faible (U < 5 m/sec).  
 Second chiffre : avec faible humidité (HR<sub>min</sub> < 20%) et vent fort (> 5 m/sec).

Source: Bulletin FAO d'Irrigation et Drainage n° 33, Tableau 18.

## ANNEXE 5

### Caractéristiques hydriques de quelques sols

Texture	Humidités pondérales en % du poids sec			Réserve utile volumétrique en mm/m
	à la rétention HCC	du flétrissement HPF	disponible HCC-HPF	
Sableuse	9 (6 à 12)*	4 (2 à 6)*	5 (4 à 6)*	85 (70 à 100)*
Sablo-limoneuse	14 (10 à 18)	6 (4 à 8)	8 (6 à 10)	120 (90 à 150)
Limoneuse	22 (18 à 26)	10 (8 à 12)	12 (10 à 14)	170 (140 à 190)
Limono-argileuse	27 (25 à 31)	13 (11 à 15)	14 (12 à 16)	190 (170 à 220)
Argilo-limoneuse	31 (27 à 35)	15 (13 à 17)	16 (14 à 18)	210 (180 à 230)
Argileuse	35 (31 à 39)	17 (15 à 19)	18 (16 à 20)	230 (220 à 250)

## ANNEXE 6

### Guide pratique de P

#### ANNEXE:4

#### GUIDE D'ESTIMATION DE P

(p = pourcentage de sol humidifié pour divers débits de distributeurs et divers espacements entre rampes et entre distributeurs dans le cas d'une seule rampe rectiligne, équipée de distributeurs uniformément espacés délivrant une dose de 40 mm par arrosage sur l'ensemble de la surface )

Ecartement entre rampes S <sub>r</sub> en m	Débit des distributeurs														
	moins de 1,5 l/h			2 l/h			4 l/h			8 l/h			Plus de 12 l/h		
	Espacement recommandé des distributeurs sur la rampe, Sd en m														
	en sol de texture grossière (G), moyenne (M), fine (F)														
	G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F
	0,2	0,5	0,9	0,3	0,7	1,0	0,6	1,0	1,3	1,0	1,3	1,7	1,3	1,6	2,0
	Pourcentage en sol humidifié p %														
0,8	38	88	100	50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1,0	33	70	100	40	80	100	80	100	100	100	100	100	100	100	100
1,2	25	58	92	33	67	100	67	100	100	100	100	100	100	100	100
1,5	20	47	73	26	53	80	53	80	100	80	100	100	100	100	100
2,0	15	35	55	20	40	60	40	60	80	60	80	100	80	100	100
2,5	12	28	44	16	32	48	32	48	64	48	64	80	64	80	100
3,0	10	23	37	13	26	40	26	40	53	40	53	67	53	67	80
3,5	9	20	31	11	23	34	23	34	46	34	46	57	46	57	68
4,0	8	18	28	10	20	30	20	30	40	30	40	50	40	50	60
4,5	7	16	24	9	18	26	18	26	36	26	36	44	36	44	53
5,0	6	14	22	8	16	24	16	24	32	24	32	40	32	40	48
6,0	5	12	18	7	14	20	14	20	27	20	27	34	27	34	40