

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DE L'HYDRAULIQUE-ARBAOUI ABDELLAH

DEPARTEMENT DE GENIE DE L'EAU

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

OPTION : Conception Des Systèmes d'Irrigation et Drainage

### THEME:

**DIMENSIONNEMENT DU RESEAU  
D'IRRIGATION DU DOMAINE DAOUIA  
(W .EL OUED)**

### Présenté par :

M<sup>r</sup> GUEMARI SAMIR

### DEVANT LES MEMBRES DU JURY:

#### Nom et Prénom

M	M .MESSAHEL	MC	Président
M <sup>me</sup>	L.S.BAHBOUH	M.A.A	Examinatrice
M <sup>me</sup>	H.BOUCHEMA	M.A.A	Examinatrice
M <sup>me</sup>	S.HARKAT	M.A.B	Examinatrice
M <sup>r</sup>	A.AYAD	M.A.A	Examineur
M <sup>r</sup>	S.YAHIAOUI	MAGISTERE	Promoteur

juillet 2012

# DÉDICACE

*Je rends un grand hommage à travers ce modeste travail, en signe de respect et de reconnaissance envers :  
Mes chers parents pour tous les sacrifices et leur soutien moral et matériel dont ils ont fait preuve pour que je réussisse.*

*Une spéciale dédicace pour :*

*Mes frères et mes sœurs*

*A spécialement ma oncle KAMEL (TOUFIK) qui aide moi beaucoup*

*A celui qui éclairée ma vie et faite beaucoup pour moi, ne m'a pas abandonné dans les moments les plus difficiles*

*A celui qui ma encouragé tout le temps: Hamidi et Ali*

*Mes Amis :Moussa,Khaled,Talal,Yousef,Sadek,*

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

*Guemari Samir*

## ❧ REMERCIEMENTS ❧

*Au terme de ce travail, je tien à remercier sincèrement **DIEU** de m'avoir octroyé les moyens, et mes vifs remerciements à mon promoteur Mr YAHIAOUI SAMIR de m'avoir orienté et pour ses conseils judicieux ses riche enseignement et sa constante disponibilité dans le but de mener à bien ce projet de fin d'étude.*

*Mes remerciements s'adressent également à tous les enseignants qui ont contribué à notre formation, surtout M<sup>me</sup> BAHBOUH, qui m'a aidé beaucoup, sans oublier tout le personnel de l'ENSH.*

*Et à tous ceux qui ont contribué de près ou loin à l'élaboration de ce travail.*

*Mon respect aux membres de jury qui me feront l'honneur d'évaluer mon travail*

GUEMARI SAMIR

:

يَندرجُ ضَمَنَ السِّيَاسَةِ الحَالِيَةِ المُتَعَلِّقَةِ بِتَسْيِيرِ المَسَاحَاتِ  
المَسْقِيَةِ، وَالذِي يَسْعَى إِلَى تَحْقِيقِ مَرْدُودِ جَيِّدِ  
الثَّرْبَةِ مِنْ جِهَةِ . لِتَحْقِيقِ ذَلِكَ يَجِبُ  
مَتَا سَقْيِ حَدِيثَةِ وَالتِّي نَجَاعَتِهَا، نَذَكَرُ عَلَى سَبِيلِ  
: السَّقْيِ بِالتَّقْنِيَةِ هَذِهِ التَّقْنِيَةِ  
مَحَاسِنِ هُوَ تَحْقِيقُهَا لِاِقْتِصَادِ مَعْتَبَرٍ لِلْمِيَاهِ  
فِي الأَوْنَةِ الأَخِيرَةِ . مِنْ بَيْنِ مَا تَتَمَيَّزُ بِهِ هَذِهِ التَّقْنِيَةُ

**Résumé :**

L'objectif de notre mémoire s'inscrit dans le caractère de la politique actuelle de la gestion des périmètres irrigués; de façon à atteindre un rendement élevé de l'investissement, traduisant une meilleure efficacité du système d'irrigation d'une part, une meilleure gestion et préservation des potentialités : ressources en eau et la qualité du sol d'autre part. Cela par adoption des systèmes d'irrigation modernes qui ont imposé leurs fiabilités, à savoir : l'irrigation localisée les mieux développés avec l'évolution de la science et de la technologie. Ces systèmes présentent de multiples avantages, tel que l'économie d'eau.

**Abstract :**

The aim of our dissertation is included in the actual policy of the irrigated areas management in a way to attain a high investment feed back, showing a better efficiency of the irrigation system from one part, and a better management and potentialities preservation: water resource and ground resources from the other part. However This project would be achieved only by modern irrigation systems which proved their reliability, i.e: we have localized irrigation, which is consisted as the most developed thanks the evaluation of science a technologies. These systems present many advantages like the important water saving.

# ***SOMMAIRE :***

## ***CHAPITRE I : Présentation générale de la zone d'étude***

I.1.Présentation géographique.....	01
I.2.Présentation de l'exploitation Douia.....	02
I.2. Facteurs écologiques du Souf .....	03
I.2.1. - Facteurs abiotiques du Souf .....	03
I. 2.1.1-. Relief .....	03
➤ Pédologie .....	03
➤ Caractéristiques du sol de la région du Sou.....	03
➤ Erg .....	04
I. 2.1.2- Aspect hydrogéologique.....	04
➤ <i>La nappe du Complexe Terminal.....</i>	<i>04</i>
➤ La nappe du Continental Intercalaire.....	04
➤ Constat de l'exploitation des nappes .....	05
I.2.1.3- Les facteurs climatiques.....	05
➤ Températures .....	05
➤ La pluviométrie.....	07
➤ Humidité relative de l'air .....	08
➤ Le Vent .....	09
➤ Synthèse climatiq.ue .....	09
❖ Diagramme ombrothermique de GAUSSEN .....	09
❖ Climagramme pluviométrique d'Emberger .....	10
I. 2.2-Facteurs biotiques de région de Souf .....	12
I.2.2.1 - Données bibliographiques sur la flore de la région du Souf.....	12
I.2.2.2-Données bibliographiques sur la faune de la région du Souf.....	14

## **CHAPITRE II : Revue bibliographique sur l'irrigation sous pression**

II. Introduction .....	16
II.1.L'irrigation gravitaire : .....	17
II.1.1.L'irrigation par planche .....	17
II.1.2.L'irrigation par bassin .....	17
II.1.3.L'irrigation à la raie ou par rigole .....	17
II.1.3.1.L'irrigation par siphon .....	17
II.1.3.2.Irrigation par rampe à vannettes.....	18
II.1.3.3.Irrigation par gaine souple .....	19
II.1.3.4.Transirrigation.....	20
II.2. L'irrigation goutte à goutte .....	21
II.2.1.Equipements du système goutte à goutte.....	21
II.2.2.1.Les distributeurs .....	22
II.2.2.2.Les rampes .....	23
II.2.2.3.Filtration.....	24
II.3. L'irrigation par aspersion .....	25
II.3.1.Aspersion traditionnelle .....	25
II .3.1.1.Les installations mobiles portatives .....	25
II .3.1.2.Les installations semi-mobiles portatives .....	26
II.3.1.3.Les installations permanentes .....	26
II.3.1.4.Les installations temporaires .....	27
II.3.2.Aspersion mécanisée.....	27
II.3.2.1.Les systèmes de rampe pivotante et de rampe frontale .....	27
II.3.2.2.Le système de rampe frontale .....	28
II.3.2.3.L'enrouleur .....	28

II.4. Choix de la technique d'irrigation convenable .....	30
II.5. Mode d'arrosage.....	31
II.5.1. Définition .....	31
II.5.2. Avantages .....	32
II.5.3. Inconvénients.....	32
II.6. Conclusion .....	32

### **CHAPITRE III : Etude hydrologie**

III. Introduction .....	33
III.1. Les averses.....	35
III.2. Choix de la période de retour .....	37
III.3. Analyse des données pluviométriques et choix du type de la loi d'ajustement .....	37
III.3.1. L'homogénéité de la série pluviométrique .....	37
III.3. 2. Etude de l'échantillon.....	37
III.4. Choix du type de loi .....	40
III.5. Ajustement de la série pluviométrique .....	40
III.5.1. Ajustement a la loi normale (gauss) .....	40
III.5.2. Ajustement a la loi log-normale .....	41
III.6. Test de validité d'un ajustement .....	42
III.6.1. Test de validité de l'ajustement à la loi Gumbel.....	45
III.6.2. Test de validité de l'ajustement à la loi log-Normale .....	45
III.7. Détermination de l'année de calcul.....	42
III.8. CONCLUSION .....	43

## **CHAPITRE IV : Bilan hydrique et évaluation des besoins des cultures**

IV .1. Introduction .....	44
IV.2. Besoin en eau du périmètre .....	45
IV.2.1. L'évapotranspiration .....	45
IV .2.1.1 L'évapotranspiration de référence :(ET <sub>0</sub> ou ET <sub>P</sub> ).....	45
IV .2.1.2 L'évapotranspiration réelle :(ET <sub>R</sub> ).....	45
IV .3 Méthodes d'évaluation d'évapotranspiration de référence .....	45
a) Formule de Blaney-Criddle .....	46
b) Formule de turc (France 1960) .....	46
c) Méthode de Penman & Monteith .....	47
IV .4 Traitement des données pluviométriques .....	49
IV.4.1 Précipitation moyenne mensuelle .....	49
IV.4.2 Précipitation de projet .....	49
IV.5 Calcul de la pluie efficace .....	50
IV.6. Dose d'irrigation de l'olivier.....	51
IV.7. Détermination des besoins en eau d'irrigation .....	52
IV.7.1. Définition.....	53
IV.7.2. Calcul des besoins en eau d'irrigation des cultures .....	54
➤ Les besoins d'irrigation nets .....	54
➤ Les besoins d'irrigation bruts .....	54
➤ Le pourcentage du sol humidifié .....	54
➤ Doses d'arrosage .....	54
IV.8. Calcul des débits à transiter par le réseau collectif .....	57
IV.8.1. Débits spécifiques .....	57
IV.8.2. Débits caractéristiques .....	57
IV.9. Conclusion .....	57



## **CHAPITRE V : Dimensionnement du réseau d'irrigation et des différents ouvrages annexes**

V.1. Introduction .....	58
V.2. Calcul de l'installation.....	59
V.3. Le débit d'installation .....	59
V.4. Calcul hydraulique du réseau .....	60
V.4.1. Conditions hydrauliques .....	60
V.4.2. Calcul de la rampe.....	60
➤ Débit de la rampe.....	60
➤ Le diamètre.....	61
➤ La perte de charge.....	61
V.4.3. Calcul du porte-rampe.....	61
➤ Débit du porte-rampe.....	61
➤ Le diamètre .....	62
➤ La perte de charge.....	62
V.4.4. La conduite principale.....	62
➤ Le débit .....	62
➤ Le diamètre .....	62
➤ La perte de charge .....	63
➤ La vitesse :.....	63
V.4.5. La pression en tête de l'installation .....	63
V.5. Le débit d'installation.....	68
V.6. Calcul hydraulique du réseau .....	69
V.6.1. Conditions hydrauliques.....	69
V.6.2. Calcul de la rampe .....	69
➤ Débit de la rampe.....	69
➤ Le diamètre .....	69
➤ La perte de charge .....	69
➤ Débit du porte-rampe .....	69
➤ Le diamètre .....	69
➤ La perte de charge .....	69

V.6.4. La conduite principale .....	70
➤ Le débit .....	70
➤ La longueur :.....	70
➤ Le Debit .....	70
➤ Le diamètre .....	70
➤ La perte de charge .....	70
➤ La vitesse .....	70
V.6.5.La pression en tête de l’installation.....	71
V.7. Choix de la pompe .....	72
V.7.1. Débit de la pompe .....	72
V.7.2. Hauteur d’élévation .....	72
V.8. Capacité du bassin d’irrigation.....	73
V.9.Conclusion .....	73

## **CHAPITRE VI :Evaluation du cout du projet**

VI-1-Introduction .....	74
VI-2-Devis du réseau d’irrigation au goutte à goutte.....	74
VI-2-1-Dépenses des équipements.....	74
VI-2-2-Dépenses des travaux.....	75
VI. Conclusion.....	76

## **CHAPITRE VI : Organisation de chantier**

VII. Introduction.....	77
VII-1-Exécution des travaux.....	77
VII.1.1.Exécution de la tranchée.....	77
VII.1.2.Assise de la conduite.....	77
VII.1.3.Pose de la canalisation dans la tranchée.....	77
VII.1.4. Epreuve d’essai de pression.....	78

VII-2-Exploitation du système d'irrigation.....	81
VII.2.1.Objectif de l'exploitation.....	81
VII.2.2.Estimation de l'état hydro agricole des terres irriguées.....	81
VII.2.2.1.Mesures d'amélioration technique.....	81
VII.2.2.2.Mesures d'exploitation.....	81
VII.2.2.3.Exploitation des ouvrages hydrauliques.....	82
VII.2.2.4.Maintenance des ouvrages et équipement.....	82
a)-Maintenance des premiers niveaux.....	82
b)-Maintenance spécialisé.....	82
VII.3.Conclusion .....	85

## ***CHAPITRE VII : Protection et sécurité de travail***

VII. Introduction.....	86
VII-1- Causes des accidents de travail dans un chantier hydraulique.....	86
VII-1-1- Facteurs humains.....	86
VII-1-2- Facteurs matériels.....	86
VII-1-3- Liste des conditions dangereuses.....	87
VII-1-4- Liste des actions dangereuses.....	87
VII-2-Mesures préventives pour éviter les causes des accidents.....	88
VII-2-1- Protection individuelle.....	88
VII-2-2- Autres protections.....	88
VII-2-3- Protection collective.....	88
VII-2-4- Engin de levage.....	88
VII-2-5- Appareillage électrique.....	88
VII. Conclusion.....	89

## LISTE DE TABLEAUX

<b>Tableau I- 1 :</b> Températures maxima, minima et moyennes mensuelles de la région de Souf durant l'année 2011.....	06
<b>Tableau I-2 :</b> Températures maxima, minima et moyennes mensuelles de la région de Souf.....	06
<b>Tableau I-3:</b> Précipitations de la région de Souf durant l'année 2011.....	07
<b>Tableau I-4 :</b> Précipitations de la région de Souf durant l'année 2002-2011.....	07
<b>Tableau I-5 :</b> Humidité relative moyenne mensuelle du Souf durant l'année 2011.	08
<b>Tableau I-6 :</b> la vitesse de vent de la région de Souf durant l'année 2011.....	08
<b>Tableau.II.1 :</b> Avantages et Convenients de l'irrigation goutte à goutte.....	21
<b>Tableau.II.2 ;</b> Composition l'unité de tête.....	21
<b>Tableau.II.3 :</b> valeur moyennes des temps de travaux nécessaires en irrigation par aspersion.....	28
<b>Tableau III.1 :</b> Répartition des pluies moyennes mensuelles et annuelles.....	33
<b>Tableau III.2 :</b> Test d'homogénéité de la station de GUEMAR.....	35
<b>Tableau III.3 :</b> Ajustement à la loi normale.....	37
<b>Tableau III.4 :</b> Ajustement à la loi log-Normale.....	39
<b>Tableau III.5 :</b> Précipitations mensuelles moyenne.....	41
<b>Tableau III.6 :</b> précipitation moyenne mensuelle de l'année de calcul.....	41
<b>Tableau IV.1 :</b> donner des périmètres.....	43
<b>Tableau IV.2:</b> Evapotranspiration de référence de la zone de projet selon Pen-Mon.	48
<b>Tableau IV.3:</b> précipitation mensuelles de l'année de projet.....	49
<b>Tableau IV.4 :</b> Précipitation efficaces dans la zone de projet .....	49
<b>Tableau IV.6.2</b> Dose d'irrigation de l'olivier .....	51
<b>Tableau IV.5:</b> dose d'irrigation de Palmier Dattier.....	51
<b>Tableau IV.6:</b> résultat de calcul.....	55
<b>Tableau V-1 :</b> Caractéristiques générales du réseau localisé.....	58
<b>Tableau V-2 :</b> Résultats de calcul théorique du réseau localisé.....	61
<b>Tableau V-3 :</b> les pressions aux extrémités du réseau.....	63

<b>Tableau V-4 : Caractéristiques générales du réseau localisé.....</b>	<b>64</b>
<b>Tableau V-5 : Résultats de calcul théorique du réseau localisé.....</b>	<b>66</b>
<b>Tableau V-6 : les pressions aux extrémités du réseau.....</b>	<b>67</b>
<b>Tableau VI-1-Facture des pièces de réseau d'irrigation localisée.....</b>	<b>74</b>
<b>Tableau VI-2-Calcul de terrassement.....</b>	<b>76</b>
<b>Tableau VII.1: Détermination du délai de la réalisation.....</b>	<b>83</b>

## LISTE DES FIGURES

<b>Fig .1:</b> Présentation géographique de la région de Souf.(Encarta 2008).....	1
<b>Fig.2:</b> Présentation géographique de la région de Souf à côté d'oued Righ (Encarta 2008).....	4
<b>Fig .3:</b> Oasis de Souf (Encarta 2008).....	5
<b>Fig.04 :</b> Diagramme ombrothermique de Gaussen de la région de Souf pour l'année 2011 .....	10
<b>Fig.5 :</b> Diagramme ombrothermique de Gaussen de la région de Souf pour l'année 2011.....	10
<b>Fig.6 :</b> Diagramme ombrothermique de Gaussen de la région de Souf durant l'année 2002-2011.....	12
<b>Fig.7 :</b> Le retam.....	13
<b>Fig.8 :</b> Le palmier dattier.....	13
<b>Fig.9:</b> Le système rott.....	13
<b>Fig.10 :</b> Le Drinn.....	13
<b>Fig.11 :</b> Le Scarabée.....	14
<b>Fig.12 :</b> Le Scorpion.....	14
<b>Fig.14 :</b> Le Fenec.....	15
<b>Fig.15:</b> Le Aboudi.....	15
<b>Fig.I.16 :</b> Le Chameau.....	15
<b>Fig.I.17:</b> La Pain.....	15
<b>Fig.18 :</b> les systemes d'irrigation.....	17
<b>Fig.19 :</b> Siphon.....	19
<b>Fig .20 :</b> Gaine.....	21
<b>Fig.21 :</b> Goutteur.....	23
<b>Fig .22:</b> filtre a tamis.....	25
<b>Fig .23:</b> filtre a disques.....	25
<b>Fig.24 :</b> irrigation par déplacement d'une rampe mobile.....	27
<b>Fig.25 :</b> couverture total.....	27

<b>Fig.26:</b> couverture integrale.....	27
<b>Fig.27:</b> rampe tournante.....	28
<b>Fig.28 :</b> rampe frontale.....	28
<b>Fig.29 :</b> pivot.....	29
<b>Fig.30 :</b> Enrouleur.....	30
<b>Fig.31 :</b> Zone humidifié par le goutteur.....	32
<b>Fig.32 :</b> Ajustement a la Gumbel.....	42
<b>Fig.33 :</b> Ajustement a la loi de log-normale.....	44
<b>Fig.34 :</b> Description du réseau d'irrigation localiser.....	67
<b>Fig.35 :</b> Pompe mono bloc.....	72
<b>Fig.36 :</b> Schéma d'une tranchée.....	78
<b>Fig.37 :</b> Pelle équipée en rétro_excavateur.....	79
<b>Fig.38 :</b> Camion.....	79
<b>Fig.39 :</b> Buldozer.....	80

# Introduction Générale

Les ressources en eau représentent un élément fondamental dans le développement économique d'un pays ; Les interférences du secteur de l'hydraulique avec les autres secteurs économiques ont fait de lui un élément préalable pour la concrétisation des objectifs prioritaires pour le développement de l'agriculture.

L'importance de l'irrigation dans le monde est définie par N.D.GULHATI un indien : *« l'irrigation dans beaucoup de pays est un art ancien aussi vieux que la civilisation, mais pour le monde entier c'est une science moderne ; la science de la survie »*.

Notre pays a connu et connaîtra désavantages de longue période de sécheresse, en particulier dans les régions à climat aride ou la pluviométrie est déjà insuffisante et mal répartie.

Notre projet de fin d'étude s'inscrit justement dans ce contexte, où le souci majeur est de pouvoir développer l'agriculture, tout en utilisant un minimum d'eau.

La situation géographique de notre aire d'étude est aussi des caractéristiques car il s'agit d'une zone située à Sahara algérien .ainsi tout projet d'aménagement aura double objectifs a savoir –créer des petites périmètres d'irrigation nous aussi lutter contre la désertification et cela n'est possible quand développement des cultures appropriées.

Le but de notre travail, est de concevoir un réseau d'irrigation goutte-à-goutte, qui est distingué par son économie en eau; donnant de faibles quantités d'eau pendant plusieurs jours. Le goutte-à-goutte implique un réseau dense de conduites de faibles diamètres sur lesquelles sont montés des dispositifs calibrés capables de réduire la pression.

Ce système est couramment utilisé pour les arbocultures .



**CHAPITRE I :**  
**PRESENTATION**  
**GENERALE DE LA**  
**ZONE D'ETUDE**

## Présentation générale de la zone d'étude

### I.1Présentation géographique

La région du souf est située dans le Sud –Est algérien, au nord du grand erg oriental. Elle est limitée par :

- la zone du chotte (melghir et merouane) au Nord
- l'extension de l'erg oriental au Sud
- la vallée de Oued-Righ à l'Ouest
- La frontière tunisienne à l'Est

La région du souf se trouve à environ 560 km au Sud- Est d'Algér (figure 1) Cette région sablonneuse de 80,000 Km de superficie se caractérise par les présences de dunes qui dépassent parfois 100 m de hauteur, à une altitude de 30° 30' Nord, et une longitude de 6° 47' Est (NADJAH, 1971) (Encarta 2008)

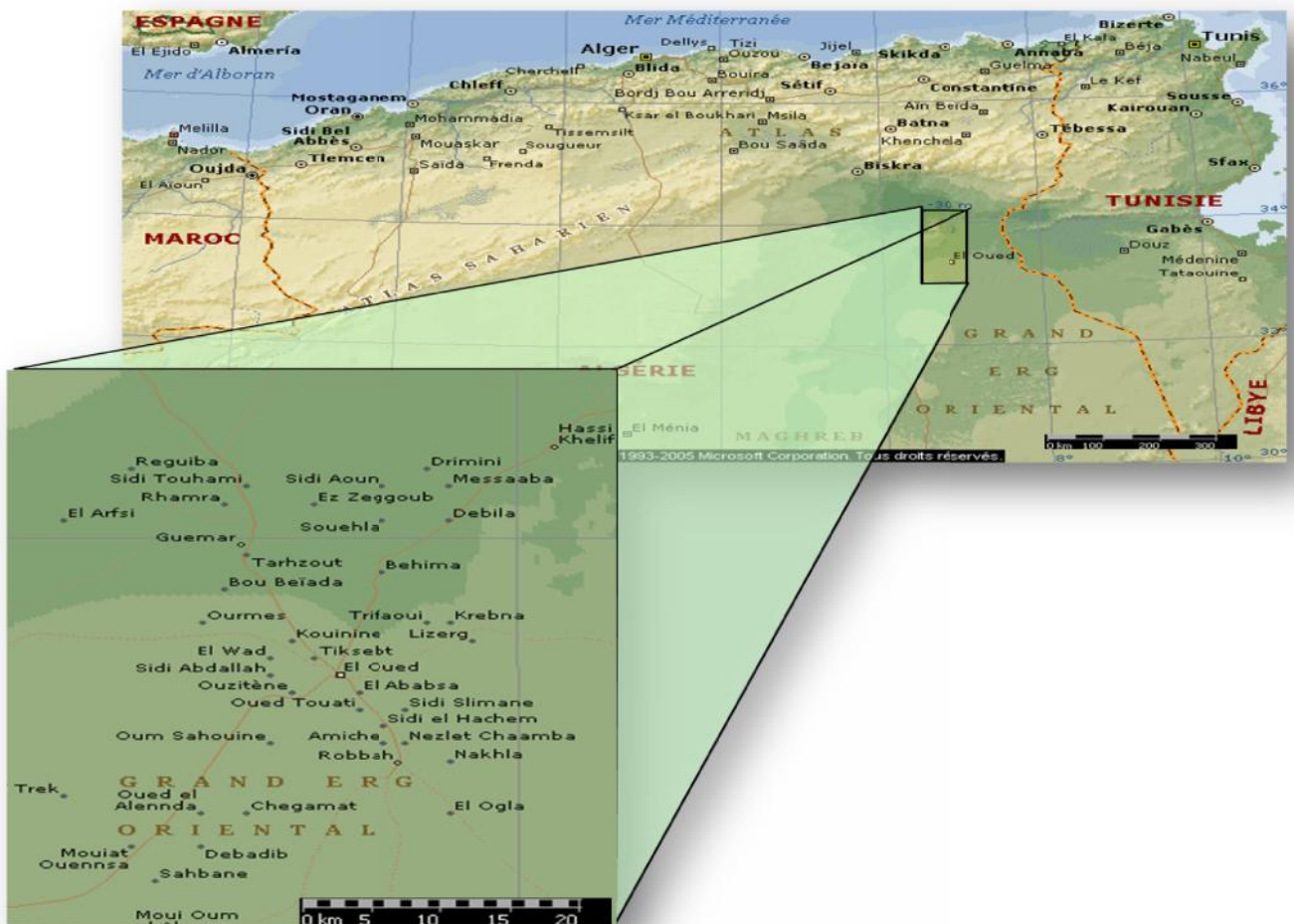


Fig .01: Présentation géographique de la région de Souf.(Encarta 2008)

LE SOUF zone dominance caractérisée par son décor unique de petit oasis jadis source de vie et refuges des population continu de chapitre avec les fait des bouleversement survécus dans la région

Des contraintes telles l'effet de la nappe la nature d'un sol pauvre et sans structure la qualité des eaux salés et saumâtre et d'autre comme le morcellement du foncier les possibilités d'extension offertes et enfin l'exploitant et ses moyens, ont été d'impact très marquants et empêchant un développement mérite au déterminent d'une nette orientation sur des modes de gestion et des formes d'exploitation plus spécifiques(choixdeculture\_irrigation\_conduite .....)

### **I-présentation de l'exploitation DAOUIA :**

Cree en1983 l'exploitation DAOUIA se situe à Zemlet El Fares sue le 10 KM de la RN n 16 El oued Tougourt elle se distingue de sa position entre 04 communes de la wilaya (El oued ,Ourmes,El alenda,et Robbah) et repose sur une superficie de plus de 600 ha



**Fig.02:** Présentation géographique de la région de Souf.(Encarta 2008)

## **I.2. Facteurs écologiques du Souf :**

Parmi les facteurs écologiques de la région d'étude, il y a d'une part de facteur abiotiques

### **I.2.1. - Facteurs abiotiques du Souf :**

Ce sont les différents facteurs climatiques et les divers facteurs physiques et chimiques du milieu tel que le relief, le sol, l'hydrogéologie et les facteurs climatiques tel que la température, pluviométrie, vent et insolation.

#### **I. 2.1.1-. Relief :**

Une région sableuse qui couvre la totalité du Souf, d'Est et au Sud.

##### **➤ Pédologie :**

Le sol du Souf prend deux aspects. Le plus dominant est l'ensemble dunaire. Ce sont de grandes accumulations sableuses.

L'autre aspect est appelé localement « SHOUNES » (la zone plus bas qui limite par plusieurs dune de sable), où la superficie du sol est parfois caillouteuse avec de croûtes gypseuses entourées par des hautes dunes (GHROUD) qui leur donnent ainsi une forme de cratères (O.N.R.G.M, 1999).

##### **➤ Caractéristiques du sol de la région du Souf :**

Le sol de la région du Souf est un sol typique des régions sahariennes. C'est un sol pauvre en matière organique, à texture sableuse et à structure caractérisée par une perméabilité à l'eau très importante (HLISSE, 2007). Au nord de Guémar le Lousse (sort des pierres constitue essentiellement de Gypse avec la formule suivante  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) forme une masse rocheuse plus au moins compact et profonde. A l'ouest, la Tefsa (constitue essentiellement par le carbonate de calcium) à épaisseur de 3 à 4 mètres occupe tout le terrain s'étendant de commune de l'Oued à Reguiba, tandis que l'on distingue une alternance des bandes calcaires et gypseuses à l'est de la commune d'El Oued. Au sud de la commune on trouve des placages de sable dans une grande épaisseur sous forme de dunes séparées par des dépressions riches en végétations (NAJAH, 1971). souligne que le sable de Souf se compose de silice, de gypse, de calcaire et parfois d'argile. Les proportions sont extrêmement variables d'un kilomètre à l'autre. En générale, les matériaux sont les suivants : silice (40 à 60 %), gypse (10 à 40 %), calcaire (2 à 20 %) et d'argile (0 à 5 %). Il se mélange également des grains de lave noire, des débris test de coquilles ou mollusques.

➤ **Erg :**

Une région sableuse qui occupe 3/4 de la superficie du Souf et ce trouve sur les lignes (80m Est 120m Ouest). Cette région fait partie du grand Erg oriental.

**I. 2.1.2- Aspect hydrogéologique**

La wilaya d'El-Oued qui fait partie du Sahara septentrional recèle dans son sous sol d'importantes réserves en eau contenues dans des aquifères superposées de la nappe phréatique dite libre à la nappe la plus profonde dit Albien. la vallée du Souf et sa périphérie puisent son eau dans les nappes profondes suivants:

➤ **La nappe du Complexe Terminal**

La zone de production de cette nappe se situe entre 200 et 500 m, le débit moyen par forage varie entre 25 et 35 l/s. Le niveau hydrostatique de la nappe oscille entre 10 et 60 mètres selon les zones.

➤ **La nappe du Continental Intercalaire**

La nappe du Continental Intercalaire est captée à une profondeur moyenne de 1900 m, l'eau de cette nappe se distingue par sa température très élevée atteignant plus de 60 °C

➤ **Constat de l'exploitation des nappes :**

La nappe phréatique s'étale sur presque la quasi-totalité du territoire de la vallée, elle est exploitée par environ 10.000 puits traditionnels à une profondeur moyenne de 40 m. Le recours aux forages profonds pour l'irrigation a engendré un problème néfaste pour l'environnement dans certaines zones de la vallée, notamment la remontée des eaux dans le Souf. Cette situation a perturbé l'écosystème des oasis de la vallée considéré déjà assez fragile.

➤ **La qualité d'eau de la région d'étude :**

**Complexe Terminal :** les faciès chimiques dominants les eaux du complexe terminal et sulfate magnésien, les eaux de cette aquifère présentent un résidu sec variant entre 1,6 à 2,7 g/l

**Intercalaire complexe :** les eaux de cette aquifère présentent un résidu sec variant entre 1,8 à 2,1 g/l les faciès chimiques dominants est sulfate magnésium dans le sud de la vallée, alors que le nord, il est sulfate sodique, la qualité chimique (salinité) de complexe terminal et intercalaire et généralement complexe médiocre en raison d'une forte concentration des sels pour conséquent, les aquifères profonds de la CT et CI ne sont pas présentent aucun risque de pollution

**La nappe phréatique** : elle est caractérisée dans certaines zones séparées dans des teneurs relativement élevées en nitrates et en fluorure soit respectivement plus de 200 et 6mg/l, le contenu de qualité supérieure par rapport aux normes admises, qui sont de 50mg/l pour les nitrates (la commission européenne directive fixée une nouvelle norme et de 25mg/l) et de 2mg/l de fluorure, ce nitrate forte contenu peut être expliqué par l'utilisation d'engrais dans la zone agricole et plus de 60% de la surface de la vallée du Souf présente une teneur en fluorure comprise entre 3 et 4mg/l



**Fig.03:** Oasis de Souf (Encarta 2008)

### **I.2.1.3- Les facteurs climatiques**

Le climat de la région du Souf est de type saharien, désertique caractérisé par une période estivale chaude et un hiver doux. Les principales contraintes climatiques restent : la fréquence des vents violents tels que le sirocco et les vents de sable (**D.P.A.T, 2000**).

L'analyse des données climatiques enregistrées durant 10 ans, (1998 à 2007), donne les résultats suivants :

#### ➤ **Températures :**

La température représente un facteur limitant de toute première importance car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques des végétaux (**RAMADE, 2003**).

La température est de tous les facteurs climatiques le plus important, c'est celui dont il faut examiner en tout premier lieu l'action écologique sur les êtres vivants. La température va être naturellement un facteur écologique capital agissant sur la répartition géographique des espèces (**DREUX, 1974**). La température représente un facteur limitant de toute première

importance car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère (RAMADE, 2003). De fait de sa position continentale et de sa proximité de l'équateur, le Souf présenté de forts maxima de température, et de grand écarts thermiques. Située dans les dernières dunes de grand Erg Oriental, le Souf a des étés brûlants qui sont aussi durs que ceux qui s'observent dans le Sahara centrale (VOISIN, 2004). Les données sur les températures mensuelles moyennes, maximales et minimales obtenues à Souf en 2008 sont mentionnées dans le tableau I-01.

**Tableau I- 01 :** Températures maxima, minima et moyennes mensuelles de la région de Souf durant l'année 2011.

<i>Paramètres</i>	<i>Mois</i>											
	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>
<i>M en °C</i>	19.1	19.5	22.1	29.3	31.8	36.7	42.3	40.8	37.7	28.3	23.5	19.1
<i>m en °C</i>	4.8	5.7	9.6	15.3	18	22.8	27	26.1	24.5	15.5	10.1	5.5
<i>(M + m)/2</i>	11.95	12.6	15.85	22.3	24.9	29.75	34.65	33.45	31.1	21.9	28.55	12.3

Station Météorologique : El oued( Guemar), Assistance Aéronautique (DAUO)

**Tableau I-02 :** Températures maxima, minima et moyennes mensuelles de la région de Souf durant 2002-2011

Station Météorologique : El oued( Guemar), Assistance Aéronautique (DAUO)

<b>paramètres</b>	<b>Mois</b>											
	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>VI</b>	<b>VII</b>	<b>VIII</b>	<b>IX</b>	<b>X</b>	<b>XI</b>	<b>XII</b>
<b>M en °C</b>	17.47	19.97	24.21	27.59	33.32	38.46	42.03	41.07	35.23	30.2	23.5	18.19
<b>m en °C</b>	5.26	6.8	10.55	14.58	18.7	23.43	26.93	26.49	22.46	17.1	10.63	6.24
<b>(M + m)/2</b>	11.4	13.4	17.4	21.1	26.01	30.9	34.5	33.8	28.8	23.65	17.1	12.2

M : Moyenne mensuelle des températures maxima

m : Moyenne mensuelle des températures minima

(M + m) / 2 : Moyenne mensuelle des températures maxima et minima

La température est un paramètre important pour la détermination et la caractérisation d'un climat d'une région donnée. Les données climatiques enregistrées dans le tableau I-02 montrent :

- Une température moyenne annuelle de l'ordre 22.52 °C,
- Le mois le plus chaud est juillet avec 42.03 °C,
- Le mois le plus froid est janvier avec 5.26 °C
- Une période froide s'étalant de Novembre à Avril avec une moyenne de 15.43 °C. .
- Une période chaude s'étalant de Mai à Octobre avec une moyenne de 29.61 °C.

➤ **La pluviométrie**

La pluviométrie constitue une donnée fondamentale pour caractériser le climat d'une région. Notre région d'étude est caractérisée par des précipitations irrégulières dans le temps et dans l'espace. En effet, des précipitations annuelles moyennes (tableaux1) sont de 30.73 mm. La période pluviale de l'année est très courte (4mois) par contre la période sèche s'étale sur le reste de l'année (8mois).

**Tableau I-03:Précipitations de la région de Souf durant l'année 2011**

Mois	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>viii</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>	Total
<b>P (mm)</b>	<b>0.51</b>	<b>2.04</b>	<b>9.14</b>	<b>9.39</b>	<b>3.05</b>	<b>0</b>	<b>2.03</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4.57</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>30.73</b>

**P: Précipitations**

Station Météorologique : El oued( Guemar), Assistance Aéronautique (DAUO)

**TableauI-04 : Précipitations de la région de Souf durant l'année 2002-2011**

Mois	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>	Total
<b>P(mm)</b>	<b>18.48</b>	<b>2.43</b>	<b>6.39</b>	<b>8.4</b>	<b>2.06</b>	<b>1.245</b>	<b>1.17</b>	<b>3.59</b>	<b>8.26</b>	<b>5.9</b>	<b>31.67</b>	<b>8.3</b>	<b>97.895</b>

**P: Précipitations**

Station Météorologique : El oued( Guemar), Assistance Aéronautique (DAUO)



Le total des précipitations enregistrées en 2011 dans la région du Souf est de 30.73 mm, les mois les plus pluvieux sont avril et mars avec 9.39 mm et 9.14mm .L'année 2011 doit être considérée comme année sèches comme toutes les autres années (Tab.I-02).

➤ **Humidité relative de l'air :**

L'humidité maximale est enregistrée pendant le mois de janvier (57.7 %), par contre l'humidité minimale est notée pendant le mois de juillet (27.9 %) (Tab.I-05).

**Tableau I-05 : Humidité relative moyenne mensuelle du Souf durant l'année 2011**

Mois	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	TOTAL
HR (%)	57.7	48.6	50.4	37.9	36.5	31.9	27.9	28.4	36.9	54.9	56.7	62.2	530

HR % : Humidité relative en pourcentage

Station Météorologique : El oued( Guemar), Assistance Aéronautique (DAUO)

➤ **Le Vent :**

Le vent est un élément caractéristique du climat, il est caractérisé par sa direction, sa vitesse et sa fréquence (DUBIEF, 1964). Les vents sont fréquents et cycliques, leur direction dominante est variable suivant les saisons. Le vent du Nord-Ouest-Sud-Est (Dahraoui), sévit surtout au printemps. Le vent d'orientation Est-Nord (Bahri), se manifeste de fin août à mi-octobre, le plus fréquemment (NADJAH, 1971). La vitesse mensuelle du vent durant l'année 2011 dans la région d'étude est enregistrée dans le tableau I-06:

**Tableau I-06 :la vitesse de vent de la région de Souf durant l'année 2011**

Mois	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
V (Km/h)	4	9	11.5	11.3	11.2	9.9	10.9	6.7	7.4	5.4	6.1	2.8

V (Km/h) : Vitesses moyennes mensuelles du vent

Station Météorologique : El oued( Guemar), Assistance Aéronautique (DAUO)

En mai, les vents de la région d'étude atteignant une vitesse maximale de 11.5 km /h, et une vitesse minimale en février avec une valeur de 2.8 km/h (TabI-06).

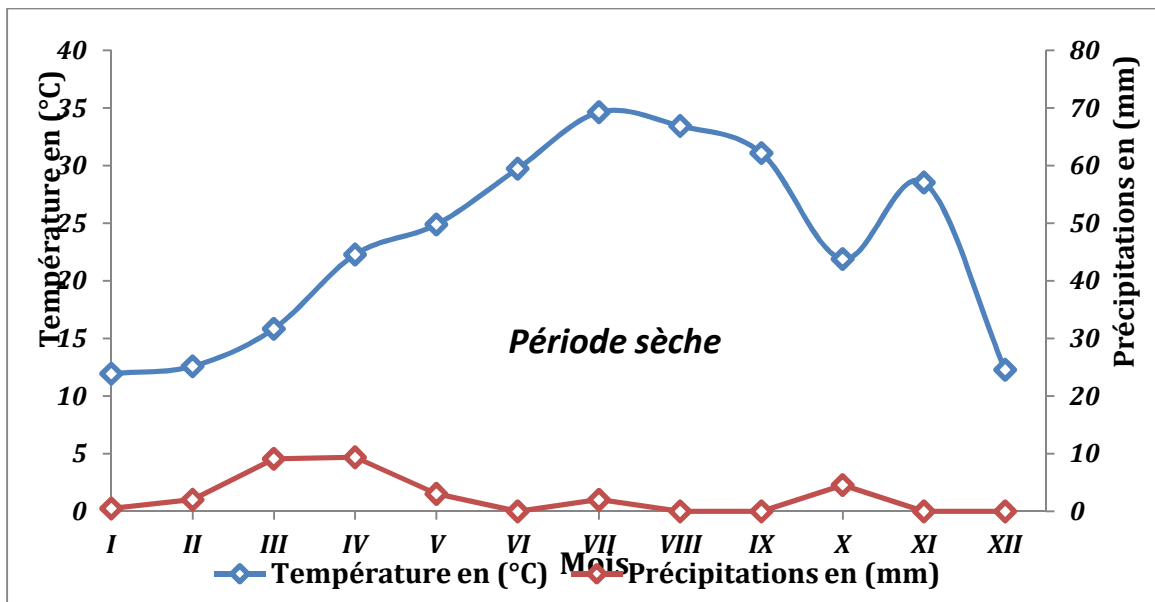
➤ **Synthèse climatique :**

Les températures et les précipitations constituent les deux paramètres fondamentaux qui caractérisent les milieux continentaux. Ces facteurs climatiques sont non seulement des éléments décisifs du milieu physique, mais ils ont aussi des répercussions profondes sur les êtres vivants (RAMADE, 1984). Les précipitations et la température sont les principaux facteurs régissant le développement des êtres vivants ;Il est intéressant de les utiliser pour construire d'une part le diagramme ombrothermique de Gausсен et d'autre part le climagramme d'Emberger.

❖ **.Diagramme ombrothermique de GAUSSEN :**

Le diagramme ombrothermique (Ombro = pluie, thermo = température) est construit en portant en abscisse les mois et en ordonnées les précipitations (P mm) sur un axe et les températures (T °C.) sur le seconde en prenant soin de doubler l'échelle par rapport à celle des précipitations ( $P = 2T$ ), on obtient en fait deux diagrammes superposées (FAURIE *et al.*, 1980). Les périodes d'aridité sont celles où la courbe thermique pluviométrique est au-dessous de la courbe thermique (RAMADE, 2003). Dans ce diagramme, un mois est sec quant le total mensuel des précipitations exprimé en (mm) est inférieur à deux fois la moyenne thermique mensuelle exprimée en degrés centigrades (°C.) soit :  $P \text{ mm} < 2T \text{ C}$ . L'aire comprise entre les deux courbes représente la période sèche.

Dans la région de Souf, la période sèche s'étale sur la totalité de l'année, avec une augmentation remarquable pendant l'été (Fig.04).



**Figure.04 :** Diagramme ombrothermique de Gaussen de la région de Souf pour l'année 2011

❖ **Climagramme pluviométrique d'Emberger :**

le climatogramme d'Emberger indique l'étage bioclimatique de la région étudiée.

En utilisant l'équation d'EMBERGER (1932).

$Q_2 = (2000 \times P) / (M^2 - m^2)$ . Qui a été simplifié par STEWART (1969) et devenant :

$Q_3 = (3,43 \times P) / (M - m)$ . Et qu'on a appliqué.

P : la précipitation moyenne des années en (mm);

M : la moyenne des maxima du mois le plus chaud en (°C.);

m : la moyenne des minima du mois le plus froid en (°C.);

$Q_3$  : le quotient pluviométrique.

$$Q_3 = 3,43 \times P / (M - m)$$

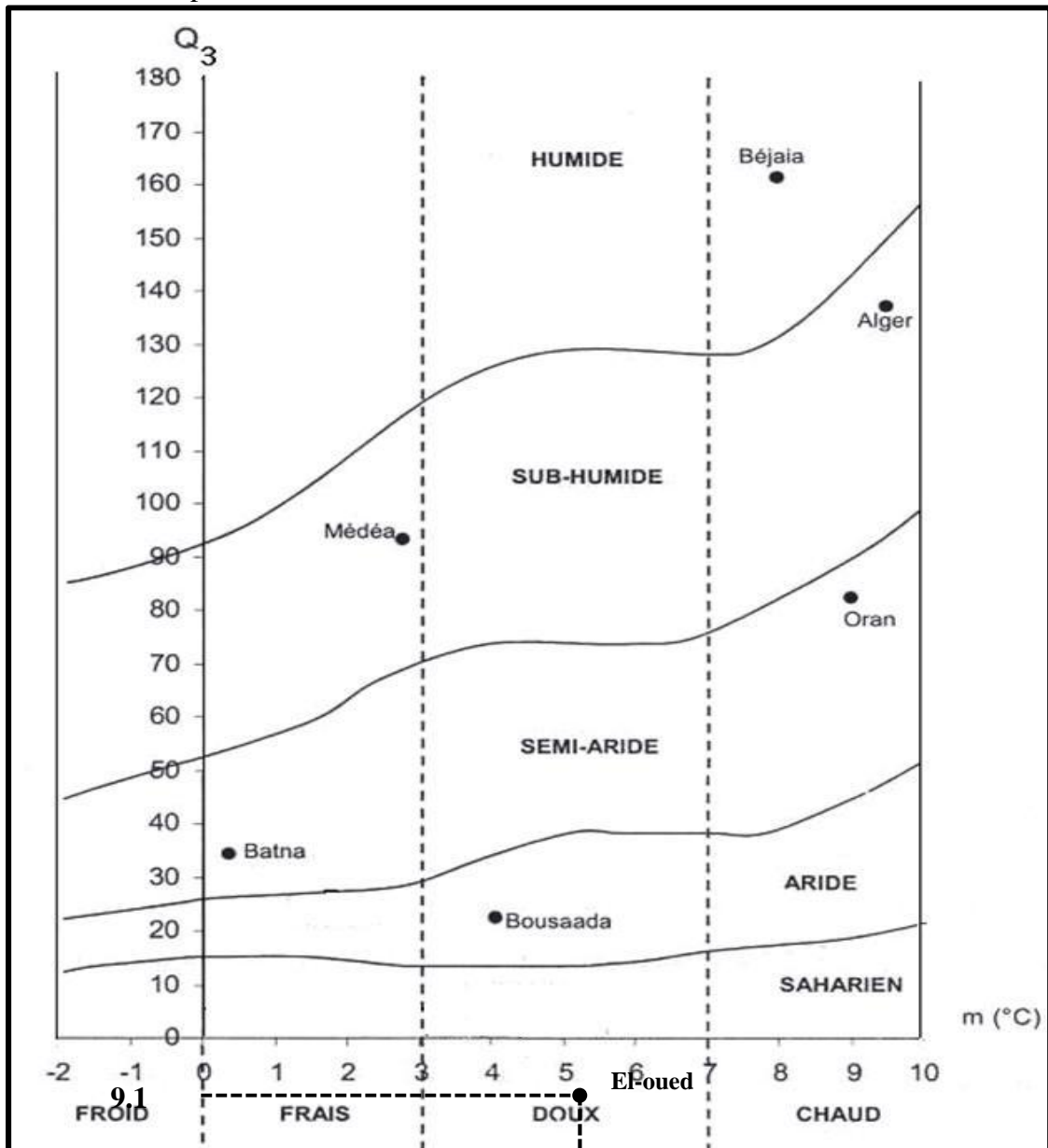
D'après les données climatiques de la région de Souf (1997-2007).

$M = 42.03^\circ\text{C}$      $m = 5.26^\circ\text{C}$      $p = 97.9 \text{ mm}$

Alors  $Q_3 = (3,43 \times 97.9) / (42.03 - 5.26) = 335.8 / 36.77 = 9.1$

En portant cette valeur sur le climagramme d'EMBERGER et la température du mois le plus froid, la région de Souf se situe dans l'étage bioclimatique saharien à hivers chaud (Fig. 3), caractérisé par :

- La faiblesse des précipitations ;
- Les fortes températures ;
- Une grande luminosité ;
- Une évaporation intense.



5.2

Fig.06 : Diagramme ombrothermique de Gaussen de la région de Souf durant l'année 2002-2011

## **I. 2.2-Facteurs biotiques de région de Souf :**

Dans ce qui va suivre des données bibliographiques sur la flore et la faune de région d'étude.

### **I.2.2.1 - Données bibliographiques sur la flore de la région du Souf**

Des arbustes rabougris et des touffres d'herbes espacées croissent au pied des dunes :le Souf régions Saharien. La flore spéciale est caractérisée par un certain nombre de traits déterminés qui sont :la rapidité d'évolution, l'adaptation au sol et au climat, le petit nombre des espèces , le caractère discontinu du matériel végétal (OZENDA ,1958).

Les principales plantes caractéristiques du Souf sont : le Drinn (Aristida pungens), L'Alenda (Ephedra alata),L'Arta (Callignum comosum), Le Retem (Retama retam), L'Adhide(Euphorbia guyoniana), le Genêt (Genista saharae), L'Ethel (Tamarix articulata), le Saxaoul (Anabasis ammodendron).(VOISIN,2004) .

## **CONCLUSION :**

Dans ce chapitre en fait la présentation générale de la zone d'étude de toute le cote (relief, les caractéristique de sol ,les facteurs climatiques, la pluviometrie,humidite.....etc) Et les facteurs biotique de la région d'étude

**CHAPITRE II :**

**REVUE**

**BIBLIOGRAPHIQUE**

**SUR L'IRRIGATION**

**SOUS PRESSION**

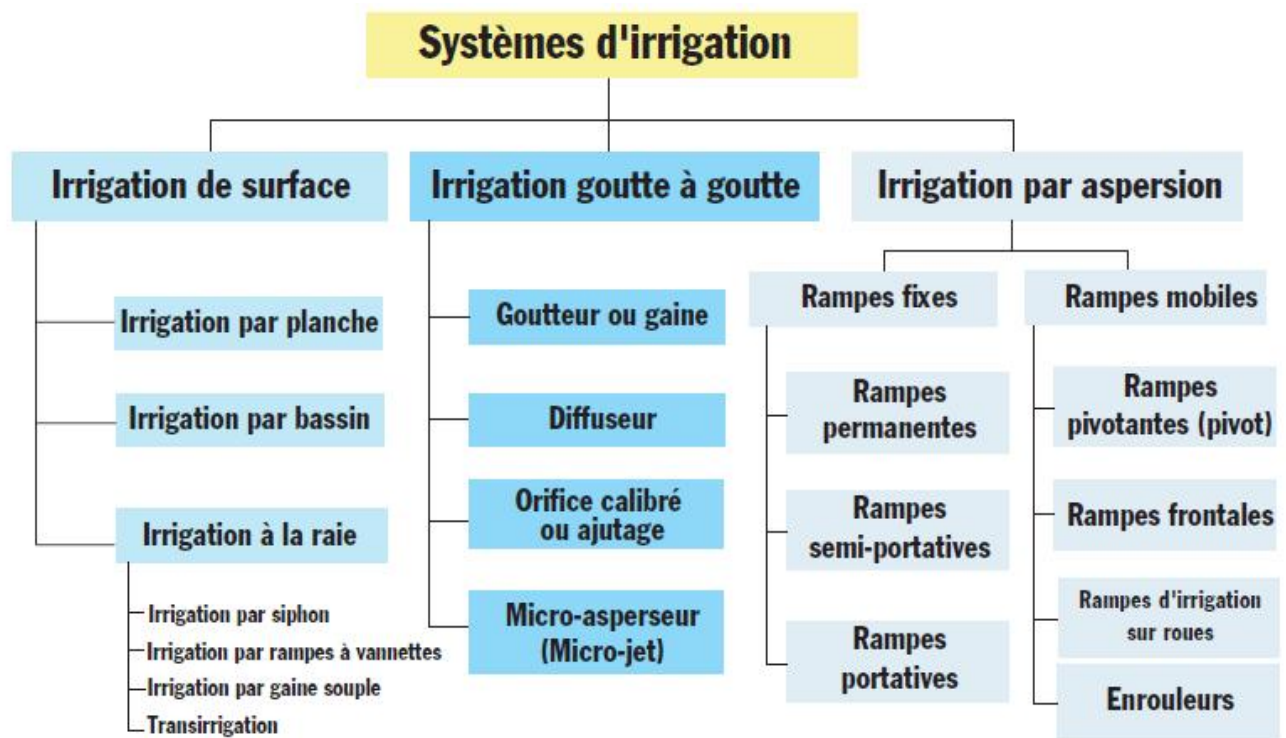
## Revue bibliographique sur l'irrigation sous pression

### Introduction

Le manque d'eau et l'accroissement constant des besoins en eau en agriculture, conjugués aux conflits d'usage avec les autres secteurs, tels que l'industrie et la consommation en eau potable, nous amènent à constamment réfléchir sur les économies d'eau et d'énergie. Ceci passera forcément par une gestion efficace de l'irrigation ainsi que par la maîtrise de l'utilisation et le choix des systèmes d'irrigation.

Au **l'Algérie**, l'agriculture consomme entre 80 et 90% des ressources en eau. Les données disponibles montrent que les performances des systèmes d'irrigations actuels sont restées faibles à très moyennes. Les pertes en eau à la parcelle sont de l'ordre de 30 à 40%, en particulier les pertes par percolation. Aussi, l'uniformité des irrigations reste faible, ce qui influe négativement sur la production. La maîtrise de l'utilisation de l'eau d'irrigation devient donc urgente et nécessaire.

les pertes en eau restent importantes. Il est donc nécessaire de réduire ces pertes, soit par une gestion rationnelle de l'utilisation de l'eau, soit par l'utilisation de techniques d'irrigation adéquates. Ceci est d'autant plus vrai, que la demande en eau d'irrigation sera plus importante dans les années à venir.



**Fig.18** :les systemes d'irrigation .

## **II.1.L'irrigation gravitaire :**

### **II.1.1.L'irrigation par planche**

Consiste à faire couler une mince couche d'eau sur un sol incliné de 0,2 à 3%. Le débit à déverser est fonction de la pente, de la largeur et de la longueur de la planche. Cette méthode est de loin la plus difficile car il faut ajuster le débit d'irrigation de chaque planche avec toutes les autres variables. Une des formules pratiques est celle de **Crevat** qui consiste à déterminer la longueur de la planche qui dépend de l'infiltration du sol, ce qui correspondrait au temps de ruissellement. Autrement dit, l'aiguadier ouvre la vanne et attend que l'eau arrive au bas de la planche, et à ce moment là il ferme la vanne d'arrivée.

**II.1.2.L'irrigation par bassin :** est la plus connue dans (Irrigation gravitaire). Sa pratique sur un sol nivelé (pente 0,1 à 1%) ainsi que la simplicité de l'opération, qui consiste à remplir le bassin, font que cette technique est fréquemment utilisée. Dans plusieurs régions du Maroc, la taille des bassins est de 40 à 50 m<sup>2</sup> et cette technique est connue sous le nom "Robta". Cette dernière occasionne une perte importante de superficie, due au nombre important de cloisonnements

**II.1.3.L'irrigation à la raie ou par rigole :** convient parfaitement aux sols présentant une pente comprise entre 0,2 et 3%. Les sillons sont séparés d'une distance variant entre 0,6 et 1,25 m, selon le type de sol et la culture. Suivant le débit dont on dispose, on peut irriguer un ou plusieurs sillons à la fois. Les raies peuvent être parallèles ou perpendiculaires à la rigole permanente d'amenée d'eau. D'une manière générale, l'irrigation est réalisée suivant un débit unique ou suivant une succession de deux débits différents, un premier débit important qui est appelé débit d'attaque et un deuxième débit plus faible qui est appelé débit d'entretien. L'irrigation à la raie se prête mieux à la mécanisation par siphon, par rampe à vannettes, par gaine souple ou par transirrigation

**II.1.3.1.L'irrigation par siphon :** s'adapte bien à l'irrigation des raies. Les siphons en PVC, d'épaisseur 1,5 mm et de diamètre variant entre 20 et 43 mm, sont relativement légers lorsque leur longueur est comprise entre 1 et 1,5 m. Une charge de 10 cm est suffisante pour travailler dans des conditions adéquates. Les débits varient entre 0,25 et 2 Vs, respectivement pour une charge de 5 et 20 cm. On peut par ailleurs réaliser une irrigation à deux débits, soit en utilisant des diamètres différents, soit en utilisant des bouchons percés à l'extrémité des tubes ou tout simplement en jouant sur le nombre des siphons. Dans ce type d'irrigation, ramorçage des siphons nécessite un entraînement et une certaine agilité pour mieux maîtriser l'irrigation. Il existe aussi de petites pompes à main pour effectuer cette tâche, mais ramorçage risque d'être plus lent.



Ce type d'irrigation est d'un intérêt certain car il permet d'éviter la construction d'une "séguia" d'amenée, et donc tous les travaux liés à la distribution. Il permet également de réduire l'érosion du sol à la tête de la raie. Par ailleurs, l'irrigation par siphon permet une bonne répartition de reau et présente un avantage du fait que l'investissement est faible.



Fig.19 :Irrigatio par siphon

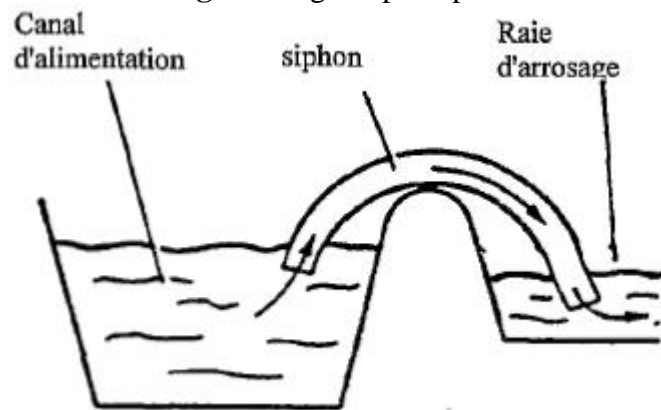


Fig.20 :Siphon

**II.1.3.2.Irrigation par rampe à vannettes** :ce type de matériel correspond mieux aux cultures irriguées à la raie et qui nécessitent peu d'interventions sur la parcelle. L'avantage réside dans la possibilité de réglage du débit par des vannettes coulissantes; qui offrent des positions d'ouverture de 25, 50, 75 et 100°/0.

Par rapport aux siphons, on évite l'opération d'amorçage qui est un travail lent et fatigant. L'autre avantage réside dans le fait que les débits obtenus sont plus précis et fiables.

Lorsqu'on remplace les vannettes par des cannes verticales qui alimentent des raies ou des planches; on obtient alors le système californien. Il est constitué d'une conduite enterrée sur laquelle on fixe des cannes dont on peut régler le débit ainsi que l'orientation du jet. La conduite enterrée, de diamètre variant de 160 à 300 mm, est relativement épaisse (3 à 5 mm).

Cette technique ne gêne pas les travaux agricoles. Par contre, une étude de dimensionnement est nécessaire. Lorsque l'irrigation de toute la parcelle se fait en même temps, toutes les sorties sont ouvertes, sinon les sorties non utilisées doivent être fermées d'une manière étanche

**II.1.3.3.Irrigation par gaine souple :**La gaine souple est posée dans une rigole préparée à l'avance pour éviter les déplacements de la gaine une fois remplie d'eau. La pose peut être effectuée à l'aide d'un engin ou d'un petit tracteur. Les perforations peuvent être effectuées sur un ou deux cotés. Elles peuvent être standards ou selon les espacements des cultures. La gaine peut être munie de manchettes souples de dérivation qui permettent d'irriguer au centre des raies, sans se soucier d'un emplacement précis des perforations

Ce type d'irrigation, ayant une charge de 0,4 à 1 m, convient pour un sol relativement plat. Les débits de dérivation sont de l'ordre de 2 Vs. Les gaines sont facilement installées sur le terrain et demandent un investissement modeste. Cependant elles présentent l'inconvénient d'être fragiles et le réglage des débits est peu précis.

Les gaines ne peuvent en aucun cas être utilisées pour élever reau et leur extrémité reste ouverte sous peine de destruction par une surpression. Les extrémités doivent donc être posées sur des objets d'une hauteur d'environ 1m.

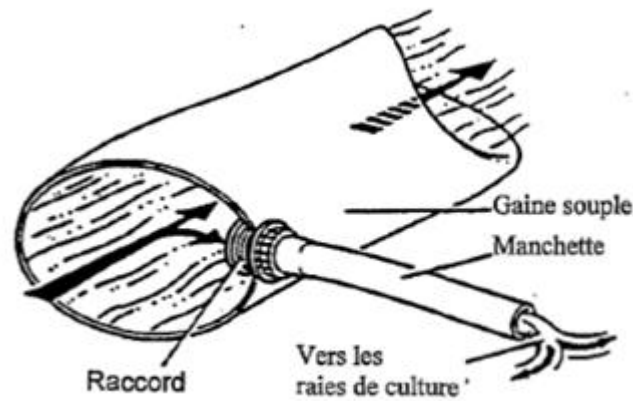


Fig.21 :Gaine



Fig.22 :Gaine souple avec manchette



Fig.23 :Gaine souple sans manchette

**II.1.3.4.Transirrigation :** La transirrigation de surface ou souterraine convient parfaitement à l'irrigation de la raie. La parcelle à irriguer par ce type d'irrigation est relativement grande et peut atteindre 6 ha.

Une conduite en PVC rigide de diamètre 250 mm et d'épaisseur 4,9 mm est installée suivant une inclinaison régulière variant entre 0,25 et 0,6 % sur laquelle sont percés des orifices bien alignés et formant un angle de 30° par rapport à la verticale. Le diamètre des orifices est fonction du débit. L'ensemble du système n'est pas sous pression mais la charge au niveau de chaque orifice est créée par le déplacement d'un piston placé à l'intérieur de la conduite.

**II.2. L'irrigation goutte à goutte :** Dans l'irrigation goutte à goutte, l'eau est livrée à la plante à faible dose entraînant ainsi l'humidification d'une fraction du sol Ceci permet de Limiter les pertes par évaporation et percolation. Elle permet aussi de réduire le développement des mauvaises herbes (Tableau 1). Elle met également en œuvre des équipements fixes et légers, et permet la fertigation. Dans la plupart des cas, elle exige une automatisation à travers des contrôleurs associés à des vannes volumétriques et/ou hydrauliques et des électrovannes.

**II.2.1.Equipements du système goutte à goutte :**l'installation est composée d'une source d'eau, d'une station de pompage, d'une unité de tête, des canalisations principales et secondaires, de porte rampes et rampes, et enfin de distributeurs

**Tableau.II.01 :** Avantages et Convenients de l'irrigation goutte à goutte

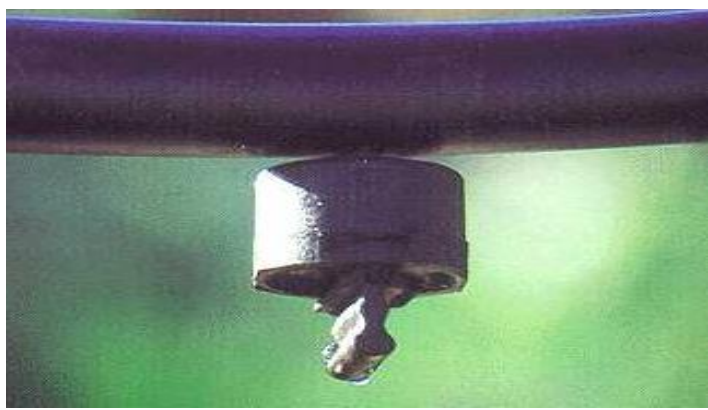
AVANTAGE	INCONVENIENT
Economie d'eau	Sensibilité à l'obstruction (sable .limon. matière organique.gelbacterien.précipitation d'engrais.....) Salinisation (prévoir des lessivages) Développement racinaire des cultures limites
Faible pressions pour les goutteurs	
Irrigation fréquente	
Le feuillage n'est pas lave	
Accès plus facile à la parcelle	
Possibilité d'automatisation	
Economie en main d'œuvre	
Irrigation des terrains accidentés	

L'unité de tête comporte les éléments nécessaires au conditionnement et à la sécurité de fonctionnement (Tableau 2).

**Tableau.02 ;**Composition l'unité de tête

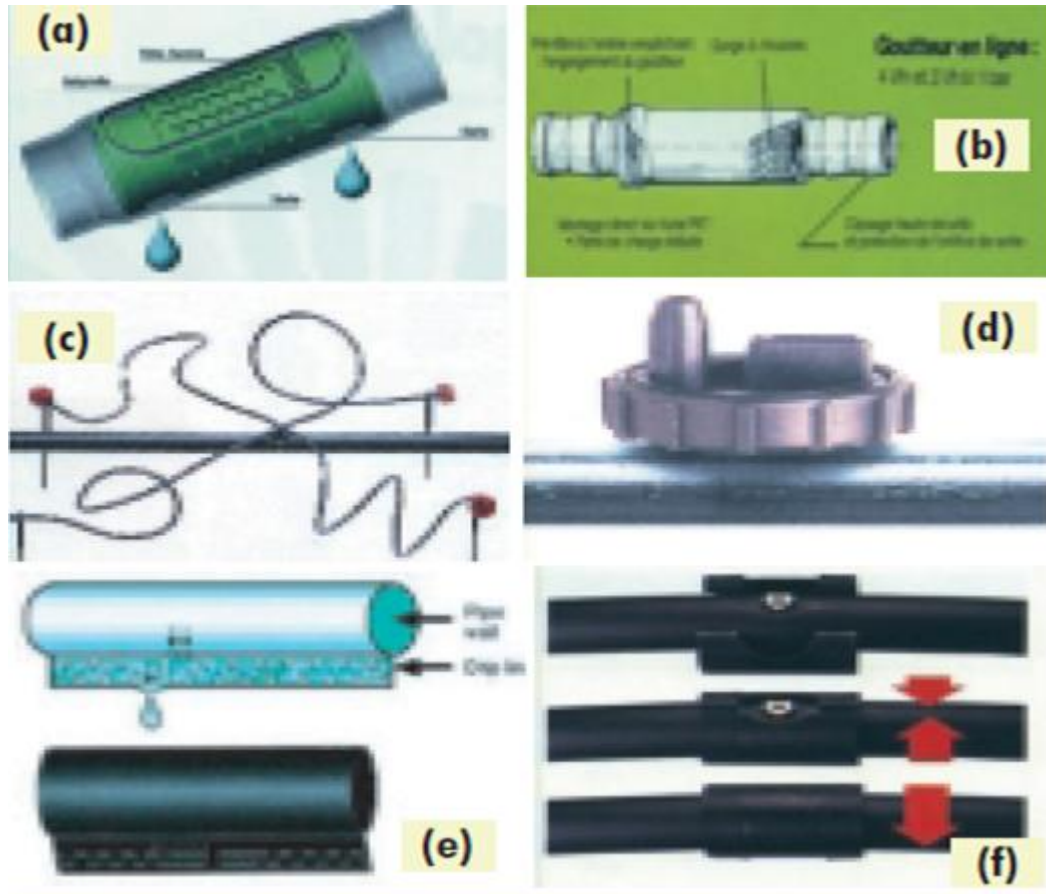
MATERIEL	OPERATION
Compteur	Comptage
Regulateur de pression	Contrôle de pression
Filtre	Filtration
Pompe doseuse dilueurs	Fertilisation
Programmatue	Programmation
Clapet anti retour	Prévention
Soupape de décharge	Réglage
ventouse	Décharge purge

**II.2.2.1. Les distributeurs :** Les distributeurs peuvent être classés selon leur débit de fonctionnement. On distingue alors les goutteurs, les diffuseurs et les micro-asperseurs (Tableau 3). Les goutteurs ont un faible débit (entre 1 et 16 Vh) et fonctionnent sous une pression relativement faible (environ 1 bar). Dans la pratique, on utilise souvent des goutteurs de 2 Vh pour les cultures maraîchères et de 4 Vh pour les cultures pérennes (arbres fruitiers et vignes). Selon le type de goutteur, le mode de fixation sur la rampe peut être soit en dérivation, en Ligne ou intégré. Actuellement, on tend de plus en plus vers le mode intégré vu son faible coût de fabrication ainsi que sa facilité d'installation sur le terrain. En effet, il suffit de dérouler la rampe lors que pour les autres modes, les goutteurs sont à installer un par un, suivant les espacements désirés. Dans la fixation en dérivée, on peut trouver des circuits courts ou des circuits longs



**Fig .II.24 :**Goutteur

Dans certains projets d'irrigation goutte à goutte pour des cultures pérennes, on peut volontairement employer une rampe de faible diamètre lorsque les plants sont petits pour ensuite rajouter une deuxième rampe lorsque les besoins en eau sont plus importants.



**Fig.25 :** a) Goutteur intégré b) Goutteur en ligne c et d) Goutteur en dérivation  
e) Gaine perforé f)ajutage

**II.2.2.2.Les rampes :**

La plupart des conduites en plastique utilisées en irrigation localisée sont fabriquées à partir de:

- Chlorure de polyvinyle, PVC
- Polyéthylène, PE (basse ou haute densité, BD ou HD)
- Polypropylène, PP

Les PE sont les plus utilisés pour les petits diamètres, alors que les PVC sont plus utilisés pour les gros diamètres, en raison de leur résistance à la pression. Le classement des conduites se fait suivant le coefficient normalisé de dimension, qui traduit la pression maximale de service ainsi que la classe de pression

**II.2.2.3.Filtration :**

L'irrigation goutte à goutte nécessite une filtration adéquate des impuretés contenues dans l'eau d'irrigation ainsi que celles qui peuvent se former en cours d'utilisation. Pour cela, il existe plusieurs types de filtres.



**Les filtres à sables :** sont remplis de couches de gravier calibré pour arrêter les particules solides et organiques. Ils sont généralement munis d'un montage de contre-lavage qui permet leur nettoyage, réalisé lorsque la perte de charge est comprise entre 5 et 10 m. Un filtre à sable est suffisant pour un débit allant de 10 à 15 m<sup>3</sup>/h. Pour les débits supérieurs, on utilise une batterie de filtres. Pour plus d'assurance, le filtre à sable est suivi d'un **filtre à tamis** ou d'un **filtre à disques**. Le séparateur centrifuge, ou l'hydrocyclone, est placé avant le filtre à sable, quand Veau est chargée de sable.

Assez souvent, on recommande de retenir les particules de granulométrie supérieure au 1/10 de la plus petite dimension de passage de l'eau dans les distributeurs. L'arrêt des particules plus petites ne fait qu'accélérer le colmatage des filtres. Une filtration de 150 microns (100 mesh) est souvent utilisée pour l'irrigation localisée ou par aspersion. Dans ce dernier cas, on pense aussi à l'usure des buses des asperseurs.



Fig .26:filtre a tamis



Fig .27:filtre a disques

**II.3. L'irrigation par aspersion :** est recommandée dans les cas suivants:

sols de faible profondeur, ne pouvant être correctement nivelés pour une irrigation de surface, tout en conservant une profondeur suffisante;

sols trop perméables, qui ne permettent pas une répartition uniforme de Veau dans le cadre d'une irrigation avec ruissellement en surface;

terrains à pente irrégulière avec micro-relief accidenté, ne permettant pas l'établissement d'une desserte gravitaire à surface libre.

Par contre, elle est à écarter dans les régions très régulièrement ventées (les vents supérieurs à 4 ou 5 m/s dégradent considérablement l'homogénéité de l'arrosage) et aussi lorsque l'irrigation se fait avec Veau salée sur des plantes au feuillage sensible au sel Une installation d'irrigation sous pression est généralement composée d'un équipement fournissant la pression nécessaire à son fonctionnement, d'appareils de mesure et de contrôle de débit, et d'une conduite principale amenant l'eau jusqu'aux

conduites secondaires et tertiaires. D'autres éléments peuvent être utilisés, notamment un filtre ou une batterie de filtres et un dispositif d'adjonction d'éléments fertilisants.

La considération des facteurs suivants est nécessaire à la conduite d'un projet de dimensionnement de tout système d'irrigation sous pression: a) la dimension et la forme de la surface à irriguer, sa topographie et le type du sol; b) les sources d'eau disponibles ou potentielles et leurs caractéristiques et c) Les conditions climatiques dans la région, l'accessibilité à la parcelle et la culture à irriguer.

**II.3.1.Aspersion traditionnelle** : les arroseurs utilisés en agriculture sont à rotation lente. Cette rotation est obtenue par le va-et-vient d'un bras de levier qui porte un seul aubage et qui oscille sous l'effet de l'impact d'un jet qui s'échappe d'une buse. Les petits arroseurs ont des buses de 4 à 7 mm de diamètre. La portée de leur jet est relativement faible, leur pression de service se situe entre 2,5 et 3,5 bars et les gouttelettes d'eau obtenues sont de petite taille. Les arroseurs moyens ont des buses de 8 à 14 mm de diamètre et nécessitent une pression de service d'au moins 4 bars. Les grands arroseurs ont des buses de 15 à 25 mm de diamètre et fonctionnent à des pressions d'au moins 4,5 bars. Ils ont une pluviométrie horaire élevée et conduisent à la formation de grosses gouttelettes. La taille des gouttelettes ne doit occasionner aucun dommage ni au sol, ni à la culture. Une augmentation de la pression s'accompagne normalement d'une réduction de la taille des gouttelettes. L'angle idéal d'inclinaison par rapport au plan horizontal est de  $32^\circ$  en conditions calmes. Les perturbations causées par le vent sont influencées par le montant sur lequel repose l'arroseur ainsi que l'angle de projection du jet d'eau. La plupart des arroseurs moyens à usage agricole ont des angles compris entre  $25^\circ$  et  $2^\circ$ , alors que ceux des grands arroseurs se situent entre  $23^\circ$  et  $24^\circ$ . Dans l'irrigation par aspersion, on rencontre les installations suivantes :

**II .3.1.1.Les installations mobiles portatives** : comprennent des canalisations principales ainsi que des rampes pouvant être déplacées à la main. De ce fait, les conduites formant l'ensemble du système doivent être légères, facilement accordables et détachables les unes des autres. Elles sont habituellement en aluminium léger ou en alliage d'aluminium et sont

présentées en segments, munies de raccords rapides et mesurant en général 6 m de longueur. Ces installations sont conseillées pour les régions à capital d'investissement faible mais disposant d'une main d'œuvre abondante.

**II .3.1.2.Les installations semi-mobiles portatives** : ont des canalisations principales qui sont fixes et enterrées à intervalles réguliers. En général, la station de pompage est permanente, elle est située de manière à réduire le trajet de l'eau. Les canalisations fixes sont généralement en acier ou en amiante-ciment et sont protégées contre la corrosion. D'autres variantes existent, en combinant les tuyaux flexibles.



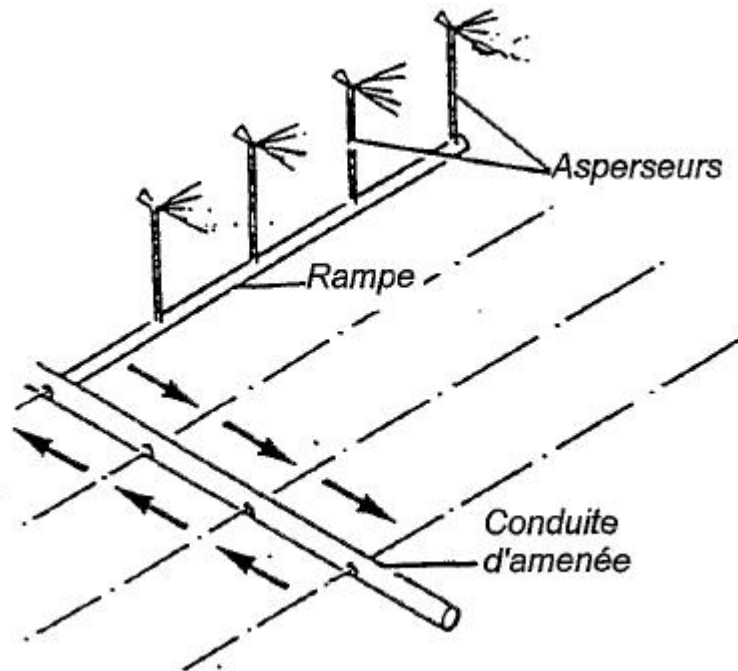


Fig 28.\_ :irrigation par déplacement d'une rampe mobile

**II.3.1.3.Les installations permanentes (ou couverture totale),** où les conduites principales et

les rampes sont enterrées, se rencontrent principalement dans les exploitations de vergers.

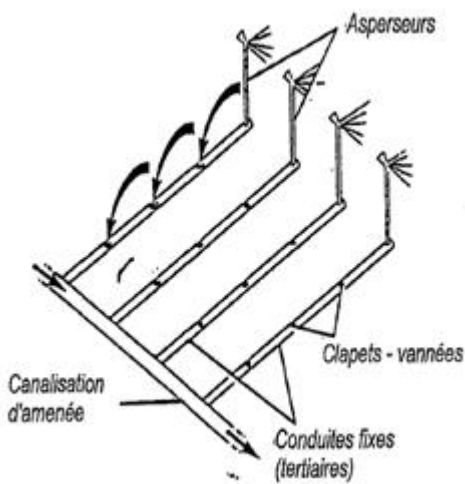


Fig .29 :couverture total

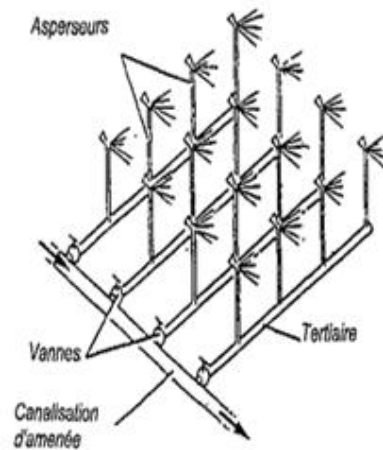


Fig .30:couverture integrale

**II.3.1.4.Les installations temporaires :** sont des systèmes mobiles ou semi-mobiles ayant la

particularité d'avoir assez de canalisations pour pouvoir être montés au moment de la plantation et laissés en place jusqu'à la dernière irrigation avant la récolte.

### II.3.2. Aspersion mécanisée

**II.3.2.1. Les systèmes de rampe pivotante et de rampe frontale :** sont des installations utilisées essentiellement dans les grandes exploitations. Elles possèdent un mécanisme d'entraînement programmable qui sert à déplacer les éléments. Le système de rampe pivotante est constitué d'une conduite avec arroseurs, supportée à l'une de ses extrémités par une tour à pivot central, une série de tours munies de roues et un moteur électrique (ou hydraulique). La conduite peut mesurer de 100 à 500 m, pouvant irriguer jusqu'à 75 ha. L'ensemble permet d'irriguer une surface circulaire, mais nécessite un capital d'investissement élevé. Les débits sont de l'ordre de 250 à 850 m<sup>3</sup>/h pour une pression de 6 bars.

**II.3.2.2. Le système de rampe frontale :** diffère de la rampe pivotante par le fait que toutes les tours sont mobiles et le déplacement se fait latéralement

L'alimentation en eau se fait soit par un fossé creusé au milieu ou au bord du champ, soit par un tuyau flexible. Il nécessite un investissement aussi important sinon supérieur à celui du système à rampe pivotante. La consommation énergétique de ces deux systèmes est élevée.

D'autres types de rampes peuvent très bien convenir à l'irrigation de cultures ayant une hauteur relativement faible, tels que les céréales; ce sont les rampes ou les ailes tournantes.

Les autres types d'installations sont l'aile traînée ou remorquée, bras tournant ou arroseur géant, et le canon automoteur (machine automotrice d'irrigation à tuyau flexible: enrouleurs).



**Fig.31:** rampe tournante



**Fig.32 :** rampe frontale

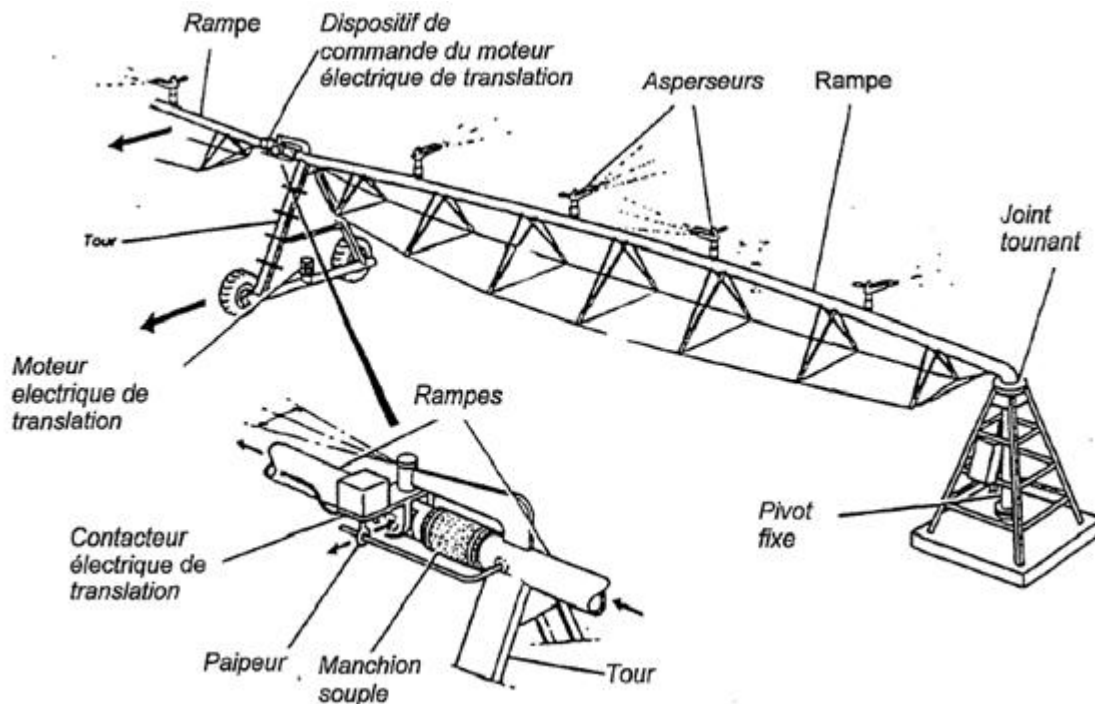


Fig .33 :pivot

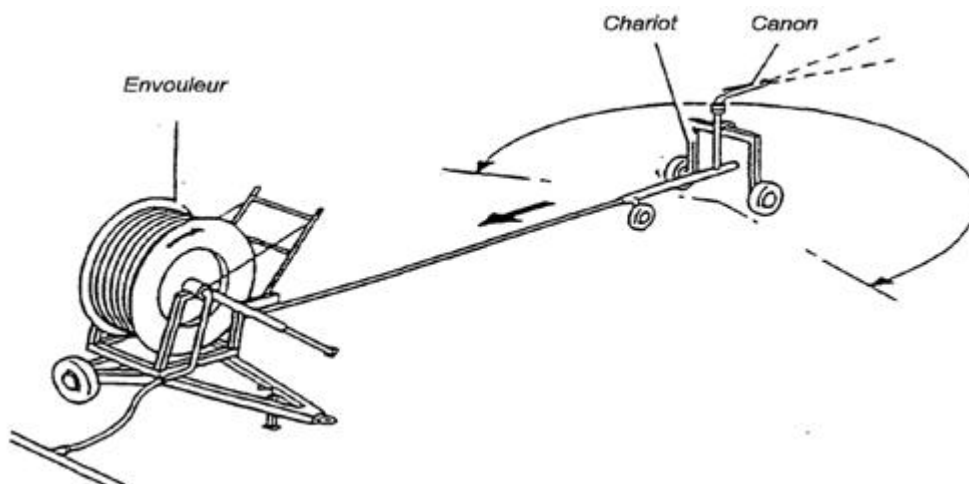
**II.3.2.3.L'enrouleur** : est constitué d'une bobine mue par un bande, sans intervention. Au cours de l'arrosage, la moteur hydraulique, sur laquelle s'enroule un tuyau vitesse d'enroulement est réglée automatiquement flexible en polyéthylène. L'enroulement du tuyau de façon à apporter la dose d'eau choisie. En fin de provoque le déplacement d'un canon d'arrosage monté parcour l'enroulement s'arrête automatiquement et sur un chariot à roues fixé à l'extrémité du tuyau l'ensemble est déplacé au moyen d'un tracteur pour (Fig. 14). L'enrouleur effectue ainsi un arrosage en arroser la bande suivante.

L'enrouleur est le dispositif le plus utilisé en France pour arroser les grandes cultures annuelles. Il présente l'avantage d'une grande souplesse d'utilisation, pouvant être aisément déplacé d'unseo le à l'autre. Il présente l'inconvénient du canon à savoir que la sensibilité au vent qui peut entraîner un arrosage très hétérogène. On peut y palier en remplit le canon par une rampe d'asperseurs montée sur roue. Le dispositif, beaucoup plus encombrant, perd alors de sa souplesse. Exigeant une pression de fonctionnement élevée (7 à 8 bars), l'enrouleur consomme beaucoup d'énergie.

**tableauII.03** :valeur moyennes des temps de travaux nécessaires en irrigation par aspersion

Type d'équipement	Temps de travaux(h/ha)		
	Installation enlèvement	à chaque irrigation	Pour 5irrigation/an
Rampe mobiles	0h30 à 1h15	2h	10h
Couverture totale	3à4h	0h50	4h10
Couverture integrale	6à7h30		
A commande manuelle		0h10	0h50
Automatique		Pm	Pm
Enrouleur	0h30à 1h15	0h45	3h45
pivot	P ,m		pm

Etude technico\_économique IGER-BCMA-France 1987



**Fig.34** :Enrouleur



**Fig.35** :Enrouleur branche sur reseau sous pression



**Fig.36** :Enrouleur enfin d'irrigation

#### **II.4. Choix de la technique d'irrigation convenable :**

Le choix de la technique la plus convenable repose sur l'analyse d'un ensemble de critères et contraintes à savoir:

- la topographie (pente de terrain, relief géométrie de la parcelle...etc.)
- la ressource en eau (quantité, qualité, débit et pression disponible).
- la nature des cultures.
- la nature du sol (perméabilité).
- les facteurs socioculturels.
- les facteurs économiques.
- la rentabilité de l'opération



**II.5. Mode d'arrosage:**

Le mode d'arrosage qui nous intéresse dans notre étude est l'irrigation localisée (micro-irrigation ou goutte à goutte.).

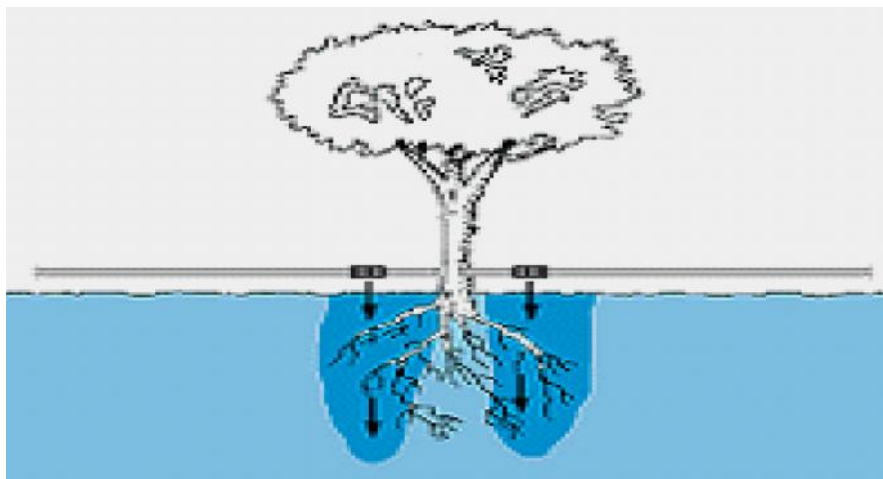
**II.5.1. Définition**

Sur le plan international différents termes sont utilisés pour designer cette technique d'irrigation:

-irrigation goutte à goutte : terme utilisé par Certains auteurs en références l'utilisation d'un type particulier de distributeur:le goutteur.

-irrigation localisée:terme choisi par l'organisation mondiale pour l'alimentation et l'agriculture (FAO, OAA, 1976) en raison des apports d'eau effectués au voisinage immédiat des plantes. C'est ce terme que nous utiliserons par la suite.

L'irrigation localisée couvre en principe l'ensemble des techniques qui entraînent l'humidification d'une partie seulement du sol,mais ce terme s'applique plus particulièrement à celle qui n'apportent qu'au pied des plantes,dans la zone racinaire ;leurs caractéristiques essentielles sont des apports à faibles débits et petites doses fréquentes(système goutte à goutte,Bas-Rhone,par mini diffuseurs)et faibles doses d'engrais localisées dans la zone racinaire des cultures,au moyen d'organes de distribution(ou distributeurs)tels que;goutteur,ajutages,tuyaux poreux .....etc. qu'ils soient placés au dessus ou en dessous de la surface du sol. Parmi leurs caractères est que l'installation à la parcelle est entièrement fixe; ce mode d'arrosage est bien adapté aux cultures pérennes cultivées en ligne, et en particulier tous les cultures fruitiers



**Fig .37 :Zone humidifié par le goutteur**

### **II.5.2. Avantages :**

- Economie d'eau : l'eau est apportée directement et exclusivement au niveau des racines donc l'humidité au voisinage des racines restent élevée.
- Réduction des adventices (mauvaises herbes).
- Economie d'énergie : faible pression pour les goutteurs.
- Control de la fertilisation : dosage régulier en engrais.
- Possibilité d'automatisation.
- Installation fixe sur le terrain, donc très faible besoin de main d'œuvre.
- Meilleure utilisation des sols difficiles : les sols très lourds sont difficiles à irriguer par aspersion ; et les sols très légers ne peuvent être irrigués avec les techniques d'irrigations de surface.
  - Exploitation plus facile : ne gêne en rien les autres opérations culturales "traitement, récolte".
- Protection sanitaire plus efficace sur les feuillages : les produits phytosanitaires ne sont pas lessivés par l'irrigation.
- La non sensibilité aux vents forts.

### **II.5.3. Inconvénients**

- Coût globalement élevé qui fait réserver cette technique aux cultures à forte valeur ajoutée.
- Exige un haut degré de compétence à tous les niveaux : étude préliminaire agro pédologique, conception de l'installation, conduite des arrosages par l'irrigation.
- Nécessite une maintenance rigoureuse, en raison des risques liés à une éventuelle interruption des arrosages.
- Nécessite la filtration de l'eau d'irrigation.
- Fonctionne avec du matériel délicat à durée de vie relativement faible.
- Le développement racinaire des cultures est limité : les racines se concentrent dans la zone humidifiée.
- Contrôle difficile des goutteurs.

### **Conclusion :**

En tenant compte des conditions climatiques de la région d'étude et de la nature du sol, de l'aptitude culturale et de volume d'eau disponible, on peut choisir la technique d'irrigation goutte à goutte, cette technique présente beaucoup d'avantages par rapport à la technique d'irrigation à la surface

**CHAPITRE III :**  
**ETUDE**  
**HYDROLOGIQUE**



## Etude Hydrologique

### Introduction :

L'hydrologie est une science qui étudie la phase du cycle de l'eau qui débute avec l'arrivée de celle-ci sur la surface de la terre. Elle englobe les précipitations, Les eaux souterraines, l'évaporation et l'évapotranspiration, les eaux souterraines. Des études hydrologiques sont indispensables pour toute mise en œuvre de projets hydroélectriques, de distribution d'eau, de protection contre les crues, d'assainissement, de drainage, d'irrigation, de barrage et de navigation fluviale.

Le présent chapitre a pour but de déterminer les caractéristiques des pluies de fréquence données, qui conditionnent l'étude de notre projet, l'étude porte sur : détermination de l'année de calcul, l'homogénéisation des séries pluviométriques et l'étude fréquentielle des séries pluviométriques par des lois statistiques.

### II.1. Analyse des données pluviométriques et choix du type de la loi d'ajustement :

En général, l'analyse des données disponibles est le premier pas à franchir dans l'étude d'un projet d'irrigation. Pour cela, une série pluviométrique comportant les précipitations maximales journalières pour la période la plus longue possible. Mais à cause du manque des données on travaille par analogie, alors on prend comme base de calcul la série pluviométrique de la station de Guemar wilaya d'El Oued, sur une période de fonctionnement de 1989 à 2010 qui a été fournie par l'A.N.R.H de Touggourt ; (tableau N°II-1). Les caractéristiques sont les suivantes :

STATION METEOROLOGIQUE : ELO Guemar, Assistance Aéronautique (DAUO)

CODE : 130414

X=06°46'57''

Y=33°30'47''

Z=62m

L'analyse statistique des données pluviométriques consiste à déterminer les caractéristiques empiriques d'un échantillon d'une série d'observation de précipitations mensuelles et maximales journalières de 22 années

**Tableau III.1** : Répartition des pluies moyennes mensuelles et annuelles.

Année	Précipitations (mm)												Maxj	Total
	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou		
89-90	0	0	5,2	1,2	22,3	0	0	20	19	0	0	0	22,3	67,7
90-91	0	4	10,6	5	0	0,2	4,9	0	0	10	3	0	10,6	37,7
91-92	0	0	2,5	25,1	7,7	0	7,8	7	0	0	0	0	25,1	50,1
92-93	0	0	6,6	7,6	0	6,7	0,9	0	0	0	0	0	7,6	21,8
93-94	0	0,4	13,3	2	3,8	0	9,5	2,2	0	0	0	0	13,3	31,2
94-95	19,8	16,4	2,8	1,5	0,7	0	14,4	0	0	0	0	0	19,8	55,6
95-96	13,7	16,5	3,7	4,5	27,5	5,6	9,6	2,8	0,6	0,2	0	0	27,5	84,7
96-97	5,7	0	0	0,7	0	2	0	8	0,2	0	0	0	8	16,6
97-98	17,5	10,1	0	10,8	0	0,8	2,9	5,8	0	2,8	0	0	17,5	41,7
98-99	6,4	0	0	0	19,8	0,4	0	0	0	0	0	0	19,8	26,6
99-00	1	1,3	16,3	6,4	0	0	3,2	0	13,2	0	0	0	16,3	41,4
00-01	0	20,7	0	0	0	0	0	0,3	0	0	0	0	20,7	21
01-02	2,5	2,4	1,6	5	0,1	0	0	0	7,2	0	0	1,5	7,2	20,3
02-03	0,1	6,4	2,5	0	12,5	5,5	8,9	0	0	0	0	1,4	12,5	37,3
03-04	3,9	3,8	1	0,6	11,6	0	0,6	5,4	0	1,2	0	8,5	11,6	36,6
04-05	0	15,7	18,5	10,9	0	0,2	0	0	0	0	0	0	18,5	45,3
05-06	9,1	3,3	16,5	1,9	9,9	0,6	0,8	4,7	0	0	0	2,5	16,5	49,3
06-07	5,4	10,6	0	1,9	0,1	0,5	0,1	3,7	1,2	0	0	1,6	10,6	25,1
07-08	0	0,8	0	3,6	7,6	2,3	0,2	0	0	0	0	0	7,6	14,5
08-09	14,4	26,8	0	0	27	1,1	12	0,8	0	1,5	0	0	27	83,6
09-10	5,3	0	0	0	6,7	0	0,2	0	0,3	0	5	0,2	6,7	17,7
10-11	0,51	2,04	9,14	9,39	3,05	0	2,03	0	0	4,57	0	0	9,39	30,73
P moy	4,79	6,42	5,01	4,46	7,29	1,17	3,54	2,76	1,90	0,92	0,36	0,72	7,29	39,34

Source :station météorologique : el oued (guemar), assistance aéronautique

D’après les résultats du tableau pendant la période 1989 – 2011, on a remarqué une irrégularité dans la répartition des précipitations et aussi une variabilité mensuelle et annuelle. Ces pluies sont nettement insuffisantes pour les mois de juin, juillet et août, elles sont moyennes au printemps et maximales en hiver.

**III.2. L’homogénéité de la série pluviométrique :**

L’homogénéisation des données est une analyse statistique de l’information aidant à une prise de décision conséquente. Pour vérifier l’homogénéité de la série pluviométrie on procède au test de **Wilcoxon**, la vérification de l’homogénéité d’une série pluviométrique par cette méthode repose sur le procédé ci-dessous :

- ❖ On divise la série complète en deux sous série : **x** et **y** tel que : **N<sub>1</sub>** et **N<sub>2</sub>** représentant respectivement les tailles de ces deux sous séries, considérant généralement **N<sub>1</sub> > N<sub>2</sub>**.
- ❖ On constitue par la suite, la série **x** union **y** après avoir classé la série de pluie d’origine par ordre croissant. À ce stade, on attribue à chaque valeur de la série pluviométrique classée, son rang, tout en précisant à quels sous série elle appartient.
- ❖ **M<sup>r</sup> Wilcoxon** a montré que la série est homogène avec une probabilité de 95%, si la relation ci-dessous est vérifiée avec :

$$W_{\min} < W_x < W_{\max} \tag{01}$$

$$W_x = \left| Rang \right|_x$$

$W_x$  : Somme des rangs de sous séries

$$W_{\min} = \left[ \left( \frac{(N_1 + N_2 + 1) x N_1 - 1}{2} \right) - 1,96 x \left( \frac{N_1 x N_2 (N_1 + N_2 + 1)}{12} \right) \right]^{1/2} \tag{02}$$

$$W_{\max} = \left[ (N_1 + N_2 + 1) x N_1 - W_{\min} \right] \tag{03}$$

Le tableau suivant détaille le procédé de test d’homogénéité pour la station de GUEMAR.

**Tableau III.2** : Test d'homogénéité de la station de GUEMAR

Rang	Série d'origine P (mm)	Série Y	Série X	TRI (mm)	Y U X
1	67,7	67,7	20,3	84,7	Y
2	37,7	37,7	37,3	83,6	X
3	50,1	50,1	36,6	67,7	Y
4	21,8	21,8	45,3	55,6	Y
5	31,2	31,2	49,3	50,1	Y
6	55,6	55,6	25,1	49,3	X
7	84,7	84,7	14,5	41,7	Y
8	16,6	16,6	83,6	45,3	X
9	41,7	41,7	17,7	41,4	Y
10	26,6	26,6	30,73	37,7	Y
11	41,4	41,4		37,3	X
12	21	21		36,6	X
13	20,3			31,2	Y
14	37,3			30,73	X
15	36,6			26,6	Y
16	45,3			25,1	X
17	49,3			21,8	Y
18	25,1			21	Y
19	14,5			20,3	X
20	83,6			17,7	X
21	17,7			16,6	Y
22	30,73			14,5	X

$$W_x = 130$$

$$W_{\min} = 84,76$$

$$W_{\max} = 145,24$$

$$84,76 < W_x < 145,24$$

La condition de **M<sup>r</sup> Wilcoxon** est vérifiée, donc la série des précipitations moyennes annuelle de la station de **GUEMAR** est homogène.

**III.3. Etude de l'échantillon :**

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 en Algérie sont les suivantes :

- Loi de Gauss ou loi Normale.
- Loi de Galton ou log- Normale.

**III.4.Choix du type de loi :**

Ces critères de choix sont liés à un ajustement graphique d'abord et ensuite à un teste d'adéquation. L'allure des points sur du papier à probabilité a permet de prime abord d'accepter ou de rejeter la loi (toute sinusite, mauvaise courbure ou cassure de pente est considérée comme un mauvais ajustement).

On essaie toujours d'ajuster une loi normale à un échantillon ou de se ramener à une loi normale par changement de variable.

Généralement la loi de probabilité ajustable à l'échantillon est d'autant plus près à la normalité que la variable concerne une longue échelle de temps et que le coefficient de variation à 0,5. (TOUAIBIA 2004).

**III.5. Ajustement de la série pluviométrique :**

On soumet la série pluviométrique annuelle de la station retenue aux ajustements à la loi Normale, la loi log-Normale.

**III.5.1. Ajustement a la loi normale (gauss) :**

L'ajustement des séries par la loi normale appelée souvent loi de Gauss s'adapte bien avec les pluies moyennes annuelles. En effet sa fonction de répartition est de la forme

$$F(u) = \frac{1}{\sqrt{2f}} \int_{-\infty}^{\tilde{}} \text{Exp}\left(\frac{-1}{2x\sim^2}\right) du \tag{04}$$

U est variable réduite de gauss. Elle est donnée par :

$$U = \frac{X - \bar{X}}{u} \tag{06}$$

La transformation  $X_{p\%} = \bar{X} + \delta * U_{p\%}$  est l'équation de la droite de Henry sur papier à probabilité gaussienne :

Avec :  $X_{P\%}$ : précipitation de probabilité P%.

$U_{p\%}$ : variable réduit de Gauss.

$\bar{X}$  : Moyenne arithmétique.

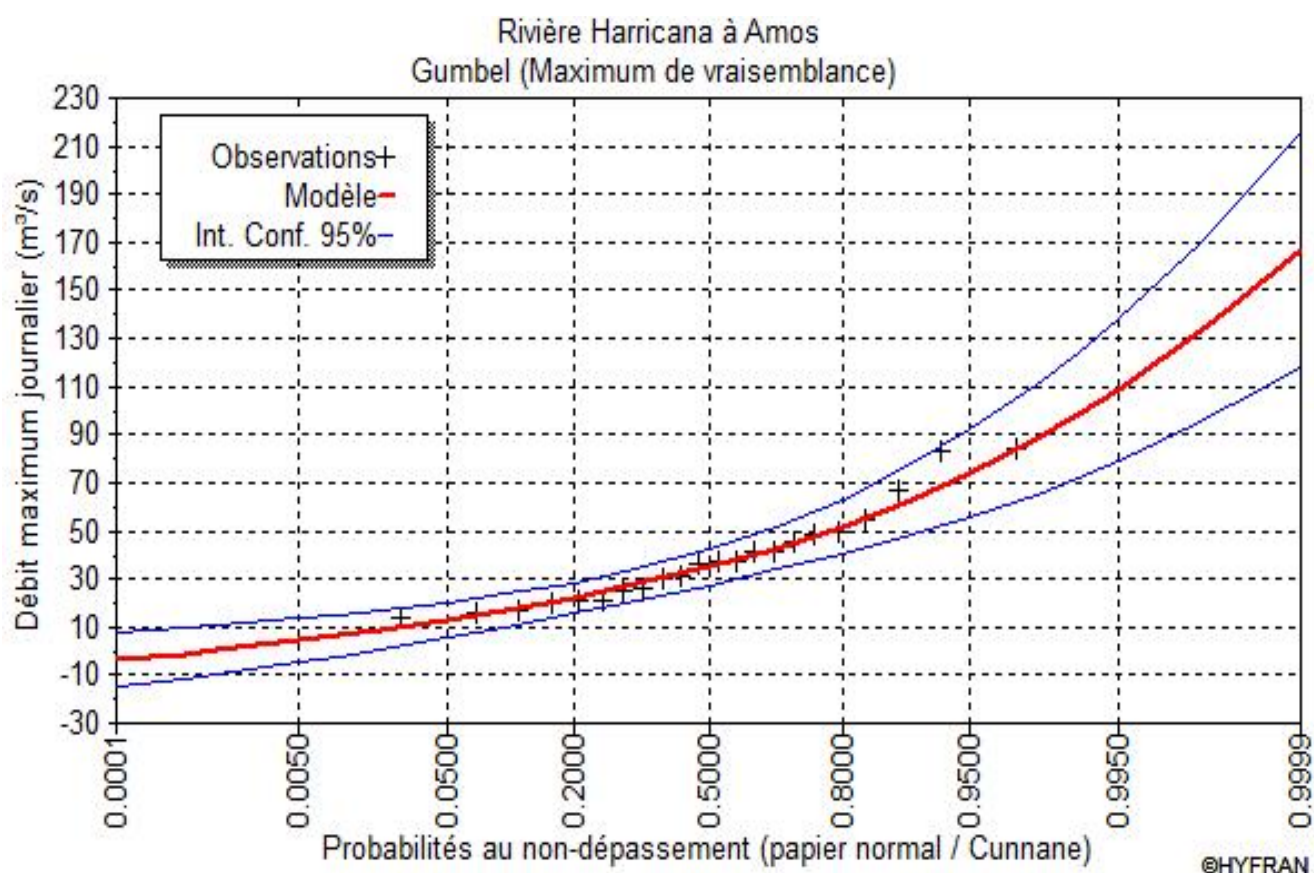
$\delta$  : Écart type.

Pour les calculs on a utilisé le logiciel **Hyfran**. Les résultats de l’ajustement de la série des pluies moyennes annuelles de la station de **GUEMAR** sont regroupés dans le **tableau III.3** et la figure **III.1** suivantes :

**Tableau III.3** : Ajustement a la loi normale.

mu	29.385214				
sigma	14,964818				
zone	EL-OUED				
Quantiles					
q = F(X) (probabilité au non-dépassement)					
T = 1/(1-q)					
N= 22					
T	q	XT	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)	
10000.0	0.9999	167	25.0	118	216
2000.0	0.9995	143	20.8	102	184
1000.0	0.9990	133	19.1	95.4	170
200.0	0.9950	109	15.0	79.2	138
100.0	0.9900	98.2	13.2	72.3	124
50.0	0.9800	87.8	11.5	65.2	110
20.0	0.9500	73.8	9.21	55.8	91.9
10.0	0.9000	63.1	7.50	48.4	77.8
5.0	0.8000	51.8	5.80	40.5	63.2
3.0	0.6667	42.9	4.59	33.9	51.9
2.0	0.5000	34.9	3.72	27.6	42.2
1.4286	0.3000	26.6	3.23	20.3	32.9
1.2500	0.2000	22.3	3.20	16.0	28.5
1.1111	0.1000	16.9	3.40	10.2	23.6
1.0526	0.0500	13.0	3.69	5.73	20.2
1.0204	0.0200	8.97	4.08	0.972	17.0
1.0101	0.0100	6.53	4.36	-2.01	15.1
1.0050	0.0050	4.43	4.61	-4.61	13.5
1.0010	0.0010	0.464	5.13	-9.59	10.5
1.0005	0.0005	-0.967	5.32	-11.4	9.47
1.0001	0.0001	-3.84	5.73	-15.1	7.39

Figure .38 : Ajustement a la loi normale



**III.5.2. Ajustement a la loi log-normale :**

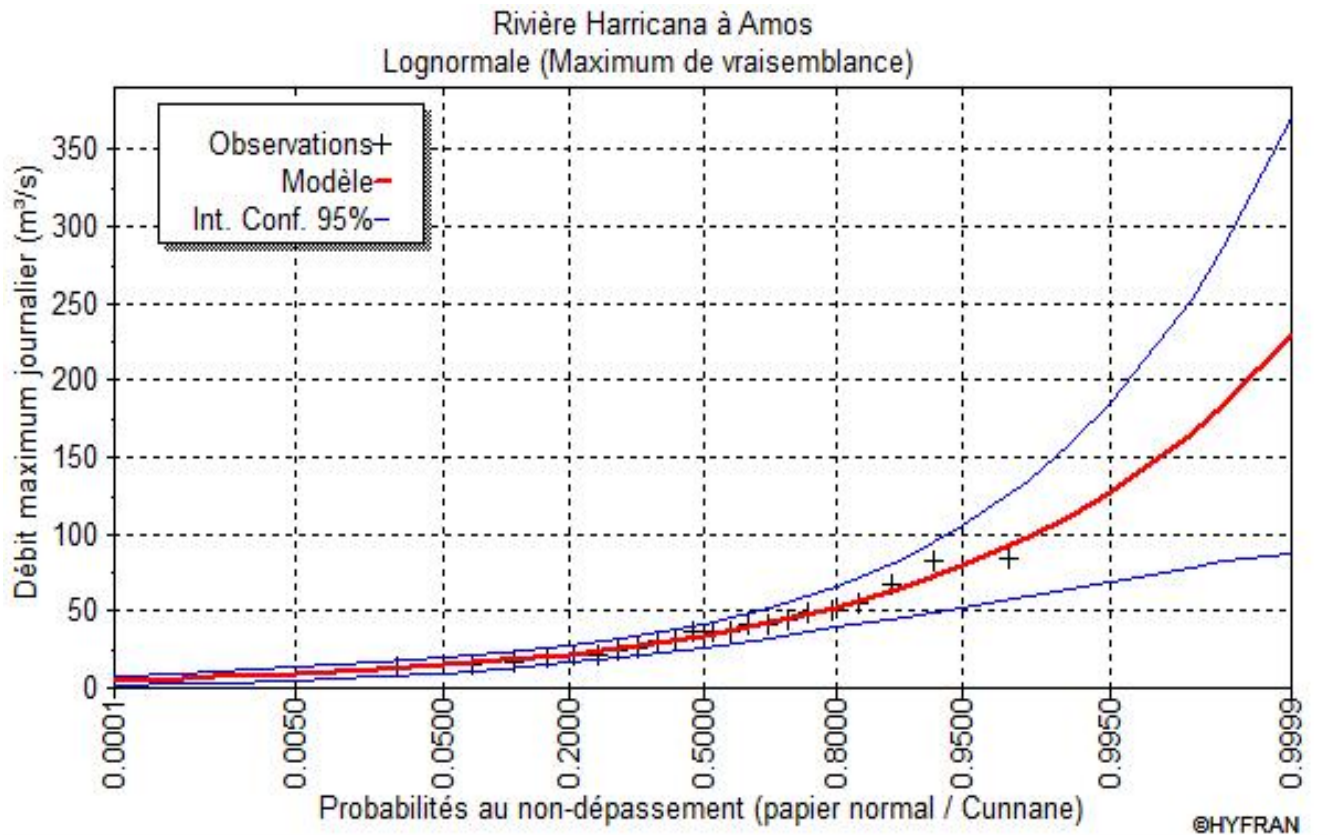
Les résultats de l’ajustement de la série des pluies moyennes annuelles de la station de AIN LELLOU sont regroupés dans le tableau **IV.4** et la figure **IV.2** suivante :

**Tableau III.4 :** Ajustement a la loi log-Normale

mu	3,52484				
sigma	0,513023				
zone	Harchoun				
Quantiles					
q = F(X) (probabilité au non-dépassement)					
T = 1/(1-q)					
N=30					
T	q	XT	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)	
10000.0	0.9999	229	71.9	87.9	370
2000.0	0.9995	184	51.9	81.9	285
1000.0	0.9990	166	44.4	78.7	253
200.0	0.9950	127	29.5	69.5	185
100.0	0.9900	112	24.0	65.0	159
50.0	0.9800	97.4	19.1	60.0	135
20.0	0.9500	79.0	13.4	52.6	105
10.0	0.9000	65.5	9.78	46.4	84.7
5.0	0.8000	52.3	6.69	39.2	65.4
3.0	0.6667	42.3	4.85	32.8	51.8
2.0	0.5000	33.9	3.71	26.7	41.2
1.4286	0.3000	25.9	3.04	20.0	31.9
1.2500	0.2000	22.0	2.82	16.5	27.6
1.1111	0.1000	17.6	2.62	12.4	22.7
1.0526	0.0500	14.6	2.48	9.73	19.5
1.0204	0.0200	11.8	2.32	7.29	16.4
1.0101	0.0100	10.3	2.20	5.97	14.6
1.0050	0.0050	9.05	2.10	4.95	13.2
1.0010	0.0010	6.95	1.86	3.30	10.6
1.0005	0.0005	6.28	1.77	2.80	9.75
1.0001	0.0001	5.04	1.58	1.94	8.14



**Figure.39** : Ajustement a la loi de log-normale.



**III.6. Test de validité d’un ajustement :**

La loi choisie pour ajuster la distribution statistique de l’échantillon, ne représente qu’approximativement l’échantillon étudié, l’erreur commise en adoptant une loi donnée est une erreur d’adéquation. 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 “<sup>2</sup>”.

**III.6.1. Test de validité de l’ajustement à la loi normale : Station GUEMAR**

Le test de validité de Khi carré pour l’ajustement à la loi Normale est fait par le logiciel **Hyfran**.

Test d’adéquation : Loi Normale

- Résultats      Khi carré = 1.45 = <sup>2</sup> calculée
- Probabilité p (<sup>2</sup> calculée) = 0,6928.
- Degrés de liberté : = 3.
- Nombre des classes : k =6

**III.6.2. Test de validité de l'ajustement à la loi log-Normale :**Station **GUEMAR**

Le test de validité de Khi carrée pour l'ajustement à la loi log-Normale est fait par le logiciel **Hyfran**.

Test d'adéquation : Loi log-Normale

Résultats

$$\text{Khi carré} = 1,45 = \chi^2_{\text{calculée}}$$

$$\text{Probabilité } p(\chi^2_{\text{calculée}}) = 0,6928.$$

$$\text{Degrés de liberté : } = 3$$

$$\text{Nombre des classes : } k=6.$$

Le test de Khi carré est les **Figure III.1 ; Figure III.2** montrent que la loi log-Normale présente une adéquation meilleure que la loi Normale.

**III.7. Détermination de l'année de calcul :**

Puisque la loi GALTON est la plus adéquate, alors nous la retenons pour l'estimation de la pluviométrie moyenne annuelle représentative de la région, et comme nous sommes dans une région semi aride et que la pratique montre que pour ce type de climat la probabilité de calcul doit être prise entre 75 % et 90 %.

La probabilité pour laquelle on assure l'irrigation est donnée souvent pour la fréquence 80%

**Tableau III.5 :** Précipitations mensuelles moyenne.

mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	JUI	JUIL	A	Année
P <sub>moy</sub>	4,79	6,42	5,01	4,46	7,29	1,17	3,54	2,76	1,90	0,92	0,36	0,72	39,34

D'après le Tableau **III.4** : Ajustement à la loi de log-Normale, on a trouve :

$$P_{20\%} = 22 \text{ mm}$$

$$P_{50\%} = 33,9 \text{ mm}$$

Donc le tableau de l'année de calcul est représenté dans le tableau **IV.6** suivant :

**Tableau III.6 :** précipitation moyenne mensuelle de l'année de calcul.

mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	JUI	JUIL	A	Total annuel
P <sub>moy</sub>	3,12	4,17	3,26	2,90	4,74	0,76	2,31	1,79	1,24	0,60	0,24	1,49	25,57

## CONCLUSION :

D'après l'analyse statistique des données hydrologiques le périmètre est caractérisé par une pluie moyenne annuelle est de **25,57 mm**, la pluie de 20% est de l'ordre de **22 mm**, la pluie de 50% est de l'ordre de **33,9 mm**.

D'après le (**Tableau III.6 : Précipitation moyenne mensuelle de l'année de calcul**), on déduit que l'année de calcul a:

- ❖ Une saison humide qui dure huit (5) mois (d'sept à Jan) où la pluviométrie atteint 90% des précipitations moyennes annuelles avec des maximums répartis entre Janvier et février.
- ❖ Une saison sèche de quatre (7) mois (Fev – Aout) avec des minimums en Juillet et Août.

**CHAPITRE IV :**  
**BILAN HYDRIQUE ET**  
**EVALUATION DES**  
**BESOINS DES**  
**CULTURES**

## Bilan Hydrique et évaluation des besoins des cultures

### Introduction :

Le présent chapitre, se propose de quantifier les besoins en eau des cultures sur la base des informations définies auparavant, conditionnant la conception de notre projet tels que les conditions climatiques, cultures envisageables, systèmes agronomiques, l'intensité culturale, potentialités des sols, disponibilité de l'eau, fertilité des sols, pratique culturale et méthodes d'irrigations.

Toutefois, en raison d'une répartition défavorable des pluies et des caractères des averses, le degré de satisfaction des plantes en saison sèche est très faible, il est évident que ce déficit en eau provoque des chutes considérables de rendement, d'où la nécessité de bien quantifier les besoins en eau des cultures envisagées dans le périmètre avant de passer à la conception du projet.

Notre périmètre est composée a Trois parcelle alimenter par Trois forages, leur caractéristiques sont représente sur le tableau suivant :

**Tableau IV.1 :** donner des périmètre

<b>CULTURE</b>	<b>PARCELLE 1 : OLIVIER</b>	<b>PARCELLE2 : OLIVIER</b>	<b>PARCELLE 3 : PALMIER DATTIER</b>
Espacement entre arbres	6m	6m	7m
Espacement entre rangs	6m	6m	7m
Surface de périmètre	40 ha	40 ha	50 ha
<b><u>Ressource en eau :</u></b> Forage1 de débit	50l/s	50l/s	50l/s

#### **IV-1 Besoin en eau du périmètre :**

Les besoins en eau des cultures, peuvent être définis comme la dose apportée à la plante dans des moments propices, afin de mettre celles-ci dans les meilleures conditions d'humidité requises, pour obtenir son rendement maximal.

La pièce de base pour la quantification des besoins en eau du périmètre est le calendrier des cultures, établi par des agronomes. Il présente les différentes cultures occupant le sol à chaque instant de l'année, on prend soin d'indiquer le taux de surface couvert par chaque culture sur la base des enquêtes menées par les brigades concernées. L'évaluation des besoins en eau du périmètre est basée sur la détermination des besoins de chaque culture retenue dans le calendrier agronomique.

Pour cela on définit :

#### **IV -1-1 L'évapotranspiration :**

L'évapotranspiration est un phénomène complexe intégrant à la fois, l'évaporation de l'eau du sol (phénomène physique) et la transpiration de la couverture végétale (phénomène physiologique). Donc on le considérant comme la totalité de la consommation d'eau d'une plante en place, à savoir, l'eau de constitution, l'eau de végétation et les consommations annexes (évapotranspiration directe du sol, herbes.....)

On distingue :

#### **IV -1-1-1 L'évapotranspiration de référence :(ET<sub>0</sub> ou ET<sub>P</sub>)**

Cette l'évapotranspiration d'une culture bien fournie en eau ou le sol est à sa capacité de rétention, autrement dit c'est la limite maximal de l'évapotranspiration.

On peut la définir comme étant le taux de l'évapotranspiration d'une surface du Gazon vert, ayant une hauteur uniforme de 8 à 15cm, poussant activement, ombrant complètement le sol et ne manquant pas d'eau.

#### **IV -1-1-2 L'évapotranspiration réelle :(ET<sub>R</sub>)**

C'est la valeur réelle de l'évapotranspiration le plus souvent, elle est inférieure à 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. Il est donné par suivant :

$$ETP_{CULTURE} = ET_0 * K_C \quad (07)$$

Avec :

$K_C$  : le coefficient cultural qui dépend du type de la culture et de son stade de développement, et des conditions climatique qui y règnent.

#### IV -2 Méthodes d'évaluation d'évapotranspiration de référence :(ET0 ou ETP)

L'évapotranspiration potentielle peut être évaluée selon plusieurs possibilités parmi les quelles :

- L'évapotranspiromètre (mesure directe)
- Les stations expérimentales
- Méthode de bilan hydrique
- Méthode de bilan thermique.
- Formules empiriques.

Il existe plusieurs formules empiriques parmi les quelle

- Formule de Blaney-Criddle
- Formule de Turc
- Formule d'Ivanov. (URSS)
- Formule de Penman

Permis ces formule on site les suivants :

##### a) Formule de Blaney-Criddle :

Elle a été établie et a donné des résultats satisfaisants pour les régions arides et semi-arides, s'exprime par la formule suivante :

$$ETP = (0,457T + 8,13) * K * P \quad (08)$$

Avec :

ETP : Evapotranspiration potentielle en (mm/jour)

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

K : Coefficient variant en fonction de la culture et de la zone climatique

T : Température moyenne mensuelle en (°c)

##### b) Formule de turc (France1960) :

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

$$ETP \approx 0,40 \hat{I}_g < 50 \hat{I} \frac{T}{T < 15} \quad (09)$$

Avec :

T : Température moyenne de la période considéré, en (°c)

I<sub>g</sub> : Radiation globale du mois considéré en (cal/cm<sup>2</sup>/jour), selon Turc, le coefficient 0.40 est réduit à 0.37 pour le mois de février.

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

$$ETP \approx 0,40 \hat{I}_g < 50 \hat{I} \frac{T}{T < 15} \hat{I} \quad 1 < \frac{50 > H_r}{70} \quad (10)$$

Avec

T : Température moyenne de la période considéré en (°c)

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

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

Tel que :

$$I_g \approx I_{gA} \hat{I} \quad 0,80 < 0,62 \hat{I} \frac{h}{H} \quad (11)$$

Avec :

I<sub>gA</sub> : Radiation maximale théorique

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

h : Durée d'insolation en (heure/mois)

En ce qui concerne notre projet, le calcul des besoins en eau des cultures est effectué à l'aide du logiciel appelé; **CROPWAT** version **4.3**, qui permet au passage, de l'évaporation à l'évapotranspiration de référence, selon la méthode empirique la plus appropriée de **Penman & Monteith** (ou penman modifiée).

### c) Méthode de Penman & Monteith

Cette méthode est limitée ou bien incomplète, du fait que cette dernière ne prenne pas en considération l'effet de quelques paramètres météorologiques.

Pour cela, nous adaptons la nouvelle formule de Penman & Monteith modifiée qui prenne en compte l'effet du paramètre vent, ainsi que les corrections supplémentaires qui tiennent compte des conditions météorologiques diurnes et nocturnes.



L'expérience a montré que l'expression obtenue, est valable pour les régions humides et aussi dans les régions très chaudes et semi-arides ; la formule de Penman & Monteith modifiée se présentant comme suit :

$$ET_0 = \frac{0.408 \Delta + u_w}{\Delta + u_w} \left( \frac{R_n - G}{\lambda} \right) \left( \frac{e_a - e_d}{e_s - e_d} \right)^{0.67} \quad (12)$$

Où

$ET_0$  : Représente l'évapotranspiration de référence, exprimées en mm/jour

$W$  : Facteur de pondération rendant compte de l'effet de rayonnement à différentes températures et altitudes.

$R_n$  : Rayonnement net en évaporation équivalente, exprimé en mm/Jour

$F(u)$  : Fonction liée au vent.

$e_a$  : Tension de vapeur saturante à la température moyenne de l'air, en millibar

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

La différence ( $e_a - e_d$ ) 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 de logiciel **CROPWAT 4.3** fondé sur la méthode de Penman & Monteith, modifiée et recommandée par la consultation des experts de la **FAO**, tenue à **Rome** en **Mai 1990**.

Pour l'exploitation du logiciel, nous devons fournir les informations mensuelles de la station météorologique et la méthode adoptée, emploie les informations homogènes ou fiable suivantes : (Chapitre1)

- **Température** : les températures moyennes sont données en Degré Celsius (°c).
- **Humidité de l'air** : l'humidité relative de l'air exprimée en pourcentage (%).
- **Insolation journalière** : donnée en heures d'insolation de (1 à 20 h).
- **Vitesse de vent** : la vitesse du vent peut être introduite en m/sec.

Dans le tableau n°VI-1 nous représentons l'évapotranspiration de référence  $ET_0$  calculée à l'aide du logiciel CROPWAT 4.3 selon la formule de Penman modifié (ou Penman & Monteith)

**Tableau IV.2: Evapotranspiration de référence de la zone de projet selon Pen-Mon**

Evapotranspiration de référence ET <sub>0</sub> de Penman et Monteith						
Pays		: ALGERIE		Station climatique : GUEMAR (EL OUED)		
Altitude		: 62 mètres		latitude : 33,30 S°		longitude : 6,46 E°
MOIS	temp Moy	humidité	Vent	Insolation	Radiation	ET <sub>0</sub> Penman
	C°	%	m/s	heures	MJ/m <sup>2</sup> .jour	mm/jour
Janvier	11,9	57,7	1,1	9,1	25	3,67
Février	12,6	48,6	2,6	9,3	23,7	4,10
Mars	15,9	50,4	3,3	9,4	21,1	4,3
Avril	22,3	37,9	3,2	9,6	17,4	5,11
Mai	24,9	36,5	3,1	9,7	14,1	4,79
Juin	29,8	31,9	2,8	9,9	12,6	4,88
Juillet	34,7	27,9	3,1	10,1	13,4	5,64
Août	33,5	28,4	1,9	10,3	16,5	5,15
Septembre	31,1	36,9	2,1	10	20,2	5,61
Octobre	21,9	54,9	1,5	9,6	23	4,58
Novembre	28,6	56,7	1,7	9,3	24,7	4,67
Décembre	12,3	62,2	0,8	9	25,1	3,66
<b>Totale</b>	23,3	44	2,3	8.1	19,7	4,88

**IV -3 Traitement des données pluviométriques :**

afin d'estimer le déficit des précipitations pour les besoins en eau d'irrigation, une analyse statistique sera faite pour déterminer la fraction des pluies qui contribuent effectivement à couvrir les besoins en eau d'une culture, nous donnons quelques définitions des précipitations

**IV -3-1 Précipitation moyenne mensuelle :**

Moyenne déterminée mathématiquement pour une série de relevé pluviométriques, la pluviométrie mensuelle moyenne

**IV -3-2 Précipitation de projet : (ou l'année de calcul)**

La quantité de précipitations sur la quelle on peut compter **quatre années sur cinq**, correspond à une **probabilité de 80%** et représente une année " **Normale** " **Sèche**, donc c'est la précipitation qui est utilisée dans le dimensionnement d'un réseau d'irrigation, appelé souvent **précipitation de projet**.

**Tableau IV.3: précipitation mensuelles de l'année de projet**

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	Jui	Jui.	A	Ann.
<b>P<sub>80%</sub></b> Mm/moi	<b>3,12</b>	<b>4,17</b>	<b>3,26</b>	<b>2,90</b>	<b>4,74</b>	<b>0,76</b>	<b>2,31</b>	<b>1,79</b>	<b>1,24</b>	<b>0,60</b>	<b>0,24</b>	<b>1,49</b>	<b>25,57</b>

#### IV -4 Calcul de la pluie efficace :

Pour tenir compte des pertes, le programme CROPWAT 4.3 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, par percolation en profondeur, etc.....

Il est difficile d'évaluer les pluies efficaces sans avoir recours à des mesures effectuées pendant de longues périodes, en différents endroits.

Par conséquent, en l'absence de telles données, nous utiliserons couramment des méthodes expérimentales, cas de la méthode pourcentage fixé. Dans notre cas on fixe le pourcentage à 80% (on considère que 20% de précipitations sont des pertes par ruissellement de surface, et par percolation en profondeur).

Les valeurs mensuelles de  $ET_0$ ,  $P_{80\%}$  et  $P_{eff}$  sont regroupées dans le tableau suivant :

**Tableau IV.4 : Précipitation efficaces dans la zone de projet**

Pays : ALGERIE Station climatique : Guemar (El Oued)			
Mois	ET <sub>0</sub> mm/mois	P <sub>80%</sub> mm/mois	Pluieff mm/mois
Janvier	110,1	4,74	3,8
Février	123	0,76	0,61
Mars	129	2,31	1,85
Avril	153,3	1,79	1,43
Mai	143,7	1,24	0,99
Juin	146,4	0,6	0,46
Juillet	169,3	0,24	0,19
Août	154,5	1,49	1,19
Septembre	168,2	3,12	2,5
Octobre	137,4	4,17	3,34
Novembre	140,1	3,26	2,61
Décembre	109,8	2,9	2,32
Totaux	1684	26,62	21,29

**IV.5.1 Estimation des doses et fréquences d'irrigation au niveau de la parcelle**

Les besoins théoriques mensuels sont déterminés par le bilan hydrique

$$B = ETP - (P_{eff} + RFU) \quad (13)$$

B : besoin en eau d'irrigation (mm)

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

RFU : réserve facilement utilisable

$$RFU = Y ( H_{cc} - H_{pf} ).D_a.Z$$

Y : degré de tarissement

D<sub>a</sub> : densité apparente

Z : profondeur d'enracinement mm

H<sub>cc</sub> : humidité à la capacité au champ

H<sub>pf</sub> : humidité au point de flétrissement

P<sub>eff</sub> : pluie efficace

Nous opterons pour la formule la plus utilisée qui  $P_{eff} = a * P_{net}$

a : étant un pourcentage de 80.

Pour notre travail on a utilisé le logiciel cropwat

Lorsque les besoins en eau des cultures tout au long de leur phase de croissance sont connus, il reste à estimer les quantités d'eau d'irrigation à fournir au niveau de la parcelle. Pour ce la, il est nécessaire d'en connaître les données pédologiques.

Celles-ci permettront de déterminer la capacité de stockage de l'eau dans le sol et déterminer la dose d'irrigation à appliquer selon une fréquence définie par l'agriculteur de façon à couvrir les besoins en eau des cultures.

**IV.5.2 Dose d'irrigation de l'olivier**

OLIVIER	ETO mm\mois	PEFF mm	KC	ETO*KC mm\mois	B=ETM- (PEFF) mm	EFF	BBRUT mm
sep	168,2	2,5	0,82	137,924	135,424	0,8	169,28
oct	137,4	3,34	0,94	129,156	125,816	0,8	157,27
Nov	140,1	2,61	0,8	112	109,39	0,8	136,737
Déc	109,8	2,32	0,9	98,82	96,5	0,8	120,625
Jan	110,1	3,8	0,82	90,282	86,48	0,8	108,103
Fév	123	0,61	0,76	93,48	92,87	0,8	116,0875
Mar	129	1,85	0,73	94,17	92,32	0,8	115,4
Avr	153,3	1,43	0,6	91,98	90,55	0,8	113,187
Mai	143,7	0,99	0,62	89,094	88,104	0,8	110,13
Juin	146,4	0,46	0,61	89,304	88,844	0,8	111,055
juil	169,3	0,19	0,7	118,51	118,32	0,8	147,9
Aout	154,5	1,19	0,9	139,05	137,86	0,8	172,325
<b>Total</b>					1262,25		1578,10

**TABLEAU IV.5:** dose d'irrigation de Palmier Dattier

PALMIER DATTIER	ETO mm\mois	PEFF mm	KC	ETO*KC mm\mois	B=ETM- (PEFF) mm	EFF	BBRUT mm
sep	168,2	2,5	0,81	136,242	133,742	0,8	167,177
oct	137,4	3,34	0,9	123,66	120,32	0,8	150,4
Nov	140,1	2,61	0,88	123,288	120,678	0,8	150,876
Déc	109,8	2,32	0,87	95,526	93,206	0,8	116,507
Jan	110,1	3,8	0,83	91,383	87,58	0,8	109,478
Fév	123	0,61	0,77	94,71	94,1	0,8	117,625
Mar	129	1,85	0,71	91,59	89,74	0,8	112,175
Avr	153,3	1,43	0,65	99,645	98,215	0,8	122,768
Mai	143,7	0,99	0,62	89,094	88,104	0,8	110,13
Juin	146,4	0,46	0,69	101,016	100,556	0,8	125,695
juil	169,3	0,19	0,85	143,905	143,715	0,8	179,643
Aout	154,5	1,19	0,9	139,05	137,86	0,8	172,325
<b>Total</b>					1307,82		1634,77

## V-6- Détermination des besoins en eau d'irrigation

### V-6-1. Définition

Le besoin en eau d'irrigation, B, est la quantité d'eau que l'on doit apporter à la culture pour être sûr qu'elle reçoit la totalité de son besoin en eau ou une fraction déterminée de celui-ci. Si l'irrigation est la seule ressource en eau, le besoin en eau d'irrigation sera au moins égal au besoins en eau de la culture et il est souvent plus important en raison des pertes à la parcelle (besoins de lessivage) percolation profonde, inégalité de répartition...etc).[5]

### V-6-2. Calcul des besoins en eau d'irrigation des cultures

Les besoins en eau des cultures sont calculés par la formule :

$$B = (ETR + D) - (Pe_{ff} + R_u)$$

Le calcul des besoins en eau d'irrigation se fait par le logiciel cropwat.

Les besoins journaliers en eau d'irrigation localisée sont calculés par la formule :

$$ETM_{loc} = K_r \cdot ETM$$

#### Avec :

$K_r$  : Coefficient de réduction, tel que :

$$K_r = C_s + 0,5 (1 - C_s), \text{ (Freeman et Garzoli)}$$

$C_s$  : Couverture du sol ; pour les Olivier  $C_s = 60\%$

$$K_r = 0,6 + 0,5 (1 - 0,6) = 0,8.$$

#### D'où :

$$ETM_{loc} = 0,8 \cdot 4,59 = 3,68 \text{ mm/j.}$$

- **Les besoins d'irrigation nets**

Le besoin d'irrigation,  $B_{net}$ , 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). [5]

$B_{net} 3,68 \text{ mm/j.}$

- **Les besoins d'irrigation bruts**

Le besoin d'irrigation brut,  $B_{rut}$  : est le volume (ou la hauteur) d'eau d'irrigation nécessaire en pratique (y compris les pertes et les besoins de lessivage mais à l'exclusion de la contribution des autres ressources). [5]

$$B_{rut} = B_{net} \cdot R_p + L \cdot R$$

$R_p$  : Rendement de l'irrigation à la parcelle.

$L_R$  : Besoins supplémentaires en eau pour le lessivage du sol.

$$R_p = \frac{E \cdot cu}{100}$$

**Avec :**

E : L'efficacité de l'arrosage, dépend de la texture du sol.

Cu : Coefficient d'uniformité (cu < 1).

En première approximation, certains auteurs proposent de fixer à 10% des besoins nets la quantité d'eau supplémentaire que nécessitent le lessivage et les pertes inévitables par percolation profonde, ce qui fait que l'équation donnant le besoin d'irrigation brut devient :

$$B_{rut} = 1,1 \cdot 1,11 \cdot B_{net}$$

**Donc :**

$$B_{rut} : 1,1 \cdot 1,11 \cdot 3,68 = 4,50 \text{ mm/j.}$$

• **Le pourcentage du sol humidifié**

Le pourcentage du sol humidifié est déterminé soit :

- Selon l'écartement entre les rampes et la texture du sol (voir l'annexe 3).
- En appliquant la formule suivante :

$$\frac{P}{100} = \frac{n \cdot S_{pd} \cdot Sh}{Sa \cdot Sr} \quad (14)$$

**Avec :**

P : Pourcentage du sol humidifié ;

n : Nombre de points de distribution par arbre ;

S<sub>pd</sub> : Distance entre deux points de distribution voisins du même arbre ;

Sh : Largeur de la bande humidifiée ;

Sr : Ecartement entre rangs d'arbres ;

Sa : Espacement des arbres sur les rangs. [5]

**D'où :**

En climat aride on prend : P = 32 %. (voir l'Annexe 03)

• **Doses d'arrosage**

- Dose d'arrosage nette

La dose d'arrosage maximale nette qui peut être apportée par arrosage s'exprime comme en irrigation par aspersion, mais en tenant compte du fait que seule une partie du volume de sol est humidifiée. [3]

$$D_{nette} = (H_{CC1} - H_{pf1}) \cdot Z \cdot Y \cdot \frac{P}{100} \quad (15)$$

**Avec :**

$D_{nette}$  : Quantité (hauteur d'eau maximale à apporter par arrosage (mm)).

$H_{CC}$  : Humidité à la capacité de rétention (mm/m) ;

$H_{pf}$  : Humidité au point de flétrissement (mm/m) ;

$Y$  : Degrés d'extraction de l'eau du sol (%) ;

$Z$  : Profondeur d'enracinement (m) ;

$P$  : pourcentage du sol humidifié.

Selon la texture du sol de notre parcelle

sableux  $H_{CC} = 8\%$  ;  $H_{pf} = 3\%$  (Voir l'annexe 01)

La valeur de  $Z$  dépend des cultures (voir l'annexe 05).

Donc pour les Olivier et le Palmier Dattier on prend  $Z = 1,2m$

$$Ru_1 = (H_{cc1} - H_{pp1}) Z_1$$

$$Ru_1 = \frac{(8-3)}{100} * 1200 = 60 \text{ mm}$$

$$RFU = Y * RU$$

$$RFU = 2/3 * 3 = 40 \text{ mm}$$

$$D_{nette} = (H_{CC} - H_{pb}) \cdot y \cdot Z \cdot \frac{P}{100}$$

$$D_{nette} = RFU * \frac{P}{100}$$

$$D'ou\ D_{nette} = 40 * \frac{32}{100} = 12,8 \text{ mm}$$

$$D_{nette} = 12,8 \text{ mm}$$

La valeur de  $Z$  dépend des cultures (voir l'annexe 05).

Donc pour les Olivier on prend  $Z = 1,2m$ .

La dose d'arrosage brute est calculée par la formule :

$$D_{brut} = \frac{D_{net}}{cu.E} = \frac{12,8}{0,9 \cdot 0,8} = 17,87 \text{ mm.} \quad (16)$$

- La durée d'arrosage :

$$d = \frac{D_{brut} \cdot Sd \cdot S1}{Qd} \quad (17)$$



**Avec :**

S<sub>d</sub> : L'espace des distributeurs sur la rampe ;

S<sub>1</sub> : L'écartement entre les rampes ;

Q<sub>d</sub> : Débit du distributeur en l/h.

$$d = \frac{17,87 \times 1 \times 6}{2 \times 4} = 14 \text{ h/j}$$

$$d = 14 \text{ heures.}$$

- La fréquence minimale des arrosages.

Elle représente l'espace maximal entre arrosage.

$$F_{\text{mini}} = \frac{D_{\text{nette}}}{ETM_{\text{loc}}} = \frac{12,8}{2,45} = 6 \quad (17)$$

F<sub>mini</sub> = 6 jours.

- L'irrigation journalière =  $\frac{14}{5} = 03$  heures.

- L'irrigation journalière = 03 heures.

**Tableau IV.6:** résultat de calcul

Cultures	Superficie en (ha)	Besoins en eau net (mm)	Besoins en eau net (m <sup>3</sup> /ha)	Efficienc	Besoins bruts totaux (m <sup>3</sup> /ha)	Besoins bruts totaux (m <sup>3</sup> )
<b>Olivier</b>	40	137,86	1378,6	0,80	1723,25	68930
<b>Olivier</b>	40	137,86	1378,6	0,80	1723,25	68930
<b>Palmier</b>	50	143,72	1437,2	0,80	1796,50	89825
<b>Dattier</b>						

**IV.7. Calcul des débits à transiter par le réseau collectif :**

**IV.7.1. Débits spécifiques :**

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 ou débit fictif continu représente le débit qui devra être véhiculé par le système d’irrigation pour satisfaire les besoins en eau des cultures durant le mois de pointe pendant un nombre fixe d’heures par jour et pour une surface d’un hectare. Ce débit est donné par la relation

suivante :

$$q = \frac{B}{T * t * k * 3,6} \quad (\text{l/s/ha}) \quad (18)$$

Avec :

B : besoins mensuels nets en eau des cultures (m<sup>3</sup>/ha) ;

T : durée de l’irrigation en jours (T = 31 jours) ;

t : durée de l’irrigation en heures par jour (t = 24h) ;

K : Coefficient correcteur du débit ≈ 0,75 (car l’irrigation ne se fait pas en 24h/24h).

**pour l’olivier:**

$$q = \frac{1378,6}{31.24.0.75.3,6} = 0,686 (\text{l/s/ha})$$

**pour Palmier Dattier:**

$$q = \frac{1437,2}{31.24.0.75.3,6} = 0,71 (\text{l/s/ha})$$

**IV.7.2. Débits caractéristiques :**

Le calcul des débits caractéristiques permet de définir le débit maximum que le système de dessert aura à fournir pour l’irrigation de chaque parcelle, déterminé en multipliant le débit spécifique de pointe par la surface agricole utile, voir formule (37) :

$$Q = q * S \quad (18)$$

Q : Débit caractéristique en (l/s).

q : Débit spécifique de pointe d’îlots (l/s/ha).

S : Surface de l’îlot (ha).

**Pour olivier :**

$$Q = 0,686 * 40 = 27,44 (\text{l/s})$$

**Pour Palmier Dattier :**

$$Q = 0,71 * 50 = 35 (\text{l/s})$$

**Conclusion**

L’étude faite au niveau de ce chapitre nous a permis de déterminer les besoins en eau d’irrigation pour la culture de notre parcelle et de connaître les modalités de son application (dose, durée d’arrosage...etc.).

**CHAPITRE V :**  
**DIMENSIONNEMENT**  
**DU RESEAU**  
**D'IRRIGATION ET**  
**DIFFERENTS**  
**OUVRAGES ANNEXES**

## Dimensionnement Du réseau D'irrigation et différents ouvrages Annexes

### Introduction

Dès l'antiquité, il fut observé que l'apport d'eau aux plantes à très faible dose et de manière répétée donnait des résultats spectaculaires. De nombreux documents attestent l'utilisation, par les anciens, de jarres poreuses en terre cuite, les cultivateurs remplissaient les jarres d'eau et celles-ci libéraient pendant plusieurs jours, par suintement, une très faible quantité d'eau, le goutte à goutte était inventé.

Si l'idée est ancienne, l'utilisation à l'échelle industrielle ne remonte qu'aux années 1960. En effet, le goutte à goutte implique un réseau dense de conduites de faible diamètre sur les quelles sont montés des dispositifs calibrés capables de réduire la pression : les goutteurs. En maraîchage, par exemple, on peut avoir jusqu'à 6000 mètres de rampes et 15000 goutteurs à l'hectare.

C'est le développement de l'industrie des plastiques, dans la période après-guerre, qu'a permis de livrer sur le marché les éléments du goutte à goutte à un prix très compétitif.

### V.2. Calcul de l'installation

#### > Pour olivier :

##### ➤ Nombre de postes

Le nombre de postes est calculé par :

Le nombre de postes est calculé par :

$$N(p) = \frac{T_{\max}}{T_F}$$

Avec :

$T_{\max}$  : temps maximum journalier de travail ;

$T_F$  : L'irrigation journalière.

Théoriquement on prend une durée de travail de 20h ce qui donne :

$$N(p) : = \frac{20}{3} = 8 \text{ blocks.}$$

**S:Surface correspondant à une rampe**

Elle est donnée par :

$Al$  = longueur moyenne de la rampe x espacement entre rampes.

➤ **Nombre de rampes par poste**

Il est calculé par :

$$N(r) = \frac{\text{surface du poste}}{Al}$$

Ou bien  $N(r) = \frac{L}{Sr}$

$L$  : longueur de parcelle ;

$Sr$  : espacement entre rampes.

On trouve les résultats suivants

**Tableau V-1 : Caractéristiques générales du réseau localisé**

Postes	Superficie (ha)	Rampes		Nbre de goutteurs	Nbre d'arbres
		Nbre	Longueur (m)		
Poste N°1,2,3,4,5,6,7,8	5	56	150	2800	1400
Total	40			22400	11200

**V.3. Le débit d'installation**

Le débit de l'installation est calculé par la formule suivante :

$$Q = \frac{S}{N} \cdot \frac{D_{brut}}{d} \cdot 10$$

**Avec :**

$Q$  = Débit de l'installation en  $m^3/h$  ;

$S$  = Surface totale à irriguer en ha ;

$N$  = Nombre de parcelles ;

$D_{brut}$  = Dose brute en mm ;

$d$  = Durée d'arrosage en heures.

Donc :

$$Q = \frac{50}{8} \cdot \frac{17,87}{14} \cdot 10 = 79,78 \text{ m}^3/h.$$

$$Q = 79780 \text{ l/h.}$$

## V.4. Calcul hydraulique du réseau

### V.4.1. Conditions hydrauliques

La variation maximale du débit entre goutteur :

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

La variation maximale de la pression.

$q = K \cdot H^x$  ;  $x = 0,5$  (caractéristique du goutteur).

$$\frac{\Delta q}{q(g)} = n \cdot \frac{\Delta H}{H(n)}$$

Avec :

$q$  (g) : débit nominal du goutteur ;

$H$  (n) : pression nominale.

$$0,1 = 0,5 \frac{\Delta H (\max)}{10}$$

$$H (\max) = \frac{1}{0,5} = 2 \text{ m.c.e.}$$

La répartition de la perte de charge est :

Perte de charge singulière :  $p.c.s = 10\% * H = 0.2 \text{ m}$

Perte de charge linéaire :  $p.c.l = H - p.c.s = 1.8 \text{ m}$

1/3 sur les porte- rampes  $P.d.c (pr) = 0,6 \text{ m c e}$  ;

2/3 sur les rampes  $P.d.c (r) = 1,2 \text{ m c e}$ .

### V.4.2. Calcul de la rampe

- **Débit de la rampe**

Le débit d'une rampe est donné par la relation :

$$Q_R = N_G \cdot Q_G$$

**Avec :**

$Q_R$  = Débit de la rampe en l / h ;

$N_G$  = Nombre de goutteurs par rampe ;

$Q_G$  = Débit d'un goutteur en l / h.

Le débit de la rampe varie donc selon le nombre de goutteurs sur la rampe, c'est à dire suivant le nombre d'arbres et la longueur de la rampe.

- **Le diamètre**

Le diamètre est calculé d'après la formule N°01

On propose que les rampes en PEBD

$$\varnothing_{\text{(cal)}} = \left[ \frac{\text{P.d.c (r)} \times 2,75}{0,478 \times Q(r)^{1,75} L(r)} \right]^{\frac{1}{4,75}} \quad (19)$$

Avec :

P.d.c (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.

- **La perte de charge**

La perte de charge est déterminée après le choix du diamètre par la formule N°20

$$J_r = \frac{0,478}{2,75} \cdot D r^{-4,75} \cdot Q^{1,75} \cdot L_r \quad (20)$$

Tel que :

J = Perte de charge en m ;

D = Diamètre en mm ;

Q = Le débit en l / h ;

L = Longueur en m.

### V.4.3. Calcul du porte-rampe

- **Débit du porte-rampe**

Le débit d'un porte- rampe est calculé par la relation

$$Q_{PR} = Q_R \cdot N_R.$$

Avec :

$Q_{PR}$  = Débit du porte rampe en l / h ;

$N_R$  = Nombre de rampes ;

$Q_R$  = Débit d'une rampe en l / h.

• **Le diamètre**

Le diamètre du porte rampe est calculé par la formule N°01

On propose que les porte-rampes en PEBD

$$\varnothing (\text{cal}) = \left[ \frac{\text{P.d.c (pr)} \times 2,75}{0,478 \times Q(\text{pr})^{1,75} L(\text{pr})} \right]^{\frac{1}{4,75}}$$

• **La perte de charge**

Elle est calculée après avoir déterminé le diamètre par la formule.

$$J = \frac{0,478}{2,75} \cdot D^{-4,75} \cdot Q^{1,75} \cdot L$$

- Les résultats de calcul des différents postes sont représentés dans le tableau VI-3.

**Tableau V-2 : Résultats de calcul théorique du réseau localisé**

N°Poste	Rampes						Porte- rampes					
	D <sub>cal</sub> (mm)	D nominal (mm)	L (m)	Q (l/h)	V (m/s)	J (m.c.e)	D <sub>cal</sub> (mm)	D nominal (mm)	L (mm)	Q (l/h)	V (m/s)	J (m.c.e)
Poste	13,46	16	150	200	0.28	0.529	79,43	75	334	11200	0,62	0,878

Pour le diamètre de la rampe, on choisit le 16mm en raison de commodité et disponibilité sur le marché.

**V.4.4. La conduite principale**

❖ **Le débit**

Le débit de la conduite principale est calculé par la formule

$$Q_{c,p} = N_G \cdot Q_G \quad (21)$$

N<sub>G</sub> : nombre de gouteurs totale

Q<sub>G</sub> = Débit d'un gouteur en l / h

❖ **La longueur :**

ona : L<sub>C,P</sub> = 450 m

❖ **Le diamètre :**

Le diamètre de la conduite principale est calculé D'après la formule de « Bonin »

On dimensionne la conduite pour irriguer quatre postes à la fois

Donc Le débit de la conduite principale est de :

$$Q_{c,p} = 4 \cdot 22400 = 89600 \text{ l/h} = 25 \text{ l/s}$$



❖ **Le diamètre :**

D'après la formule de « Bonin » le diamètre de la conduite principale est :

$$\varnothing = \sqrt{Q} \quad (22)$$

$Q$  ; débit en m<sup>3</sup>/s

$$\varnothing = \sqrt{2,49 \cdot 10^{-2}} = 158 \text{mm.}$$

On choisit un diamètre commercialisable de 160mm.

❖ **La perte de charge**

Elle est donnée par toujours la formule N°46

$$P.d.c = \frac{0,478}{2,75} \cdot 160^{-4,75} \cdot 89600^{1,75} \cdot 450 = 1,23 \text{m.c.e.}$$

Donc la perte de charge de la conduite principale  $P.d.c = 1,23 \text{m.c.e.}$

❖ **La vitesse :**

La vitesse pour tous les éléments du réseau est donnée par :

$$Q = V \cdot S \quad (23) \quad V = \frac{Q}{S} ; S = \frac{f \cdot d^2}{4} . \quad V = \frac{4 \cdot Q}{f \cdot d^2}$$

$$V = 1,24 \text{ m/s}$$

**V.4.5.La pression en tête de l'installation**

Elle est calculée à partir du point le plus défavorable (figure VI.1)

$$P = P_G + J(R) + J_{AB}(PR) + J_{tot} + P_{Fi} \quad (24)$$

**Avec :**

$P$  = Pression entête de l'installation en m ;

$P_G$  = Pression d'un goutteur = 1 bar ;

$J(R)$  = perte de charge dans la rampe en m ;

$J_{AB}(PR)$  = Perte de charge dans le porte- rampe ;

$P_{Fi}$ : la perte de charge dans le filtre ;

$J_{tot}$ = Perte de charge totale ;  $J_{tot} = (1.1 \div 1.15) \cdot J_{lin}$ .

$J_{lin}$  = Perte de charge linéaire en m ; tel que :  $J_{lin} = J_{BF}(CP) + J_{FE}$  (25)

Tel que :

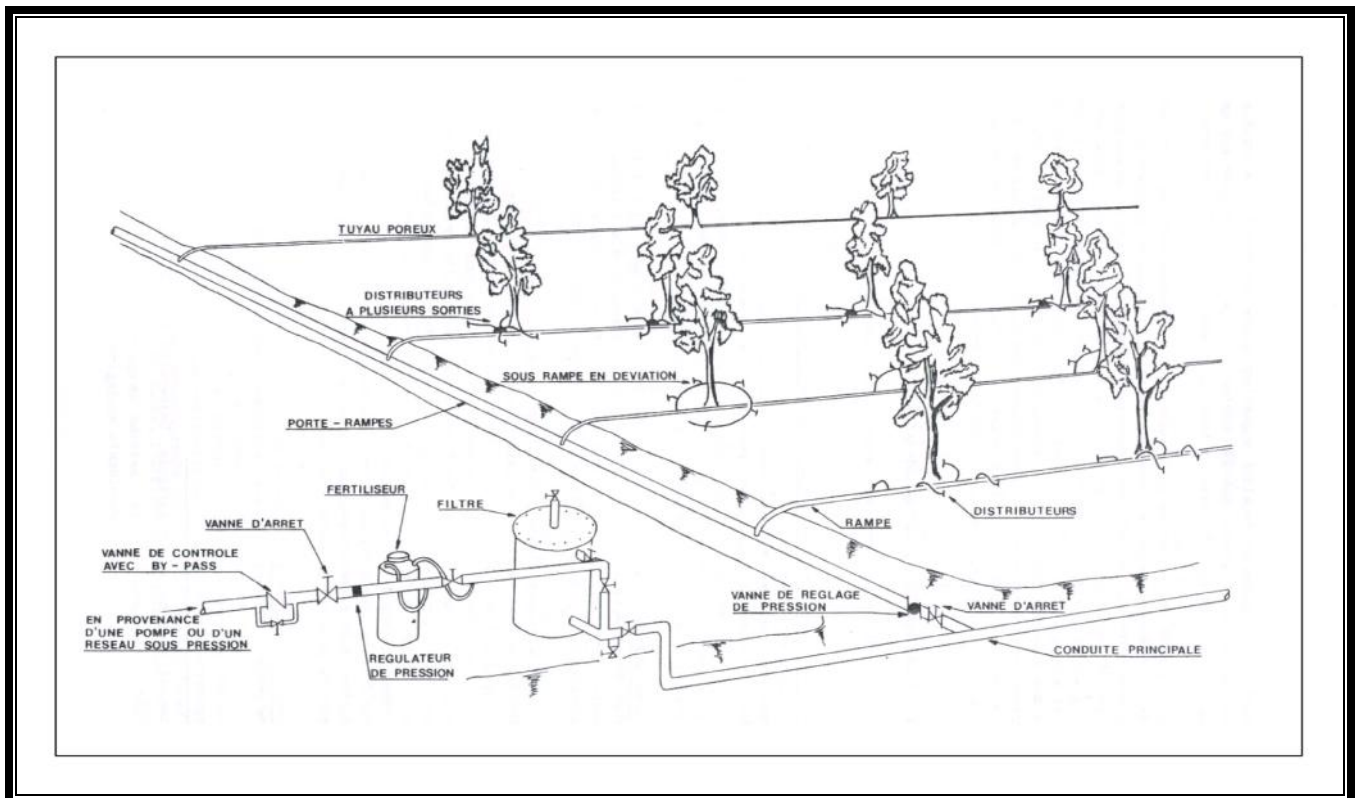
$J_{BF}(CP)$  = Perte de charge dans la conduite principale en m ;

$J_{FE}$  = Perte de charge dans la conduite reliant le Forage et la conduite principale en m ;

tel que :  $J_{FE} = \frac{0,478}{2,75} \cdot 160^{-4,75} \cdot 89600^{1,75} \cdot 5 = 0,014 \text{m.c.e}$

**Tableau V-3 :** les pressions aux extrémités du réseau

Les extrémités	J(R)	J(PR)	J tot	P
01	0,529	0,878	1,43	12,42
02	0,529	0,878	1,43	12,42
03	0,529	0,878	1,43	12,42
04	0,529	0,878	1,43	12,42



**Fig.40 :** Description du réseau d'irrigation localiser

› **Pour Palmier Dattier :**

➤ **Nombre de postes**

$$N(p) = \frac{T_{\max}}{T_F}$$

Avec :

$T_{\max}$  : temps maximum journalier de travail ;

$T_F$  : L'irrigation journalière.

Théoriquement on prend une durée de travail de 20h ce qui donne :

$$N(p) : = \frac{20}{3} = 8 \text{ blocks.}$$

**Tableau V-4 :** Caractéristiques générales du réseau localisé

Postes	Superficie (ha)	Rampes		Nbre de goutteurs	Nbre d'arbres
		Nbre	Longueur (m)		
Poste N°1,2,3,4,5,6,7,8	6,25	45	200	2570	1285
Total	50			20560	10280

**V.5. Le débit d'installation**

Le débit de l'installation est calculé par la formule suivante :

$$Q = \frac{S}{N} \cdot \frac{D_{brut}}{d} \cdot 10 \quad (26)$$

**Avec :**

Q = Débit de l'installation en m<sup>3</sup>/h ;

S = Surface totale à irriguer en ha ;

N = Nombre de parcelles ;

$D_{brut}$  = Dose brute en mm ;

d = Durée d'arrosage en heures.

Donc :

$$Q = \frac{50}{8} \cdot \frac{17,87}{14} \cdot 10 = 79,78 \text{ m}^3/\text{h.}$$

$$Q = 79780 \text{ l/h.}$$

## V.6. Calcul hydraulique du réseau

### V.6.1. Conditions hydrauliques

H (n) : pression nominale.

$$0,1 = 0,5 \frac{\Delta H (\max)}{10} \quad (27)$$

$$H (\max) = \frac{1}{0,5} = 2 \text{ m.c.e.}$$

La répartition de la perte de charge est :

Perte de charge singulière : p.c.s = 10%\* H = 0.2 m

Perte de charge linéaire : p.c.l = H- p.c.s = 1.8 m

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.6.2. Calcul de la rampe

- **Débit de la rampe**

Le débit d'une rampe est donné par la relation :

$$Q_R = N_G \cdot Q_G$$

- **Le diamètre**

Le diamètre est calculé d'après la formule N°01

On propose que les rampes en PEBD

- **La perte de charge**

La perte de charge est déterminée après le choix du diamètre par la formule N°20

### VI.6.3. Calcul du porte-rampe

- **Débit du porte-rampe**

Le débit d'un porte- rampe est calculé par la relation

$$Q_{PR} = Q_R \cdot N_R.$$

- **Le diamètre**

Le diamètre du porte rampe est calculé par la formule N°19

On propose que les porte-rampes en PEBD

• **La perte de charge**

Elle est calculée après avoir déterminé le diamètre par la formule N 20

- Les résultats de calcul des différents postes sont représentés dans le tableau VI-3.

**Tableau VI-5 : Résultats de calcul théorique du réseau localisé**

N°Poste	Rampes						Porte- rampes					
	D <sub>cal</sub> (mm)	D nominal (mm)	L (m)	Q (l/h)	V (m/s)	J (m.c.e)	D <sub>cal</sub> (mm)	D nominal (mm)	L (mm)	Q (l/h)	V (m/s)	J (m.c.e)
Poste	14,82	16	200	224	0.31	0.860	76,11	75	310	10080	0.756	0,678

**V.6.4. La conduite principale**

❖ **Le débit**

Le débit de la conduite principale est calculé par la formule

$$Q_{c,p} = N_G \cdot Q_G$$

❖ **La longueur :**

ona :  $L_{C,P} = 600$  m

❖ **Le Debit :**

Le diamètre de la conduite principale est calculé D'après la formule de « Bonin »

On dimensionne la conduite pour irriguer quatre postes à la fois

Donc Le débit de la conduite principale est de :

$$Q_{c,p} = 4 \cdot 20560 = 80640 \text{ l/h} = 22,4 \text{ l/s}$$

❖ **Le diamètre :**

D'après la formule de « Bonin » le diamètre de la conduite principale est :

$$\varnothing = \sqrt[3]{Q}$$

Q ; débit en m<sup>3</sup>/s

$$\varnothing = \sqrt[3]{2,24 \cdot 10^{-2}} = 150 \text{ mm.}$$

On choisit un diamètre commercialisable de 150mm.

**La perte de charge**

Elle est donnée par toujours la formule N°20

$$P.d.c = \frac{0,478}{2,75} \cdot 150^{-4,75} \cdot 80640^{1,75} \cdot 600 = 1,85m.c.e.$$

Donc la perte de charge de la conduite principale P.d.c = 1,85m.c.e.

❖ **La vitesse :**

La vitesse pour tous les éléments du réseau est donnée par :

$$Q = V \cdot S \qquad V = \frac{Q}{S}$$

$$S = \frac{f \cdot d^2}{4} \qquad V = \frac{4 \cdot Q}{f \cdot d^2}$$

$$V = 1,27 \text{ m/s}$$

**V.6.5.La pression en tête de l'installation**

Elle est calculée à partir du point le plus défavorable (figure VI.1)

$$P = P_G + J(R) + J_{AB}(PR) + J_{tot} + P_{Fi}$$

$J_{FE}$  = Perte de charge dans la conduite reliant le Forage et la conduite principale en m ;  
tel que :

$$J_{FE} = \frac{0,478}{2,75} \cdot 150^{-4,75} \cdot 80640^{1,75} \cdot 5 = 0,015 \text{ m.c.e}$$

**Tableau V-6 :** les pressions aux extrémités du réseau

Les extrémités	J(R)	J(PR)	J tot	P
01	0,860	0,678	2,10	13,59
02	0,860	0,678	2,10	13,59
03	0,860	0,678	2,10	13,59
04	0,860	0,678	2,10	13,59

## V.7.Choix de la pompe

Le choix de la pompe se fait selon les deux caractéristiques suivantes.

- Débit de la pompe.
- Hauteur d'élévation.

### V.7.1. Débit de la pompe

$$Q = 90 \text{ m}^3/\text{h}.$$

### V.7.2. Hauteur d'élévation

$$\text{HMT} = V_{\text{eau -sol}} + H_P + H_{P-D} \quad (28)$$

Avec :

$H_{P-D}$  : perte de charge dans la conduite reliant la pompe et la conduite d'amené

$$H_{P-D} = \frac{0,478}{2,75} \cdot 200^{-4,75} \cdot 90000^{1,75} \cdot 2 = 0,002 \text{ m.c.e}$$

$$\text{HMT} = 14 \text{ m}.$$

D'après le logiciel CAPRARY des pompes ; on trouve en fonction de (Q, HMT), une pompe de type (MEC-A1/125) (Annexe N 02)



**Fig.V.41** : Pompe mono bloc

### **V.8. Capacité du bassin d'irrigation**

Le bassin d'irrigation pour l'olivier a une capacité de  $296 \text{ m}^3$  et de dimension de  $9*8*4$

L'irrigation journalière théorique est de 3heures, donc l'agriculteur aura besoin d'un volume de :

$$V = 98,8. 3 = 296 \text{ m}^3$$

Le bassin d'irrigation pour l'olivier a une capacité de  $380\text{m}^3$  et de dimension de  $10,5*9*4$

L'irrigation journalière théorique est de 3heures, donc l'agriculteur aura besoin d'un volume de :

$$V = 127. 3 =380 \text{ m}^3$$

### **Conclusion**

Dans ce chapitre on a fait la description sur les caractéristiques générales du réseau, et puis on a déterminé les débits, les diamètres et les pertes de charge qui nous assurent L'écoulement dans ces conduites à des diamètres normalisés



# CHAPITRE VI :

# EVALUATION DU

# COUT DU PROJET

## Evaluation du cout du projet

### Introduction :

Les devis proposés à l'irrigant sont actuellement très fluctuants pour une même parcelle ; ceci est dû :

- ☞ A l'importance de l'installation de tête : filtration selon la nature des eaux et matériel de fertilisation ;
- ☞ Au coût du matériel selon les entreprises ;
- ☞ Aux services fournis par l'entreprise.

Certains devis ne comportent que la fourniture et parfois des fouilles, la pose, le montage du réseau et parfois des différentes pièces des goutteurs étant à la charge de l'exploitant.

D'autre part, prévoient non seulement une part de l'installation, mais aussi une certaine assistance de maintenance du réseau.

L'objectif de ce chapitre est donc l'évaluation du coût estimatif de notre projet.

### VI-2-Devis du réseau d'irrigation au goutte à goutte :

#### VI-2-1-Dépenses des équipements :

Les prix unitaires des pièces et accessoires sont mentionnés dans le tableau suivant :

**Tableau VI-1-Facture des pièces de réseau d'irrigation localisée :**

Pièces	Prix unitaire (DA)	Unité de mesure	Quantité	Total
Tube Ø16 PEBD	15,02	m/l	204914	3077812
Tube Ø 75 PEBD	302,44	m/l	7840	2371130
Tube Ø160 PEHD	510,35	m/l	1050	535867
Coude 90° Ø160	500	Un	3	1500
Filtre	25926	Un	3	77778
Vanne Ø75	7430	Un	24	178320
Vanne Ø160	13877	Un	3	41631
Pompe doseuse	33377	Un	3	100131
Colle PVC	858	Un	3	2574
Bouchon Ø16	46	Un	1246	57316
Bouchon Ø75	215	Un	24	5160
Bouchon Ø160	300	Un	3	900
Réduction 160-75	120	Un	24	2880
Fertiliseur	8500	Un	3	25500
Goutteur réglable	15	Un	32218	483270
Total				6961769

**VI-2-2-Dépenses des travaux :**

Le prix de terrassement est égal à :

Pour le déblai :  $F_{deb} = V_{deb} \cdot K_{deb}$

$K_{deb}$  : prix de  $1 \text{ m}^3$  de déblai=300 DA

$V_{deb}$  : volume total de déblai

Pour le remblai :  $F_{rem} = V_{rem} \cdot K_{rem}$

$K_{rem}$  : prix de  $1 \text{ m}^3$  de remblai=100 DA

$V_{rem}$ : volume total de remblai

- 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 :

$$B = D + 2 \times 0,3$$

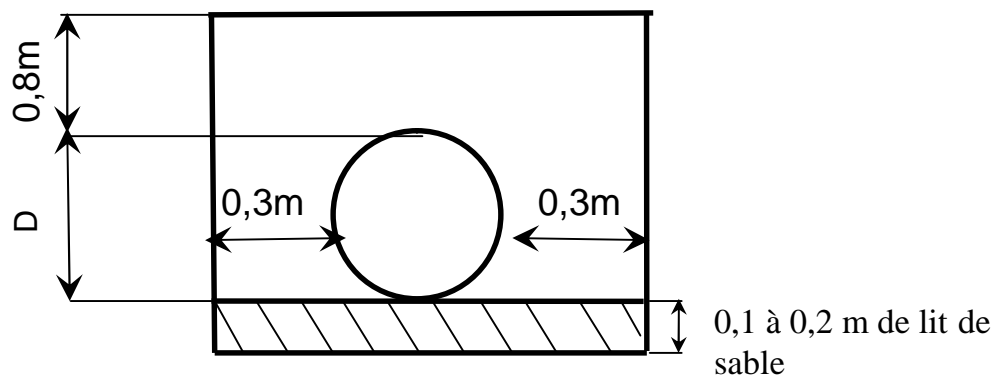
D : diamètre de la conduite (m)

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.

$$H = D + 0,8$$

$$\text{Déblai} = L \cdot H \cdot B$$

$$\text{Remblai} = \text{déblai} - \left( \frac{D^2}{4} \right) \cdot L$$



**Tableau VI-2-Calcul de terrassement :**

Paramètres	Ø (mm)	B (m)	H (m)	L(m)	Déblai (m <sup>3</sup> )	Remblai (m <sup>3</sup> )
Conduite Principale	160	0,76	0,96	1500	1094	1064
Les porte- rampes	75	0,675	0,275	7840	1455	1420

Donc pour le déblai:

$$F_{\text{deb}} = 2549 \times 300 = 764700 \text{ DA}$$

Pour le remblai :

$$F_{\text{rem}} = 5340 \times 100 = 248400 \text{ DA}$$

Le cout du 3 bassin avec m<sup>3</sup> = 20000 DA

$$F_{\text{bassins}} = 64 \times 20000 = 1280000 \text{ DA}$$

Le salaire des ouvriers est égal à 200000 DA

Les autres frais 100000 DA

Donc : le total de terrassement est de 2593100 DA

Donc le totale de projet est de 9554869 DA

### **N.B**

La référence des prix pour la projection du réseau d'irrigation à la goutte à goutte a été fournie par le représentant commercial de S.T.P.M CHIALI

### **Conclusion :**

On constate que le coût de la projection du réseau d'irrigation localisée est élevé, comme c'était déjà cité cette élévation de coût est due aux équipements très chers (système de fertilisation et filtration...etc).

# CHAPITRE VII :

# ORGANISATION DE

# CHANTIER

## Organisation de chantier

### Introduction

Un des critères prépondérants lors de l'attribution d'un projet immobilier à une entreprise d'hydraulique est la durée du chantier qui va de paire avec le respect des délais. L'organisation de chantier a pour but à réaliser des projets dans des courts et à moindres coûts, elle consiste à utiliser la main d'œuvre économique, ainsi que les autres moyens mis en œuvre pour gérer le chantier dans les meilleures conditions possibles pour la réalisation et l'exécution des travaux de projet d'irrigation

### VII.1.Exécution des travaux

#### VII.1.1.Exécution de la tranchée :

L'installation des conduites d'irrigation nécessite les opérations suivantes :

- Importation des traces des tranchées sur le terrain.
- Excavation des tranchées.
- Pose des conduites.
- Epreuve de joint et de canalisation.
- Remblaiement des tranchées.

La largeur de la tranchée doit être égale au diamètre extérieur de la conduite augmentée de 0.5m dans le but de permettre aux poseurs de travailler à l'aise, et d'effectuer sans gêne les différentes opérations de raccordements des tuyaux.

#### VII.1.2.Assise de la conduite :

Lorsque l'exécution des tranchées est terminée, on doit les remplir par une couche de 10-20cm de sable ou de gravier fin, dans le but de maintenir la conduite dans l'axe de tranchée et soutenir le poids du sol situé au dessus de la conduite.

#### VII.1.3.Pose de la canalisation dans la tranchée :

Les tuyaux seront posés dans les tranchées creusées à l'aide d'appareil de levage.

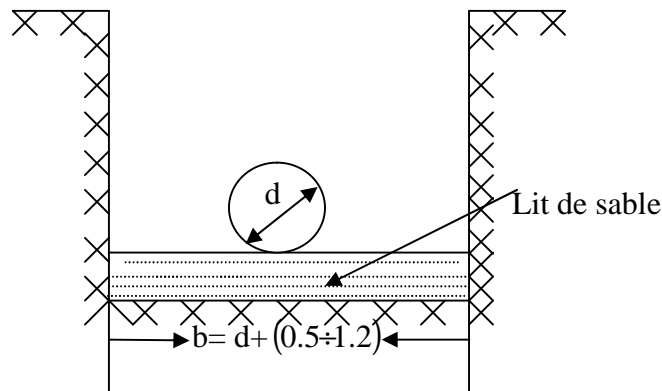
##### ➤ profondeur de la tranchée :

La profondeur de la conduite doit permettre la réalisation correcte des branchements particuliers, empêcher toute intercommunication avec les autres conduites.

La profondeur de la tranchée est :

Donc l'excavation nécessite la détermination de plusieurs paramètres tels que :

- ✓ Profondeur de la tranchée  $H_{tr}$
- ✓ Largeur de la tranchée  $b$
- ✓ Distance de la mise de la cavalière.



**Fig.40** : Schéma d'une tranchée

$$H = e + d + h \quad (\text{m})$$

Avec :

$H$  : profondeur de la tranchée. (m)

$e$  : hauteur de lit de pose. (m)

$d$  : diamètre de la conduite. (m)

$h$  : la hauteur du remblai au dessus de la conduite.

blage des conduites se fait à l'aide des manchons.

#### **VII.1.4. Epreuve d'essai de pression :**

Pour éviter de laisser ouverte une très grande longueur de tranchée, on aura soin de remblayer au fur et à mesure que l'on pose les tuyaux.

Avant cela, il est indispensable de s'assurer par un essai de l'étanchéité des joints. Les essais partiels sont effectués sur une longueur de 150 à 200m à cet effet nous adoptons une pression de 10 bars pour l'épreuve (le béton pouvant résister jusqu'à une pression de 20 bars).

#### **Engins nécessaires pour l'exécution des travaux :**

- pelle excavatrice pour le terrassement de la tranchée.
- Buldozer ou un chargeur pour le remblayage.
- Camions pour le transport des tronçons des conduites.
- Grue automotrice pour soulever, déplacer et déposer les tronçons des conduites.



**Fig.42:** Pelle équipée en rétro\_excavateur



**Fig.43 :** Camion





**Fig.44** : Buldozer



**Fig.45** : Niveleuse automotrice.

**VII-2-Exploitation du système d'irrigation :**

L'exploitation d'un système d'irrigation consiste à faire fonctionner la service de l'eau : assurer sa mobilisation, son transport, sa distribution dans le cadre contractuel défini avec tous les partenaires du projet.Elle est effectuée selon quatre aspects :

- Planification de l'utilisation de l'eau d'irrigation.
- Mesure d'exploitation et de répartition du système d'irrigation.
- Modernisation et amélioration du système en fonction de l'apparition de nouvelles techniques.
- Contrôle de l'état des terres irriguées.

**VII.2.1.Objectif de l'exploitation :**

L'exploitation d'un système d'irrigation doit :

- Assurer le bon fonctionnement des conduites et des ouvrages.
- Utiliser de façon complète et rationnelle des ressources hydrauliques.
- Assure la réalisation des plans envisagés.
- Protéger les terres agricoles contre la submersion, la formation des marées, la salinisation, et la dégradation des sols par les eaux et les vents.

**VII.2.2.Estimation de l'état hydro agricole des terres irriguées :**

Le phénomène de formation des sols humides et sols salés et du à la mauvaise utilisation de l'eau d'irrigation.

La lutte contre ce phénomène, se présente sous deux aspects :

**VII.2.2.1.Mesures d'amélioration technique :**

- Réalisation d'un drainage pour les sols humides.
- Réalisation d'un drainage et lessivage pour les sols salés.

**VII.2.2.2.Mesures d'exploitation :**

Il consistent à faire un inventaire détaillé des surfaces susceptibles d'être touchées par ces phénomènes et une surveillance permanente qui se résume dans :

- Mesure de la variation du niveau de la nappe.
- Mesure de la concentration des sels de la nappe.
- Mesure de la concentration des sels dans le sol.
- Une bonne utilisation de l'eau d'irrigation.

**VII.2.2.3. Exploitation des ouvrages hydrauliques :**

Les mesures à prendre, pour l'entretien des installations des systèmes d'irrigations sont :

- Gardiennage
- Mesures contre l'incendie.
- Les visites périodiques.
- Surveillance et maintenance des travaux.

**VII.2.2.4. Maintenance des ouvrages et équipement :****a)-Maintenance des premiers niveaux :**

Pour les interventions courantes, les activités de maintenance de premiers niveaux sont généralement réalisés par les agents d'exploitation, proche des ouvrages dont ils ont la responsabilité, d'où une économie sensible en frais de personnel et déplacement, et une plus grande rapidité d'intervention.

**b)-Maintenance spécialisé :**

Pour les interventions de niveau supérieur, par nature plus complexe, les moyens sont nécessairement plus spécifiques. La maintenance est alors structurée par spécialités techniques correspondant aux différents types d'équipements.

Les spécialités les plus courantes sont les suivantes :

- Génie civil
- Appareillages :
  - Mécaniques
  - Electriques
  - Electroniques

**VII.3. Planification des travaux :**

Les principales opérations à exécuter pour la conception du réseau sont :

- A. Décapage de la couche de terre végétale.
- B. Piquetage
- C. Exécution des tranchées.
- D. Aménagement du lit de pose.
- E. La mise en place des canalisations en tranchée
- F. Assemblage des tuyaux.
- G. Faire les essais d'étanchéité pour les conduites et joints.
- H. Remblai des tranchées.
- J. travaux de finition.

**Tableau VII.1:** Détermination du délai de la réalisation

OPERATION	TR (jours)	DP		DPP		MT
		DCP	DFP	DCPP	DFPP	
A	7	0	7	0	7	0
B	3	7	10	7	10	0
C	14	10	34	10	34	0
D	12	34	46	37	49	3
E	15	34	49	34	49	0
F	15	34	49	34	49	0
G	7	34	41	42	49	8
H	7	49	56	49	56	0
J	7	56	63	56	63	0

Les chemins critiques : **A-B-C-E-H - J / A-B-C-F-H-J**       $\sum TR = 63$  jours

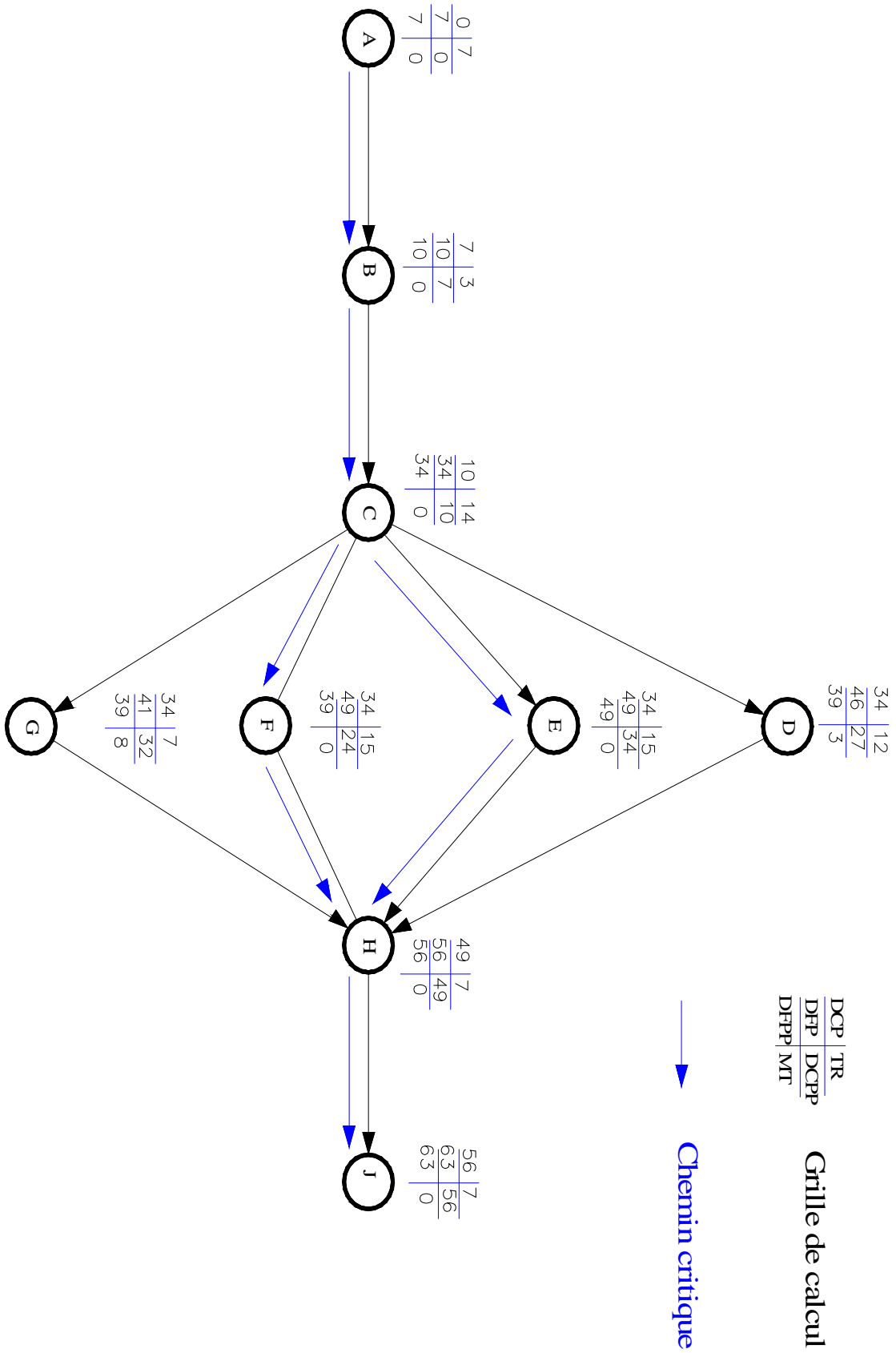


Fig.46: réseau à nœud

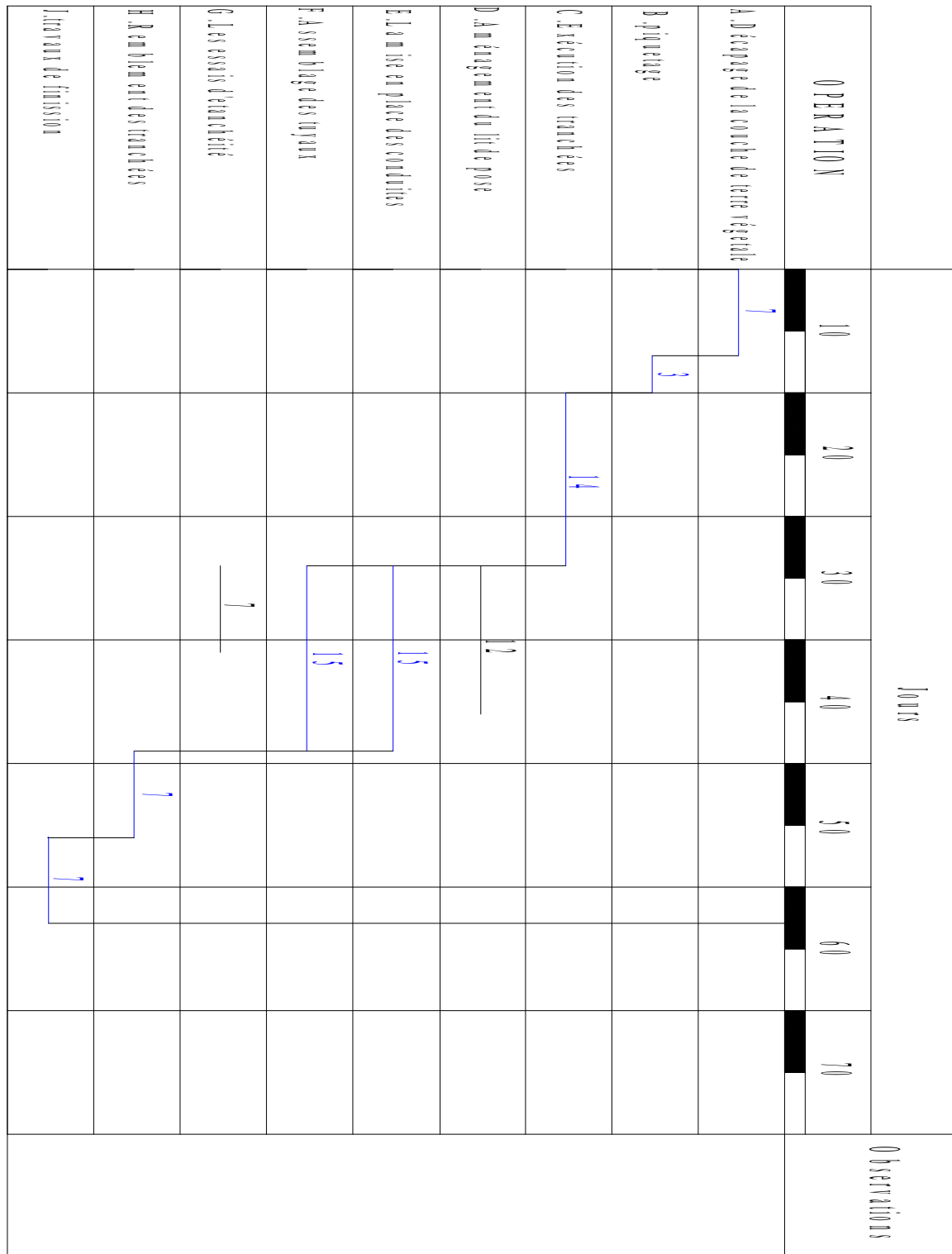


Fig.47 : Planning des travaux; diagramme de Gantt

**Conclusion :**

La maîtrise de l'organisation de chantier et les techniques de pose de canalisation s'avèrent importantes pour un meilleur rendement de point de vue technique et économique.

**ANNEXES :**

## Protection et sécurité de travail

### Introduction :

Les accidents du travail et les problèmes qui en découlent ont une grande importance sur les plans financiers, production et surtout humain.

L'objectif sera donc de diminuer la fréquence et la gravité des accidents dans l'entreprise.

Dans ce contexte, un certain nombre de dispositifs, de consignes et de règlements dits (sécurité) sont mis à la disposition des chantiers.

Ces règlements sont indispensablement à appliquées. Car ils contribueront à éviter au maximum les accidents et dégagement enfin la responsabilité des dirigeant du chantier.

Le domaine hydraulique, couvre un large éventail d'activité qui est différent par leur nature et leur importance tout en présentant des caractéristiques communes.

- travaux d'excavation et de terrassement.
- Creusement de puits.
- Construction en bois, briques, pierres, béton ou en éléments préfabriqués.

Ce qui distingue ces différentes activités des autres branches de l'industrie ce sont :

- L'instabilité des lieux de travail et la variation des durées des chantiers.
- Les modifications intervenant au fur à mesure de l'avancement des travaux.
- L'utilisation d'une importante main-d'œuvre sans qualification.

### VIII.1. Causes des accidents de travail dans un chantier hydraulique :

Généralement les accidents de travail imputables à des conditions dangereuses et actions dangereuses sont causés par deux facteurs :

#### VIII.1.1. Facteurs humains :

- Manque de contrôle et négligence ;
- La fatigue des travailleurs, agent de maîtrise et les responsables ;
- Encombrement dans les différentes phases d'exécution des travaux ;
- Erreurs de jugement ou de raisonnement ;
- Suivre un rythme de travail inadapté.

#### VIII.1.2. Facteurs matériels :

- Outillage, engins, et machines de travail ;
- Nature des matériaux mis en œuvre ;
- La difficulté posée lors de l'exécution du travail ;
- Les installations mécaniques et électriques.



Durant chaque phase de la réalisation d'un projet en alimentation en eau potable, le risque de produire un accident est éventuellement ouvert, soit dans la phase des travaux de terrassement, soit dans la réalisation des travaux de bétonnage, soit dans les installations électriques ou des installations sous pressions soit après la finition du projet (travaux d'entretien des pompes, des installations, etc.)

#### **VIII.1.3. Liste des conditions dangereuses :**

- Installations non protégées ;
- Installations mal protégées ;
- Outillages, engins et machines en mauvais état ;
- Protection individuelle inexistante ;
- Défaut dans la conception, dans la construction ;
- Matières défectueuses ;
- Stockage irrationnel ;
- Mauvaise disposition des lieux ;
- Eclairages défectueux ;
- Facteurs d'ambiance impropres ;
- Conditions climatiques défavorables.

#### **VIII.1.4. Liste des actions dangereuses :**

- Intervenir sans précaution sur des machines en mouvement ;
- Intervenir sans précaution sur des installations sous pression, sous tension ;
- Agir sans prévenir ou sans autorisation,
- Neutraliser les dispositifs de sécurités ;
- Ne pas utiliser l'équipement de protection individuelle ;
- Mauvaise utilisation d'un outillage ou engin ;
- Importance durant les opérations de stockage ;
- Adopter une position peu sûre ;
- Travailler dans une altitude inappropriée ;
- Suivre un rythme de travail inadapté ;
- Plaisanter ou se quereller.

## **VIII.2. Mesures préventives pour éviter les causes des accidents :**

### **VIII.2.1. Protection individuelle :**

Pour mieux protéger contre les dangers pendant l'exercice de certaines professions, il est indispensable d'utiliser les dispositifs de protection individuelle (casques, gants, chaussures, lunette protectrice etc.)

### **VIII.2.2. Autres protections :**

Toute tranchée creusée en agglomération ou sous route sera protégée par une clôture visiblement signalée de jour comme de nuit (chute de personnes et d'engins).

Prévenir les concernés avant d'entreprendre des travaux d'excavations des tranchées et vérifier la stabilité du sol.

Climatisation des surcharges en bordure des fouilles.

Les travailleurs œuvrant à la pioche ou la pelle sont tenus à laisser une distance suffisante entre eux.

### **VIII.2.3. Protection collective :**

L'entrepreneur ou bien le chef de chantier, en ce poste doit mettre en évidence les points suivants :

- Application stricte des règlements de sécurité.
- Affectation rugueuse du personnel aux commandes des points clés d'une installation moderne.

### **VIII.2.4. Engin de levage :**

La grue, pipe layer et autres engins par leurs précisions et possibilité de manutention variés, constituent la pose de travail ou la sécurité n'admet pas la moindre négligence, alors le technicien responsable veillera à :

- Affecter du personnel compétent.
- Procéder aux vérifications périodiques des engins selon la notice du constructeur.
- Délimiter une zone de sécurité autour des engins de levage et en particulier à éviter tout stationnement sous une charge levée.

### **VIII.2.5. Appareillage électrique :**

Pour éviter les risques des appareils électriques, il faut absolument proscrire le bricolage, car une ligne ou une installation électrique ne doit pas être placée que par des électriciens qualifiés.

**Conclusion :**

En dépit de ce qu'on vient de citer dans ce chapitre, on attendait à une fréquence des accidents de travaux amoindrie, si les consignes et les dispositifs vont être pris au sérieux.

L'environnement de travail contribue au développement et à une bonne gestion et exploitation des ouvrages, il est impératif de savoir les causes des accidents et éviter les actions dangereuses. Ainsi donc on peut gagner sur le plan financier et offrir une meilleure condition de travail pour les personnels et une bonne performance de fonctionnement des ouvrages.

## CONCLUSION GENERALE

L'objectif de ce travail de fin d'étude est le choisi d'un système d'irrigation convenable à notre zone d'étude de projeter un réseau d'irrigation (goutte à goutte) nous prenons en compte l'extension du réseau

L'étude du climat (précipitation- température) ; montre que notre région une période sèche. Donc on aura un climat aride, la saison sèche qui est la période ou l'irrigation est nécessaire.

Le système d'irrigation goutte à goutte est constitué de conduite principale et les portes rampes et les rampes en PEBD, on assurée une pression minimale de 1 bars sur le point le plus défavorable

Par une brève présentation de la situation actuel du coté agro socio économique et du milieu naturel (climat – sol – plante - eau), nous avons déterminé les besoins totaux de la zone durant le mois de pointe et compte tenu les besoins des cultures.

La superficie étant entièrement irriguée, ce qui permet d'avoir éventuellement une meilleure rentabilité des cultures prévisionnelles mise en place, par l'accroissement des rendements avec l'intermédiaire de l'irrigation surtout les cultures manque d'eau.

## **Bibliographie :**

- ALAIN ,V .Traite d'irrigation. Paris :2eme édition Tec and Doc ,2006 .1265 p
- GEORGE,N. Efficacite de la gestion de l'eau et de la fertibilite des sols en milieu semi aride.france:edition Duplit Print,2010.402 p
- JEAN,R.Dynamique de l'eau et irrigation champagne .Paris :édition Johanet ,2010 .119 p
- LAKSHIN ,R .Seepage in soils .USA:edition Acid free paper,2003 .402p
- LAUREN,U.Introduction à la production sous serre .Paris :édition lavoriser Tec and Doc,2007.305 p
- MESSAHEL,Mekki.Irrigation au goutte à goutte (Régime d'irrigation).Alger :édition OPU ,1988 .338 p
- PIERRE,R .Irrigation agricole.Paris :3eme edition cemagref,2006.343 p
- KEDACH,Zakaria .Gestion de l'eau d'irrigation et action collectives.Alger :édition amazon distribution,2008 .138 p
- ZELLA ,L.Micro irrigation thèorique et application.Alger :édition OPU,2010 .300 p

## Annexe N°1 : 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 N° 02 Guide d'estimation de p

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, 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	100
1,0	33	70	100	40	80	100	80	100	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	100
1,5	20	47	73	26	53	80	53	80	100	80	100	100	100	100	100	100
2,0	15	35	55	20	40	60	40	60	80	60	80	100	80	100	100	100
2,5	12	28	44	16	32	48	32	48	64	48	64	80	64	80	100	100
3,0	10	23	37	13	26	40	26	40	53	40	53	67	53	67	80	80
3,5	9	20	31	11	23	34	23	34	46	34	46	57	46	57	68	68
4,0	8	18	28	10	20	30	20	30	40	30	40	50	40	50	60	60
4,5	7	16	24	9	18	26	18	26	36	26	36	44	36	44	53	53
5,0	6	14	22	8	16	24	16	24	32	24	32	40	32	40	48	48
6,0	5	12	18	7	14	20	14	20	27	20	27	34	27	34	40	40

**ANNEXE N° 03**  
Caractéristique de quelque sol

**ANNEXE 04**  
Rapport entre le type de sol et les caractéristiques hydriques sur la base du poids de sol sec

No.	Type de sol	Emplacement	Capacité de rétention	Point de flétrissement permanent	Rapport entre la capacité de rétention et le point de flétrissement permanent	Eau disponible dans une épaisseur de 30 cm exprimée en cm <sup>3</sup>
1	Sable fin	Californie	3,29	1,33	2,47	0,86
2	Sable	Arizona	4,79	3,17	1,51	0,66
3	Limon sableux	Californie	9,69	4,17	2,17	2,03
4	Limon sableux	Californie	11,09	3,08	3,60	3,31
5	Limon sableux fin	Californie	16,80	8,93	1,88	3,20
6	Limon fin	Nouveau Mexique	17,28	8,23	2,10	3,76
7	Limon sableux	Orégon	18,79	6,61	2,85	5,06
8	Limon argileux fin	New York	21,70	5,02	4,35	6,93
9	Limon fin	Ohio	23,56	6,12	3,82	7,35
10	Limon argileux	Ohio	24,51	11,55	2,12	5,02
11	Argile	Californie	27,33	12,53	2,18	6,00
12	Limon argileux fin	Californie	28,33	12,49	2,26	6,43
13	Argile	Nouveau Mexique	30,42	16,00	1,91	6,00
14	Limon argileux	Californie	31,12	25,70	1,21	1,81
15	Limon	Orégon	37,90	19,03	1,99	7,82

**ANNEXE N° 04**  
Valeurs minimales et maximales de Z pour diverses cultures

Cultures	z (m)
Tomates	1 - 1,2
Cultures maraichères	0,3 - 0,6
Agrumes	1 - 1,2
Arbres fruitiers à feuilles caduques	1 - 2
Vigne	1 - 3