

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE -ARBAOUI Abdellah-

**DEPARTEMENT D'IRRIGATION ET DRAINAGE**

## **MEMOIRE DE FIN D'ETUDES**

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

**Option: IRRIGATION ET DRAINAGE**

**THEME DU PROJET :**

**Dimensionnement d'un réseau d'irrigation du périmètre de  
MANSOURAH à partir du barrage Kerrada  
(W.MOSTAGANEM)**

**PRESENTE PAR**

**M<sup>r</sup> MOKHTARI Brahim**

**Devant les membres du jury**

<b>Noms et Prénoms</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
<b>M<sup>r</sup> : RASSOUL Abdelaziz</b>	<b>M.C.A</b>	<b>Président</b>
<b>M<sup>me</sup> : AZIEZ Wahiba</b>	<b>M.A.A</b>	<b>Examinatrice</b>
<b>M<sup>r</sup> : YAHIAOUI Samir</b>	<b>M.A.A</b>	<b>Examineur</b>
<b>M<sup>r</sup> : KERID Rachid</b>	<b>M.A.A</b>	<b>Examineur</b>
<b>M<sup>me</sup> : MAZOUZI Sabra</b>	<b>M.A.A</b>	<b>Promotrice</b>

**Juin - 2017**

## REMERCIEMENT

Au terme de ce projet, fruit de mes années de labeur, je tiens à remercier sincèrement Dieu, de m'avoir octroyé les moyens et les personnes qui m'ont aidé dans mon élaboration.

On tient à remercier notre promotrice Mme. MAZOUZI.S., de nous avoir assistés le long de la réalisation du travail, qu'elle trouve ici nos sincères gratitude et nos profondes reconnaissances pour tous les efforts qu'elle a déployés dans ce, ainsi que de sa compréhension et de sa patience. Nous remercions aussi Mme. AZIEZ.W., pour sa disponibilité, ses conseils ont largement contribué à l'aboutissement de ce travail.

Nous remercions les membres du jury : M. RASSOUL.A. de vouloir bien examiner ce travail et présider la soutenance, M me. AZIEZ.W., M. YAHIAOUI.S. et M. KERID.R. d'avoir accepté d'examiner notre travail.

Nous remercions nos enseignants et tout le personnel de l'ENSH pour leurs contributions à ma formation d'ingénieur d'état en hydraulique.

## Dédicace

*A celui qui attend mon retour à chaque coucher du soleil*

*A celle qui m'a comblée d'affection, d'amour et de tendresse, et qui a veillé à côté de mon berceau pour consoler mes cris de douleurs, et qui n'a jamais cessé de le*

*faire Ma mère*

*A celui qui fut le plus brave des hommes, m'ouvrant ses bras dans les sombres moments et m'aidant à aller de l'avant vers le meilleur, et qui m'a tant soutenu*

*moralement et matériellement*

*Mon père*

*A mon très cher frère*

*A mes très chères sœur*

*A mes frères et mes amis de l'ENSH et de l'EPST-ORAN.*

## ملخص

لقد قمنا في هذه المذكرة بدراسة عامة حول منطقة المنصورة، ولاية مستغانم التي أنجزنا فيها مشروعنا، وهذا العمل يندرج في إطار دراسة واستغلال منطقة مسقية باستعمال تقنية التقطير وذلك لخصائص التربة والمناخ الذي نجده في هذه المنطقة وللتقليل من نسبة ضياع المياه، سواء بالتبخر أو التسرب في التربة. وفي الأخير اقترحنا على الفلاحين استعمال هذه التقنية الحديثة في الري، من أجل الحصول على نسبة أكبر من الأراضي المسقية وبنفس كمية المياه، وكذلك الرفع من المردودية الزراعية للمناطق الجافة.

## Résumé

A travers ce mémoire nous avons effectué une étude d'un périmètre dans la région de Mansoura wilaya d'Mostaganem.

Notre but consiste à projeter un réseau d'irrigation sur une parcelle située dans ce secteur; ce qui implique l'introduction de nouvelles techniques d'irrigation, à savoir l'utilisation du système de goutte à goutte, afin de maîtriser la quantité d'eau à utiliser en irrigation et limiter ainsi le taux de pertes soit par évaporation ou par percolation.

Enfin, nous conseillons les agriculteurs d'utiliser cette nouvelle technique d'irrigation afin d'optimiser les parcelles d'irrigation et d'augmenter les rendements des cultures en régions arides.

## **Abstract**

through this work, we will make a general study on the area of Mansourah city (w-Mostaganem); where we carries out our project. Thus; the main goal consists in projecting a network of irrigation a piece located at the sector of Mansourah in Mostaganem city, In this zones where precipitations is insufficient and irregular what implies the introduction of new techniques of irrigation of drop by drop to control the quantity of water to be used in the irrigation and thus limit the rate of loss by evaporation as well as percolation. In the end, we advise farmers to use this new method of irrigation in order to achieve a maximum exploitation of agricultural areas and increasing yields of crops, in particular in arid zone like Mostaganem city.

# SOMMAIRE

## CHAPITRE I : Analyse des conditions naturelles et agricoles

I.1 Introduction.....	2
I.2 Localisation et présentation de la région d'étude.....	2
I.2.1 limites et accessibilité.....	3
I.2.2 Relief et Hydrographie.....	3
I.2.3 Géologie.....	3
I.3 CLIMAT.....	3
I .3.1 pluviométrie.....	4
I .3.2 Température de l'air.....	4
I.3.3. humidité relative.....	5
1.3.4.vent.....	5
I.3.5.l'insolation.....	5
1.3.6 L'évaporation.....	6
I.3.7 Indices agro-climatiques .....	6
I.3.7.1 Classification du climat selon l'indice de Martone (1926):.....	6
I.3.7.2 Quotient pluviométrique d'Emberger (1955) :.....	7
1.3.8. Synthèse des données climatique.....	7
I.4 Etude socio-économique de la zone d'étude :.....	8
I.4.1 Indicateurs démographiques :.....	8
I.5 Conclusion.....	9

## CHAPITRE II : Les ressources en sol

II.1.Introduction.....	10
II.2.Etude pédologique.....	10
II.2.1. Levé pédologique.....	10

II.3.Classification des sols du périmètre MANSOURAH .....	10
II.3.1 Les sols calcimagnésiques.....	10
II.3.1.1 .Les Rendzines.....	11
II.3.1.1.1 Description d'un profil type : Profil n°1 .....	11
II.3.1.1.2 Description morphologique du profil .....	11
II.3.1.1.3 Résultats analytiques .....	11
II.3.1.1.4 Interprétation et valeur agronomique.....	12
II.3.2 Les sols bruns calciques .....	13
II.3.2.1.1Description d'un profil type Profil n°2 :.....	13
II.3.2.2 Description morphologique du profil .....	13
II.3.2.3 Résultats analytiques .....	14
II.3.2.4 Interprétation et valeur agronomique .....	14
II.4.Aptitudes culturales.....	15
II.5.Qualité des sols.....	17
II.5.1: conductivités électriques.....	17
II.5.2.La perméabilité des sols.....	17
II.6. Conclusion.....	18

### **Chapitre III : Ressources en eau et Hydrologie**

III.1.Introduction .....	19
III.2.Ressource en eau .....	19
III.2.1.Les ressources superficielles.....	19
III.2.2.Les ressources souterraines.....	20
III.3.Compositions chimiques de l'eau d'irrigation.....	22

II.3.1 La salinité.....	22
III.3.2 Le coefficient d'adsorption du sodium SAR (Sodium Absorption Ration) :.....	23
III.4.Etude hydrologique.....	25
III.4.1.Etude des pluies annuelles.....	25
III.4.2.Présentation de la station météorologique.....	26
III.4.3.Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique .....	27
III.5.Etude de l'échantillon .....	28
III.5.1.Choix du type de loi .....	29
III.5.2.Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gauss ou loi normale.....	29
III.5.3.Test de validité de l'ajustement à la loi choisie.....	31
III.5.4 Test de Khi carré pour la loi Normale.....	31
III.5.5.Ajustement des pluies annuelles à la loi du log-normale (loi de Galton).....	32
III.5.6.Test de validité de l'ajustement à la loi log-normale (loi de Galton).....	34
III.6.Détermination de l'année de calcul .....	35
III.7. Conclusion.....	36

#### **Chapitre IV : Calcul des besoins en eau des cultures**

IV.1.Introduction .....	37
IV.2.Choix des cultures à mettre en place de la region d'études.....	37
IV.3.Définition d'un régime d'irrigation .....	37
IV.4.Besoins en eau des cultures .....	37
IV.4.1.Définition .....	37
IV.4.2.L'évapotranspiration .....	37
IV.4.2.1.Méthode d'évaluation de l'évapotranspiration :.....	38
IV.4.2.1.1.Méthodes directes :.....	38

IV.4.2.1.2.Méthodes indirectes :.....	39
IV.4.2.2.Calcul de l'évapotranspiration :.....	41
IV.5.Evapotranspiration maximale de culture :.....	42
IV.6.Assolement et rotation des cultures:.....	43
IV.7.La réserve facilement utilisable (RFU) :.....	44
IV.8.Calcul des pluie efficaces :.....	45
IV.9.Calcul des besoins en eau d'irrigation des cultures .....	46
IV.10. Calcul des besoins brut :.....	47
IV.11. Détermination des Besoins en eaux des cultures :.....	48
IV.12 Calcul des débits Spécifiques.....	53
IV.13.Débit caractéristique.....	54
IV.14.Conclusion .....	54

## **CHAPITRE V : Dimensionnement du réseau de distribution**

V.1.Introduction.....	56
V.2 Découpage des îlots d'irrigation :.....	56
V.2.1 Taille des îlots d'irrigation :.....	57
V.2.2Débit fictif continu :.....	57
V.2.3 Débit d'équipement :.....	58
V.3.L'emplacement des bornes d'irrigation dans les îlots .....	58
V.4.Modalité de distribution .....	58
V.4.1 L'irrigation à la demande .....	58
V.4.2.L'irrigation au tour d'eau :.....	58
V.4.3.Tour d'arrosage à l'antenne :.....	59
V.4.4.Tour d'arrosage à la borne.....	59
V.5.La méthodologie de dimensionnement.....	59



V.6 -Calcul des débits des ilots .....	59
V.6.1. Données de base du dimensionnement .....	59
V.6 .2.Choix du type de borne .....	60
V.6.3.Choix de diamètre de la borne .....	61
V.7.Choix de tracé.....	61
V.8.Matériaux de construction des canalisations :.....	61
V.8.1. Choix du matériau des conduites :.....	61
V.8.2.Les matériaux :.....	61
V.8.2.1es conduites en fonte :.....	62
V.8.2.2 Conduites en acier :.....	62
V.8.2.3Conduites en PVC (Polyvinyle de chlorure) :.....	62
V.8.2.4 Avantages des canalisations en PEHD.....	62
V.9.Optimisation des diamètres des canalisations du réseau collectif de distribution.....	62
V.10. Dimensionnement des canalisations.....	62
V.10.1.Vitesse admissible .....	63
V.10.2.Calcul des diamètres .....	63
V.10.3.Calcul des pertes de charge .....	64
V.11 Dimensionnement de la bache de distribution.....	65
V.12.1 Débit caractéristique.....	65
V.12.Conclusion.....	66

## **CHAPITRE VI :Techniques et Modes d'irrigation**

VI.1.Introduction.....	67
VI .2. Différentes techniques d'arrosages .....	67
VI.2.1.L'irrigation de surface .....	67
VI.2.1.1.L'irrigation par ruissellement.....	67
VI.2.1.1.1.Les avantages de l'irrigation par ruissellement .....	67
VI.2.1.1.2. les inconvénients .....	67
VI.2.1.2.l'irrigation par submersion.....	67
VI.2.1.2.1.Les avantages de la submersion.....	68

VI.2.1.2.2.Les inconvénients de la submersion.....	68
VI.2.1.3.l'irrigation par infiltration.....	68
VI.2.1.3.1.les avantages .....	68
VI.2.1.3.2.Les inconvénients.....	68
VI.2.2L'irrigation par submersion.....	68
VI.2.2.1.l'irrigation par aspersion(pivot).....	68
VI.2.2.1.1.Les avantages.....	71
VI.2.2.1.2.les inconvénients.....	71
VI.2.3.l'irrigation localisée (goutte à goutte).....	72
VI.2.3.1.les Avantages.....	72
VI.2.3.2.Les inconvénients .....	72
VI.3.Choix des techniques d'arrosage : .....	73
VI.3.1.Les contraintes naturelles .....	73
VI.3.1.1.L'évaporation.....	73
VI.3.1.2.Le vent.....	73
VI.3.1.3.Le sol.....	73
VI.3.1.4.La pente.....	73
VI.3.2.Les contraintes techniques.....	73
VI.3.3.Les contraintes agronomiques.....	73
VI.4.Conclusion .....	75

## **Chapitre VII : Dimensionnement d'un réseau goutte à goutte**

VII.1.Introduction.....	76
VII.2.Définition:.....	76
VII.3.Composition d'une installation goutte à goutte :.....	76
VII.3.1 Point de fourniture d'eau :.....	76
VII.3.2Composition L'unité de tête :.....	76
VII.3.2.1 Unité de filtration :.....	76
VII.3.2.2. Filtre à tamis :.....	76
VII.3.2.3. Filtre à sable :.....	77

VII.3.2.4 .Filtre à gravier :	78
VII.3.25. Injecteur d'engrais :	78
VII.3.3 La conduite principale :	78
VII.3.4 Le porte-rampes :	79
VII.3.5 Les rampe :	79
VII.3.6 Les distributeurs :	79
VII.3.6.1 Différents types de distributeurs :	79
VII.4.Dimensionnement hydraulique d'un réseau goutte à goutte.	80
VII.4.1.Données générales :	80
VII.5. Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée.	81
VII.5.1.les besoins journaliers :	81
VII.5.2.Besoin journalier en tenant compte de la réduction $K_r$ :	81
VII.5.3.La dose d'irrigation nette pratique :	82
VII.5.4.Fréquence des arrosages :	82
VII.5.5.Durée d'arrosage par mois :	83
VII.5.6.Durée d'arrosage journalier :	83
VII.5.7.Nombre de poste :	83
VII.5.8. Surface de la parcelle :	83
VII.6.Calculs hydrauliques :	83
VII.6.1.Conditionhydraulique :	84
VII.6.1.1.Le nombre d'arbres par rampe.	84
VII.6.1.2.Nombre de goutteurs par rampe.	84
VII.6.1.3.Le nombre de rampes:	84
VII.6.2.Débit de la rampe:	85
VII.6.3.Débit de la porte rampe:	85
VII.6.4.Débit de la conduite secondaire :	85
VII.6.5.Dimensionnement des différentes parties du réseau :	85
VII.6.5.1.Vérification des pertes de charges :	86
VII.6.6 Calculs hydrauliques de la rampe :	86
VII.6.7 Calculs hydrauliques de la porte rampe :	87
VII.6.8 Calcul des diamètres de la conduite secondaire :	88
VII.6.9.Calcul de caractéristique de conduites secondaires	88
VII.6.10.La pression d'eau à la borne de distribution :	88
VII.6.11.Les pertes de charge de la borne jusqu'au goutteur le plus défavorable :	89
VII.7.Conclusion	90

### **Chapitre VIII : Evaluation du coût du projet**

VIII.1Introduction	91
VIII.2.Devis de réseau d'irrigation localisée	:91
VIII.2.1Dépenses des travaux	92
VIII.2.2.Calcul du volume de déblai et remblai :	92
VIII.3 Conclusion.	95

## LISTE DES TABLEAUX

### CHAPITRE I

Tableau I .1 : Répartition mensuelle moyenne de la pluie en mm.....	4
<a href="#">Tableau I.2</a> : Tableau I .2: Répartition mensuelle T <sub>min</sub> et T <sub>max</sub> .....	4
Tableau I 3 : Répartition mensuelle de l'humidité relative de l'air en %.....	5
Tableau 4 : Vitesse du vent:.....	5
Tableau I.5: Durée moyenne journalière de l'insolation .....	5
Tableau I-6: Durée mensuelle de l'insolation totale en (heures).....	6
Tableau I-7: Résultats de l'indice de Martone.....	6

### CHAPITRE II

Tableau II.1 : caractéristique du profil N°1 .....	11
Tableau II.2 caractéristique physico-chimique du sol .....	12
Tableau II.3 : caractéristique du profil N°2 .....	13
Tableau II.3.2.3 Résultats analytiques .....	14
Tableau II.5 Aptitudes culturale .....	16
Tableau II.6. La conductivité du sol .....	17
Tableau II.7: répartition des perméabilités.....	18

### CHAPITRE III

Tableau III.1 : Compositions chimiques de l'eau du barrage KERRADA .....	22
Tableau III.2 : Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique.....	23
Tableau III.3: Classification des eaux en fonction du S.A.R.....	24
Tableau III.4. Présentation de la station météorologique de BOUGHIRAT.....	26
Tableau III.5. Précipitation mensuelle de la station Mostaganem .....	26
Tableau III.6. Test d'homogénéité de Wilcoxon .....	28
Tableau III.7. Ajustement à la loi normale.....	30
Tableau III.8. Ajustement à la loi log normale .....	33
Tableau III.9. Précipitation moyenne mensuelle de l'année de calcul .....	35

### CHAPITRE IV

Tableau IV.1. Résultat de calcul de L'Evapotranspiration de référence ( E <sub>To</sub> ).....	42
Tableau IV.2. Coefficients culturaux (K <sub>c</sub> ) des cultures .....	43
Tableau IV.3. Surfaces occupées par les différentes cultures .....	44
Tableau IV.4. Humidité à la capacité au champ et de flétrissement .....	45
Tableau IV.5. Les profondeurs d'enracinement .....	45

Tableau IV.6.Pluies efficaces calculeés .....	46
Tableau IV.7. Besoins en eau d'irrigation d' olivier .....	48
Tableau IV.8 Besoins en eau d'irrigation de pomme de terre .....	49
Tableau IV.9. Besoins en eau d'irrigation de Sorgho.....	50
Tableau IV.10. Besoins en eau d'irrigation de Tomate .....	51
Tableau IV.11. Besoins en eau d'irrigation de l'orge :.....	52
Tableau IV.12 : donnée les résultats de besoins net (mm) de la culture.....	53

#### **CHAPITRE V**

TableauV.1.Les différentes Parcelles du périmètre.....	56
Tableau V.2 : Choix du diamètre de la borne. ....	60
Tableau V.3 : Caractéristiques des ilots avec les débits de chaque borne.....	60
Tableau V.4 : Les paramètres de perte de charge :.....	63
Tableau V.5: Calculs hydrauliques du réseau de distribution .....	64

#### **CHAPITRE VI**

Tableau VI.1 : Analyse multicritères de choix de technique d'arrosage .....	74
---	----

#### **CHAPITRE VII**

Tableau VII.1 Caractéristique de la conduite de la rampe 01 :.....	87
Tableau VII.2Caractéristique de la conduite de la rampe 03 :.....	87
Tableau VII.3 Caractéristiques de la conduite de la porte rampe (01) .....	87
Tableau VII.4 Caractéristiques de la conduite de la porte rampe (03) :.....	88
Tableau VII.5 Caractéristique de la conduite secondaire :.....	88
Tableau VII.6 : résumer des caractéristique de la conduite secondaire (Q,D , l,ΔH).....	89

#### **CHAPITRE VIII**

Tableau VIII.1. Factures pro-forma des pièces du réseau d'irrigation :.....	91
Tableau VIII.2. Prix du mètre linéaire des conduites en PEHD selon CHIALI .....	92
Tableau VIII .3.Calcul de terrassement.....	93

# LISTE DES FIGURES

## CHAPITRE I

Figure .I.1 Localisation de la ville de MANSOURAH .....	1
Figure I.2 :Diagramme Ombrothermique .....	7

## CHAPITRE III

Figure III.1 : Barrage réservoirs du KERRADA .....	19
Figure III.2 : Bassins et sous bassins versants de la Wilaya de Mostaganem.....	20
Figure III.3 :Diagramme de classification des eaux d'irrigation du barrage du Kerrada.....	25
Figure III.4 : Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gauss .....	30
Figure III-5. Ajustement des pluies annuelles à la loi log-Normale.....	34

## CHAPITRE VI

Figure VI.1 : irrigation par pivot.....	70
Figure VI-2 : La rampe frontale .....	71

## CHAPITRE VII

Figure VII.2 : Filtre a tamis .....	77
Figure VII.3 : Filtre à sable.....	77
Figure VII.4:Filtre à gravier.....	78
Figure VII.5: Injecteur d'engrais .....	78
Figure VII.6 : Schéma type d'un réseau d'irrigation en goutte à goutte.....	80
Figure VII.7 :Schéma explicatif de la desserte borne-goutteur .....	89

## CHAPITRE VIII

Figure VIII.1: Schéma simplifié pour place la conduite d'adduction.....	93
---	----

## **LISTE DES PLANCHES**

<b>Désignation</b>	<b>Numéro</b>	<b>Echelle</b>
<b>Plan du réseau d'irrigation</b>	<b>Plan 1</b>	<b>1/5000</b>
<b>Plan d'occupation du sol</b>	<b>Plan 3</b>	<b>1/2000</b>
<b>Plan de situation</b>	<b>Plan 2</b>	<b>1/5000</b>
<b>Profil en long de la conduite principale</b>	<b>Plans 5</b>	<b>1/1500</b> <b>1/150</b>
<b>Plan de réseau goutte à goutte de l'ilot 08</b>	<b>Plan 4</b>	<b>1/500</b>

# **Introduction Générale**



## INTRODUCTION GENERALE

Dans la plupart des pays méditerranéens, l'eau disponible pour l'agriculture est de plus en plus rare et coûteuse.

L'Algérie a connu dernièrement un manque accru en ressources hydriques, de ce fait l'agriculture est désormais confrontée à une irrigation mal conduite qui présente un risque de causer de fortes pertes d'eau ainsi que le lessivage des principaux éléments nutritifs du sol qui peut réduire sa productivité.

La micro-irrigation est le niveau actuel de l'évolution de l'irrigation qui conviendrait à contrer la menace de pénurie d'eau et de pollution tout en augmentant les rendements agricoles. Elle ne s'applique pas à toutes les cultures, néanmoins elle permet une grande économie d'eau et de fertilisants.

Cependant la solution ne peut se trouver que dans un cadre collectif et participatif, entre les différents acteurs, sur le plan organisationnel et financier.

L'objectif de ce mémoire de fin d'étude, est d'étudier l'aménagement hydro agricole de périmètre d'irrigation de Mansourah, dans le but d'assurer un bon recouvrement du périmètre par réseau d'irrigation d'une façon uniforme et économique, et assuré une qualité d'irrigation pour satisfaire le client c'est le plus important, et pour garantir un bon rendement de récolte sur court, moyen et long terme.

La première étape de notre travail, a consisté en une collecte des données sur le site de travail (situation géographique, climat, qualité de l'eau, qualité du sol...), puis on va calculer les besoins de notre zone d'étude ce qui nous permettra de

dimensionner notre réseau d'irrigation avec des calculs hydrauliques et une étude technico-économique de notre projet.

# **CHAPITRE I : Analyse des conditions naturelles et agricoles**

## **CHAPITRE I : Analyse des conditions naturelles et agricoles**

### **I.1 Introduction**

L'étude des paramètres hydrodynamiques nécessite un traitement détaillé des observations hydro-climatologiques. A cet effet, il s'avère nécessaire, dans ce chapitre, de quantifier et d'analyser les principaux paramètres climatiques de la zone d'étude, ainsi que les différentes caractéristiques physiques qui sont favorables à la mise en valeur en irrigation .

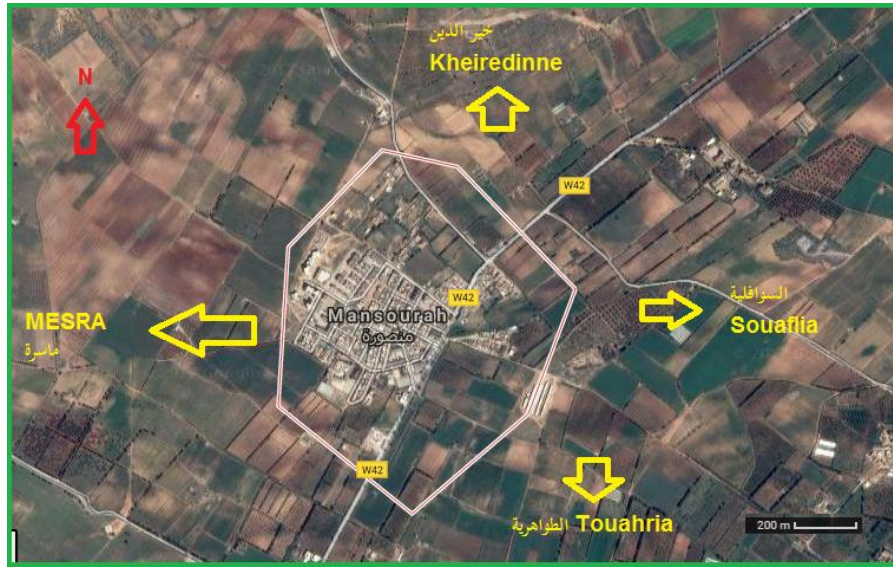
### **I.2 Localisation et présentation de la région d'étude**

La zone d'étude est située à environ 12 kilomètres au Sud - Est du chef-lieu de la wilaya de Mostaganem.

Elle est limitée :

- Au Nord par la RN 90 A ;
- A l'Est par Djebel Grabasse- Djebel Mhir, Djebel Er Ramla, Djebel El Biod, Djebel Zaimia, Djebel Had Hadj ;
- Au sud, par l'autoroute Est – Ouest et oued Maknouf ;
- A l'ouest par l'oued Maknouf, l'agglomération El Hassiane, par un tronçon de la RN 23.

Administrativement, la zone d'étude est rattachée à la commune de Mansourah , Daïra de Mesra.



I.1 :

Figure

Localisation de la commune Mansourah dans la Wilaya de Mostaganem

### **I.2.1 limites et accessibilité**

La zone de projet est bien desservie par l'infrastructure routière, tant dans le réseau primaire par les routes nationales (RN.90, RN.90A, RN.23, RN.17AB, RN.4 ) que par le réseau secondaire (3 chemins de wilaya : CW.6, CW.42, CW.4, CW.24,CW. 13Bis ) ; ainsi qu'un réseau dense de chemins communaux reliant toutes les agglomérations au réseau primaire et secondaire.

Elle est également desservie par l'autoroute Est – Ouest et par la ligne de chemins de fer Alger –Oran.

En matière de desserte agricole on notera l'existence d'un important réseau de pistes.

### **I.2.2 Relief et Hydrographie**

Facteur déterminant dans la mise en valeur agricole surtout en irrigation, le relief de la zone du projet présente les caractéristiques suivantes : Un relief quasiment plat avec quelques ondulations à très faibles amplitudes, il s'identifie à une plaine. Dans les parties basses et les anciennes vallées, le drainage superficiel s'effectue difficilement sous l'action de la nappe phréatique dont l'écoulement est lent, ce qui est à l'origine des marécages dans les zones les plus basses. Cependant, un certain drainage est assuré par le réseau hydrographique de l'Oued Makhlouf qui ne peut cependant prendre en charge la totalité des eaux, notamment durant les périodes pluvieuses. Les pentes relèvent de la classe 0 - 6 %, et l'altitude est de l'ordre de 20 m seulement. Pente faible non contraignante pour la conduite des opérations culturales. Cependant, la géomorphologie de dépression permet l'accumulation des eaux provenant des reliefs environnant, entraînant une remontée d'eau saumâtre (salée) sur toute l'étendue du périmètre lui conférant l'aspect de marécage

### **I.2.3 Géologie**

Le Plateau de Mostaganem est limité au nord par l'Oued Chélif et sa vallée, au Sud par la Plaine des Bordjias, à l'Est par les Djebels Ennaro et Belhacel et à l'Ouest par le bourrelet côtier qui l'isole de la mer méditerranée .Les formations quaternaires, constitués de terrains perméables, forment le réservoir du plateau de Mostaganem. Ces dépôts d'âge Calabrien, sont transgressifs et discordants sur les dépôts marins et continentaux du Miopliocène. Ils se poursuivent par des grès grossiers et se terminent par des niveaux de recouvrement composés de grès dunaires et de limons sableux.Ce recouvrement est masqué localement par une croûte gréso-calcaire blanchâtre.L'épaisseur du Calabrien est de 100 à 120 mètres au maximum, et diminue jusqu'à 20-30 mètres.

## **I.3 CLIMAT**

L'étude climatique présentée a pris en considération une série statistique fournie par l'ONM couvrant une période de 24 années (1990 à 2014).

### I.3.1 pluviométrie

Les valeurs des pluies moyennes annuelles des postes pluviométriques sont récapitulées dans le tableau 1.

**Tableau I.6 : Répartition mensuelle moyenne de la pluie en mm**

	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Annuel
Moy	23,59	34,35	73,65	61,30	56,58	46,14	36,37	36,40	25,64	3,51	1,83	5,46	404,82
Max	143	73	178	216	134,7	140	133,5	111	111	31,8	7,2	42	
Min	0	1	3,4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	

Source : ONM Mostaganem (1990-2014)

La moyenne arithmétique du périmètre est de 404,82 mm, des quantités appréciables sont notées en automne avec 131 mm et en été, elles sont relativement faibles, apportées sous forme d'orages qui provoque des dégâts importants sur les cultures. Les précipitations les plus importantes pour l'agriculture sont celles enregistrées durant les périodes d'automne au printemps.

### I.3.2 Température de l'air

Les températures dans la région d'étude sont données par le tableau ci-dessous.

**Tableau I.7: Répartition mensuelle Tmin et Tmax**

T°	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOU	Moy
Max	32	27.8	23.3	19.5	18	19	21.7	23.8	26.4	31.3	33.9	34.3	25.92
Min	20.4	16.9	12.8	10.3	8	8	12.1	13.6	16.5	19.5	22.7	24.3	15.43
Moy	28.6	25.0	19.9	17.1	16.2	16.8	19.2	21.0	24.1	28.2	31.4	32.2	23.31

Source : ONM Mostaganem (1990-2014)

Les températures minimales sont observées en janvier, avec une moyenne interannuelle variant entre 5,72 et maximale est relevée au mois d'Août avec une température 30.87 °C. En moyenne, la température minimale est de l'ordre de 10,64 °C, alors que les températures maximales sont 25,15 °C.

### I.3.3. humidité relative

L'humidité relative indique que l'état de l'atmosphère est plus ou moins proche de la condensation. L'humidité relative est à l'origine de toutes précipitations, en outre elle régit l'évaporation de l'eau sur la végétation, le sol ou les nappes d'eau.

La répartition moyenne mensuelle de l'humidité relative, mesurée au psychomètre est donnée dans le tableau suivant :

**Tableau I 8 : Répartition mensuelle de l'humidité relative de l'air en %**

MOIS	Sep	Oct.	Nov	Déc.	Jan.	Fév.	Mar	Avr.	Mai.	Juin	Juil.	Août	Année
Humidité (%)	67,93	70,12	73,65	74,43	74,46	72,84	71,15	67,70	66,20	63,82	62,32	63,71	69.03

Source : ONM Mostaganem (1990-2014)

La valeur d'humidité relative minimale est enregistrée au mois de Juillet (62,32%) alors que la valeur maximale est notée au mois de Janvier (74,46%).

#### 1.3.4.vent

Les valeurs mensuelles et annuelles de la vitesse du vent enregistrées au niveau des stations climatologiques sont présentes dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 9 : Vitesse du vent:**

MOIS	Sep	Oct.	Nov	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Année
Vitesse des vents (m/s)	1,6	1,6	1,7	1,8	1,89	2,0	2,01	2,39	2,2	2,09	1,77	1,67	1,68

Source : ONM Mostaganem (1990-2014)

Les vitesses sont relativement faibles et homogènes durant toute l'année. Elles varient entre 1,62 m/s à 2,39 m/s.

#### 1.3.5.l'insolation

La quantité d'heures d'ensoleillement dans la région est donnée par le tableau ci-dessous.

**Tableau I.10: Durée moyenne journalière de l'insolation**

MOIS	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jt	Aou
Inso/jour	8,34	6,89	5,64	5,32	5,56	6,41	7,42	8,28	8,71	9,79	9,44	9,81

Source : ONM Mostaganem (1990-2014)

#### 1.3.6 L'évaporation

**TableauI-6: Durée mensuelle de l'insolation totale en (heures).**

Saison	Automne			Hiver			Printemps			Été			Année
Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	
Evaporation (mm)	216.6	175.4	108.06	85.73	76.86	92	140.73	176.73	233.66	282.86	370.6	315.6	189.57

Source: ONM

Le tableau ci-dessus montre l'évaporation d'environ 189.57 mm annuellement soit une moyenne mensuelle de 190 mm. Le maximum est enregistré au mois de Juillet (370.6 mm) et le minimum au mois de Janvier (76,86).

### I.3.7 Indices agro-climatiques :

#### I.3.7.1 Classification du climat selon l'indice de Martone (1926):

L'indice d'aridité de Martone est un indicateur quantitatif du degré de sécheresse, estimé à un endroit donné. Cet indice est donné par la formule suivante :

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

**I** : Indice d'aridité

**P**: précipitation moyenne annuelle (mm).

**T**: température moyenne annuelle (C°).

$$I = \frac{404}{23,3 + 10} \approx 12.13$$

Tableau I-7: Résultats de l'indice de Martone

Intervalle du valeur du I	Type du climat	IRRIGATION
I < 5	climat hyperaride	Indispensable
5 < I < 7,5	climat désertique	Indispensable
7,5 < I < 10	climat steppique	Souvent Indispensable
10 < I < 20	climat semi-aride	Parfois utile
20 < I < 30	climat tempère	Inutile

Nous remarquons à travers les valeurs obtenues de l'indice d'aridité, que la région appartient au climat semi-aride.

#### I.3.7.2 Quotient pluviométrique d'Emberger (1955) :

Le quotient pluviométrique d'Emberger exprime la sécheresse globale d'un climat en faisant la comparaison entre la consommation en eau et l'apport par le rapport P/E.



$$Q = 2000 \frac{P}{M^2 - m^2}$$

Avec :

P : Moyenne annuelle pluviométrique (mm).

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

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

Q : Quotient pluviométrique d'Emberger.

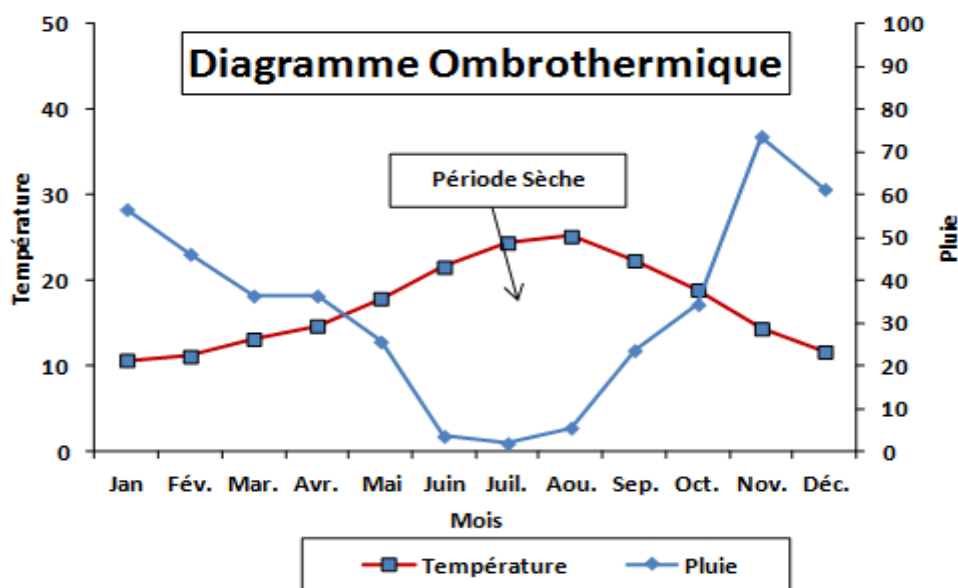
Les calculs donnent :

$$Q = \frac{2000 * 404}{(34.3 + 273)^2 - (8 + 273)^2} \approx 52.2$$

La station de Mostaganem aura un  $Q = 52.2$  ; elle est située à la limite inférieure de l'étage bioclimatique semi-aride à hiver tempéré.

### 1.3.8. Synthèse des données climatique

Le climagramme pluviométrique d'Emberger, spécifique au climat méditerranéen, classe la région d'étude dans l'étage bioclimatique Semi Aride.



Figure

#### I.2 :Diagramme Ombrothermique

Le diagramme Ombrothermique fait ressortir une période sèche qui dure environ 3 mois, allant du mois de Mai jusqu'au mois d'Octobre.

#### I.4 Etude socio-économique de la zone d'étude :

Cette analyse concerne les communes de Mansourah dont une partie de leurs territoires respectifs constitue la zone d'accueil du projet. Comme la commune constitue l'unité administrative et statistique de base, l'approche consiste à maîtriser et mettre en exergue les conditions de vie et de production des populations concernées. Le but recherché est de déterminer les déficits, et de cerner donc les besoins de ces populations dans divers domaines (emploi, habitat, santé, raccordement aux réseaux, etc.). La démarche est basée sur l'analyse d'un certain nombre d'indicateurs liés aux aspects démographiques, sociaux et économiques. Concernant ce dernier aspect, une attention particulière sera accordée au secteur de l'agriculture et de l'élevage, étroitement lié aux objectifs de la présente étude. Cette analyse est basée sur des données statistiques fournies par la Direction des Services Agricoles et la Direction de la Programmation et Suivi Budgétaire de la wilaya de Mostaganem

#### **I.4.1 Indicateurs démographiques :**

Paramètres socio-économique dynamique et déterminant de l'état des lieux, la démographie vise à traiter la tendance générale qui se dégage de l'évolution des populations vivant dans la zone d'accueil du projet durant la période considérée. De même qu'elle se propose d'identifier la relation de ces populations à leur territoire communale et ce, à travers la dispersion de la population et la densité. Par ailleurs, l'appréciation de la répartition par âge rend compte de divers besoins actuels et futurs (santé, éducation, emploi, etc.).

<b>Paramètre</b>	<b>Caractéristiques et indicateurs</b>	Commune de Mansourah
<b>Evolution population</b>	Population RGPH 1998(hab.)	15 641
	Population 2008 (hab.)	18 216
	Taux d'accroissement annuel (%)	1,9
<b>Densité population</b>	Population 2008 (hab.)	18 216
	Superficie (Km2)	48 km <sup>2</sup>
	Densité (Hab. / Km2)	380

## **I.5 Conclusion**

A travers ce chapitre, nous avons discuté les caractéristiques administratives et climatiques de notre région d'étude. Après examen des données, il en ressort que la région d'étude jouit d'un climat sec avec un régime pluviométrique variable en volume et en répartition dans le temps. L'année est caractérisée par un hiver froid et relativement pluvieux et un été sec. Vu l'aridité de la zone d'étude, l'irrigation représente donc un facteur décisif pour l'obtention de rendements acceptables des différentes cultures

# **Chapitre II :**

# **Ressources en sol**

## **II.1.Introduction**

L'objectif visé par le présent chapitre consiste en l'évaluation des potentialités édaphiques du périmètre, de faire ressortir les contraintes à l'aménagement hydro agricole et d'en déduire par conséquent l'aptitude culturale des différentes unités pédologiques.

## **II.2.Etude pédologique**

La pédologie est une science qui étudie les caractéristiques du sol, elle est donc une phase primordiale dans tout projet d'aménagement agricole

### **II.2.1. Levé pédologique**

Il a été réalisé par le biais de profils creusés mécaniquement et par l'observation des coupes naturelles existantes. La profondeur des profils creusés ne dépasse pas généralement 1 m avec une largeur de 1 m. La surface brute levée est de l'ordre de 132 Ha ; 2 profils ont été creusés, selon les unités géomorphologiques, l'occupation des sols et l'accessibilité du terrain.les profils creusés ont fait l'objet d'une description détaillée horizon par horizon.

## **II.3.Classification des sols du périmètre MANSOURAH :**

Le périmètre se compose de glacis à pente douce et de plaine avec pistes aménagées qui permettent l'accès facile aux parcelles. La prospection pédologique et l'analyse des paramètres physico chimiques, ont permis de reconnaître une seule classe appartenant aux sols calcimagnésiques., on a distingué au niveau de cette classe deux types de sols :

### **II.3.1 Les sols calcimagnésiques**

C'est la classe la plus importante du point de vue superficie et qualité. elle se subdivise en deux sous classes :

- I) Les Rendzines
- II) les sols bruns calcaires.

Ils se caractérisent par une texture fine à très fine et une hétérogénéité des horizons de profondeur. Du point de vue aptitude culturale, lorsqu'ils sont associés à des sols plus défavorables (rigosols) (sont à exclure de la mise en valeur), ils sont considérés comme inaptes à l'irrigation en raison de la faible profondeur du sol

Lorsqu'ils forment des unités homogènes, ils seront réservés aux cultures maraîchères, céréalières et cultures industrielles. L'arboriculture est à éviter. La protection contre les vents marins et le labour profond sont indispensables

Ces sols calcimagnésiques peu évolués à profil de type A/C, avec un horizon A bien structuré et assez pourvu en matière organique, ont été observés en plaine et sur glacis à faciès riche en calcaire.

Lorsqu'ils forment des unités homogènes, ils seront réservés aux cultures maraîchères, céréalières et cultures industrielles. L'arboriculture est à éviter. La protection contre les vents marins et le labour profond sont indispensables

### II.3.1.1 .Les Rendzines :

Ces sols calcimagnésiques peu évolués à profil de type A/C, avec un horizon A bien structuré et assez pourvu en matière organique, ont été observés en plaine et sur glaciaires à faciès riche en calcaire.

#### II.3.1.1.1 Description d'un profil type : Profil n°1 :

##### Données générales :

**Tableau II.1 : caractéristique du profile N°1**

Géomorphologie	plaine
Pente	0-3%
Occupation actuelle	/
Aspect de surface	/
Coordonnées	X=251 423 Y=3970 465
Classification	
classe	Sols calcimagnésiques
S/Classe	Sols carbonatés
Groupe	Rendzine
S/groupe	Rendzine modale

**Source : BNDER**

#### II.3.1.1.2 Description morphologique du profil :

**0 – 30 cm** : sec, couleur 10YR5/4, texture limono argileuse, structure polyédrique fine, pas de charge, nombreuses racines fines, bonne activité biologique, matière organique directement décelable, poreux, friable, forte effervescence à Hcl, transition nette

#### II.3.1.1.3 Résultats analytiques :

**Tableau II.2 caractéristique physico-chimique du sol**

Numéro du profil	1
Code laboratoire numéro	1
Horizons	H1

Profondeur en cm		0-30
Granulométrie (en %)	A	32,70
	LF	21,20
	LG	18,50
	SF	15,60
	SG	12,00
Caco <sub>3</sub> Total (en %)		28,25
Caco <sub>3</sub> Actif (en %)		12,60
CEC (en méq /100 g)		19,74
PH ( au 1/5)		8,25
C.Emmhos/cm. (1/5)		0,01
C %		1,18
MO %		2,04
Gypse %		/

Source : BNDER

#### II.3.1.1.4 Interprétation et valeur agronomique :

Ces sols peu profonds, présentent une texture légèrement dominée par la fraction limono argileuse avec une bonne structure et une porosité adéquate des agrégats. Chimiquement, ces sols offrent des propriétés moyennement favorables qui s'articulent autour de :

- ✓ Des teneurs en calcaire actif inférieures à 15% tolérables par une grande gamme de cultures ;
- ✓ Un Ph légèrement alcalin moyennement favorable à la nutrition des plantes ;
- ✓ Une fertilité chimique appréciable exprimée par une capacité d'échange cationique supérieure à 15 méq /100 g de sol et un taux de matière organique variant entre 2 et 3% dans tous les profils analysés.

De ces propriétés, il ressort que ces sols présentent une convenance moyenne pour la céréaliculture et les cultures fourragères, mais une bonne aptitude pour les cultures maraichères et l'arboriculture rustique, notamment les espèces tolérant les fortes teneurs en calcaire telles que le figuier, l'olivier, l'amandier et le grenadier.

#### II.3.2 Les sols bruns calciques :

Reposant à faible ou moyenne profondeur sur des roches en cours d'altération seront réservés aux cultures maraichères, céréalières et fourragères. Les travaux d'aménagement se limitent à la protection contre les vents marins et au labour profond.

##### II.3.2.1.1 Description d'un profil type Profil n°2 :

Données générales :

Tableau II.3 : caractéristique du profil N°2

Géomorphologie	replat
Pente	0-3%
Occupation actuelle	/

Aspect de surface	/
Coordonnées	X= X=250 078 Y=3971 027
Classification	
classe	Sols calcimagnésiques
S/Classe	Sols carbonatés
Groupe	Sols bruns calcaire
S/groupe	vertique

**Source : BNDER**

### II.3.2.2 Description morphologique du profil :

0 – 30 cm : sec, couleur 10YR5/4, texture limono-argileuse, structure polyédrique fine, présence des fentes de retrait de 1 à 2 cm de large, pas de charge, nombreuses racines fines, bonne activité biologique, matière organique directement décelable, poreux, friable, effervescence moyenne à Hcl, transition nette.

30 – 70 cm : sec, couleur 10YR4/3, texture limono argileuse, structure polyédrique moyenne, pas de charge, quelques racines fines, activité biologique très faible, matière organique non directement décelable, porosité moyenne, peu compact, forte effervescence à Hcl avec calcaire an amas friable, transition nette.

70 cm : calcaire friable

### II.3.2.3 Résultats analytiques :

Numéro du profil			P2
Code laboratoire numéro		2	3
Horizons		H1	H2
Profondeur en cm		0-30	30-70
Granulométrie (en %)	A	31,50	36,10
	LF	18,40	21,60
	LG	15,90	16,30
	SF	21,80	17,60
	SG	12,40	8,40
Caco <sub>3</sub> Total (en %)		23,63	28,63
Caco <sub>3</sub> Actif (en %)		10,69	13,30
CEC (en méq /100 g)		16,57	19,31
PH ( au 1/5)		8,20	8,13
C.Emmhos/cm. (1/5)		0,39	0,45
C %		1,20	0,75



MO %	2,06	1,29
Gypse %	/	/

Source : BNDER

### II.3.2.4 Interprétation et valeur agronomique :

Ces sols moyennement profonds présentent des caractéristiques physico chimiques favorables à leur utilisation, et qui s'articulent autour :

- Un aspect de surface sans aucune contrainte pour les travaux du sol ;
- Une profondeur de 70 cm permettant l'introduction d'une large gamme de cultures ;
- Absence de niveau limitant (croûte et encroûtement) ;
- Une texture limono argileuse avec une bonne structure des agrégats favorable à tout type d'utilisation ;
- Absence du risque de salinité exprimé par une conductivité électrique faible ;
- Des teneurs en calcaire actif inférieures à 15% tolérables par une large gamme de cultures ;

Une bonne fertilité chimique exprimée par une capacité d'échange cationique variant entre 16 et 19 méq/100 g de sol, et des taux de matière organique bien incorporés en profondeur.

De ces caractéristiques, il ressort que cette unité morphe pédologique sans contraintes majeures, peut convenir à tout type d'utilisation notamment aux céréales (blé et orge), aux cultures fourragères, aux cultures maraichères (tomate, piment, poivron, courgette, navet, pomme de terre, oignons, artichaut, etc.) et à l'arboriculture fruitière.

### II.4. Aptitudes culturales :

Les aptitudes culturales des différentes unités pédologiques définies ont été établies en tenant comptes des paramètres édaphiques suivants :

- La profondeur du sol
- La texture du sol (selon la profondeur des racines de la culture)
- La structure des horizons en fonction de l'enracinement de la culture
- Présence d'éléments grossiers dans le profil
- L'hydromorphie
- La salinité du sol
- Le calcaire
- La réaction du sol (pH).

**Tableau II.5 Aptitudes culturale**

Type de sol	Type de contrainte	Aptitude	
<b>Rendzine</b>	Profondeur	olivier, figuier, amandier,	Orge, luzerne, vesce, Tomate, –fleur, laitue, pastèque, melon,
			poivron, primeurs
<b>Sols bruns calcaires modaux</b>	Aucune contrainte	Orge, blé tendre, blé dur, vesce, luzerne, Tomate, pomme de terre, navet, choux–fleur, laitue, aubergine, pastèque, melon, piment-poivron, primeurs	/

En tenant compte des contraintes et potentialités intrinsèques des sols du périmètre étudié, le choix des cultures a été élaboré sans tenir compte des considérations économiques qui pourraient orienter ce choix.

Les cultures céréalières, fourragères et maraîchères peuvent donner de bons rendements sur les sols bruns calcaires modaux et des rendements moyens sur les rendzines dont la profondeur ne permet pas des labours profonds. Les espèces non exigeantes en profondeur et très tolérantes au calcaire actif telles que l’olivier, l’amandier, le figuier, le grenadier et la vigne, conviennent parfaitement sur les rendzines modales.

## **II.5. Qualité des sols**

### **II.5.1: conductivités électriques**

Pour les profils analysés, les conductivités électriques moyennes, maximales et minimales sont rappelées ci-dessous :

**Tableau II.6. La conductivité du sol**

Zone	Classification( E <sub>Ce</sub> moyenne)	Nombre de profil	conductivité électrique .CE mmhos/cm	
			Maximale (M)	Minimale (m)
Périmètre de Mansourah	E <sub>Ce</sub> ≤ 1	4	0.01	0.45

Interprété en fonction d'une échelle au terme de conductivité électrique de l'extrait

- 00 - 0,6 mmhos/cm : non salins
- 0,6 - 1,2 mmhos/cm : peu salins
- 1,2 - 2,4 mmhos/cm : Salé
- 2,4 - 6 mmhos/cm : fortement salé
- > 6 mmhos/cm : Extrêmement salé

De notre périmètre la conductivité électrique inférieure à 0,6 mmhos/cm donc le sol non salins donc ne nécessite pas de lessivage.

### II.5.2. La perméabilité des sols :

La perméabilité a été déterminée par les méthodes suivantes

:

- a- Mesure au laboratoire.
- b- Méthode du « trou de sondage » (Houghoudt-Ernest, 1940)
- c- Evaluation en champs.

Tous les échantillons à structure conservée sont recueillis en double exemplaire dans des anneaux métalliques de 5 cm de diamètre intérieur et de 5,1 cm de longueur. les échantillons sont saturés à l'eau.

Pour déterminer la perméabilité d'après la quantité d'eau s'écoulant par unité de temps, on travaille sous charge constante.

Les classes de perméabilité retenues :

- Classe I : I ≤ 1 cm/h □ sols très imperméables à ne pas irriguer
- Classe II : 1cm/h < I ≤ 2 cm/h □ sols imperméables à irriguer avec précautions
- Classe III : 2cm/h < I ≤ 3 cm/h □ sols imperméables à irriguer
- Classe IV : 3 cm/h < I ≤ 4 cm/h □ sols perméables à irriguer

Classe V : I > 4 cm/h □ sols très perméables, risque de perte d'eau

**Tableau II.7: répartition des perméabilités**

Zone pédologique	Profondeur (cm)	Perméabilité (cm/min)
------------------	-----------------	-----------------------

Mansourah	0 -30	0.1493
	30 -60	0.1137
	60-100	0.45167

## **II.6. Conclusion**

Le présent chapitre a été consacré à l'étude pédologique dans laquelle nous avons présenté les principales caractéristiques du sol, les unités pédologiques recensées et les contraintes de mise en valeur définies. Les sols présentent généralement une texture limono-argileuse, avec une perméabilité élevée

# **Chapitre III :**

# **Ressources en eau et**

# **l'hydrologie**

## **Chapitre III : Ressources en eau et Hydrologie**

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

Avant d'entamer une étude en irrigation, il faut d'abord localiser et quantifier l'eau nécessaire aux différents besoins des cultures. Pour cela et à travers ce chapitre on va présenter les ressources en eau qui peuvent alimenter le périmètre de Mansourah et détailler l'étude hydrologie afin de déterminer les caractéristiques des pluies de fréquences données.

### **III.2.Ressource en eau**

La ressource en eau prévu initialement proviendra du barrage de Kerrada , et aussi des eaux souterraines .

#### **III.2.1.Les ressources superficielles**

##### **Barrage de KERRADA :**



**Figure III.1 : Barrage reservoirs du KERRADA**

- **Caractéristiques techniques du Barrage Kerrada (Barrage Réservoir) :**

Hauteur du Barrage : 85 m;

Longueur en crête : 800 m;

Capacité totale : 70 hm<sup>3</sup>;

Capacité utile : 60 hm<sup>3</sup>;

Capacité de pompage : 9.50 m<sup>3</sup>/s = 820800 m<sup>3</sup>/jour.

### III.2.2. Les ressources souterraines

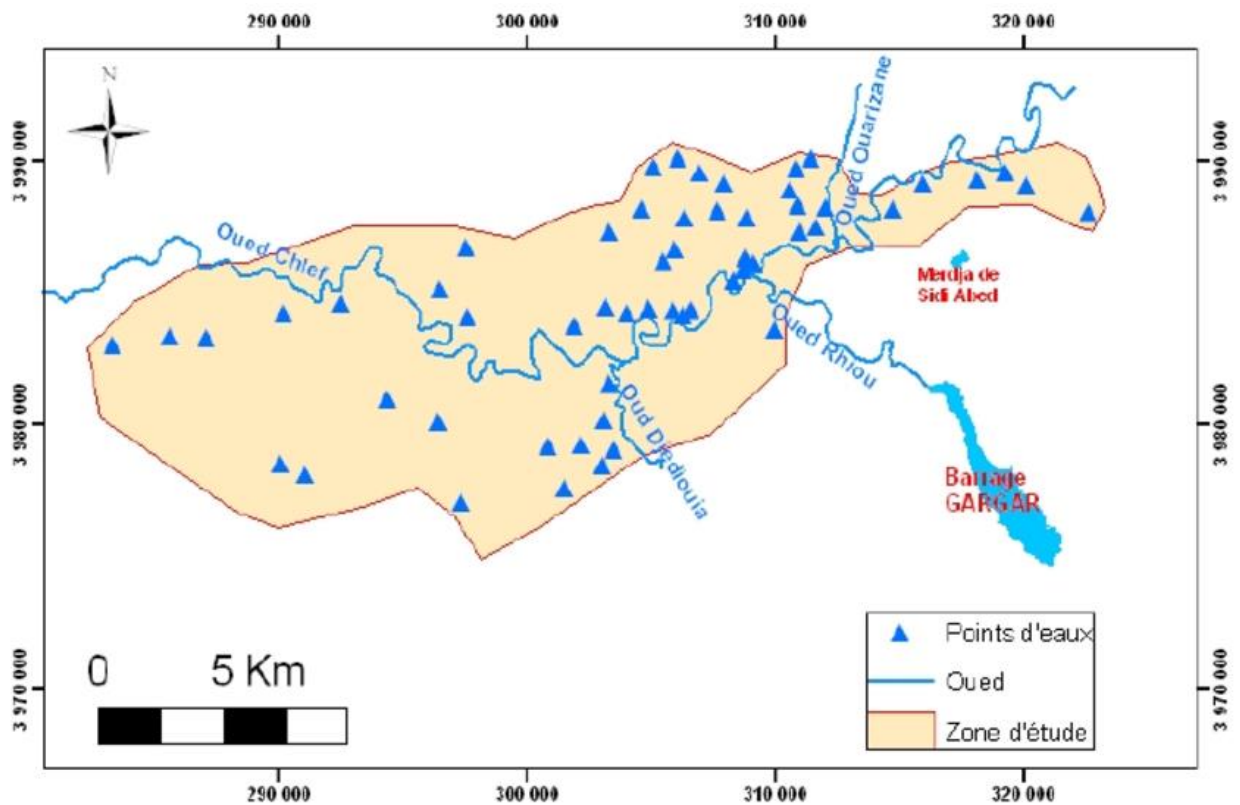


Figure III.2 : Bassins et sous bassins versants de la Wilaya de Mostaganem

Pour la qualité de la ressource souterraine, les paramètres régulièrement mesurés par l'ANRH forment une analyse chimique, incluant en particulier :

- pH,
- DBO<sub>5</sub>, DCO et Oxygène dissous,
- Dureté,
- Résidu solide,
- Nutriments organiques: N et P,
- Anions: NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>--</sup>

- Cations: Na<sup>+</sup>, Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>.

A partir des données recueillies auprès de l'ANRH d'Oran au niveau du Plateau de Mostaganem (qui constitue le principal aquifère de la wilaya) et de mesures antérieures, un bilan relativement exhaustif de la qualité des eaux souterraines a pu être établi dans le cadre de l'Etude Sogrèah/2009/Plateau de Mostaganem). Les normes considérées sont celles recommandées par l'OMS.

Ce bilan a montré que la qualité de l'eau est bonne pour la majorité des paramètres physicochimiques. Cependant il est noté quelques paramètres ayant des concentrations parfois importantes. La comparaison avec les valeurs recommandées par l'OMS permet de mettre en évidence ces concentrations.

- **pH :**

Le pH mesuré est généralement compris entre 6,8 et 7,4 avec une moyenne autour de 7,1. Ce pH est conforme aux valeurs généralement admises.

- **Température :**

La température varie généralement entre 19 et 22°C.

- **Résidu sec :**

La valeur limite recommandée par l'OMS est de 1000 mg/l. Or, au niveau du plateau, plus de 80% des points mesurés ont des valeurs de résidus secs supérieures à cette valeur.

- **Chlorures :**

La valeur limite des ions chlorures admise dans l'eau potable en Europe est de 250 mg/l. Au niveau des analyses disponibles, on observe que 24% des points d'eau mesurés respecte cette limite. Le reste des valeurs est essentiellement compris entre 250 et 1000 mg/l. La répartition des concentrations est hétérogène.

- **Nitrates :**

La majorité des mesures (76% des points) montre des concentrations en nitrates supérieures à la réglementation de l'OMS (50 mg/l). La plus forte concentration



mesurée est de 225 mg/l, le point de mesure est cependant situé dans le golfe d'Arzew donc hors du plateau de Mostaganem.

- **Sulfates :**

Environ 60% des points respectent la valeur de 250 mg/l recommandée par l'OMS. L'origine de ces valeurs élevées semble essentiellement liée à l'agriculture (épandage d'engrais notamment), qui est l'activité principale du Plateau.

En conclusion pour la plupart des exploitants la qualité de l'eau souterraine est jugée bonne, à l'exception toutefois dans les moyennes et grandes exploitations où il est fait souvent état de salinité élevée que dans les plus petites.

### III.3. Compositions chimiques de l'eau d'irrigation

#### II.3.1 La salinité

La salinité constitue l'aspect le plus important qui pose un problème dès l'instant où l'accumulation des sels dans la zone racinaire atteint une concentration qui provoque une baisse de rendement pouvant aller jusqu'au dépérissement de la culture.

Les caractéristiques chimiques de l'eau sont indispensables pour le choix des cultures et l'estimation de la dose d'irrigation, pour cela en fait des analyses sur la composition chimique de l'eau des barrages, nous à donner les résultats suivants :

**Tableau III.1 : Compositions chimiques de l'eau du barrage KERRADA**

Elément	mg/l	méq/l
Ca <sup>++</sup>	141	7,05
Mg <sup>++</sup>	90	7.5
Na <sup>+</sup>	306	13.3
Cl <sup>-</sup>	416	13.2
SO <sub>4</sub>	560	11.66
NH <sub>4</sub>	0.33 mg/l	
PO <sub>4</sub>	0.06 mg/l	
NO <sub>3</sub>	07 mg/l	
DBO <sub>5</sub>	7.1 mg/l	

DCO	38 mg/l
MO	7.6 mg/l
O <sub>2</sub> dissous	68.6 %
Résiduel sec à 110°C	1660 mg/l
Minéralisation	1288mg/l
Conductivité à 25°C	0.7mmhos/cm
PH	7
Turbidité (FTU)	2

**Tableau III.2 : Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique**

Classe	Conductivité électrique CE (mmhos/cm) à 25°C	Qualité des eaux	Observation
C <sub>1</sub>	$CE \leq 0,25$	Eau de risque faible	convient pour toutes les cultures
C <sub>2</sub>	$0,25 < CE \leq 0,75$	Eau de risque moyen	pour les plantes moyennement tolérantes.
C <sub>3</sub>	$0,75 < CE \leq 2,25$	Eau de risque élevée	ne convient qu'à des sols bien drainés et des plantes tolérantes
C <sub>4</sub>	$CE > 2,25$	Eau de risque très élevée	eau difficilement utilisable sur sol bien drainé

L'eau du barrage Kerrada prévue pour l'irrigation du périmètre a une conductivité électrique CE = 0.54 mmhos/cm, donc le risque de salinité est moyen. ce qui présente un risque moyen, et convient pour les plantes moyennement tolérantes.

### III.3.2 Le coefficient d'adsorption du sodium SAR (Sodium Absorption Ration) :

Si l'eau est riche en sodium celui-ci peut se fixer sur le complexe du sol et exerce alors une action de défoulant, pour apprécier le risque alcalin, on compare la concentration en ion Na<sup>+</sup>, celle en ion Ca<sup>++</sup> et Mg<sup>++</sup>, il est défini comme suit : revoir l'écriture elle est collée.

Avec: Na<sup>+</sup>, Ca<sup>++</sup> et Mg<sup>++</sup> meq/l

quatre classes de danger d'alcalinisation ont été définies en relation avec le risque salin :

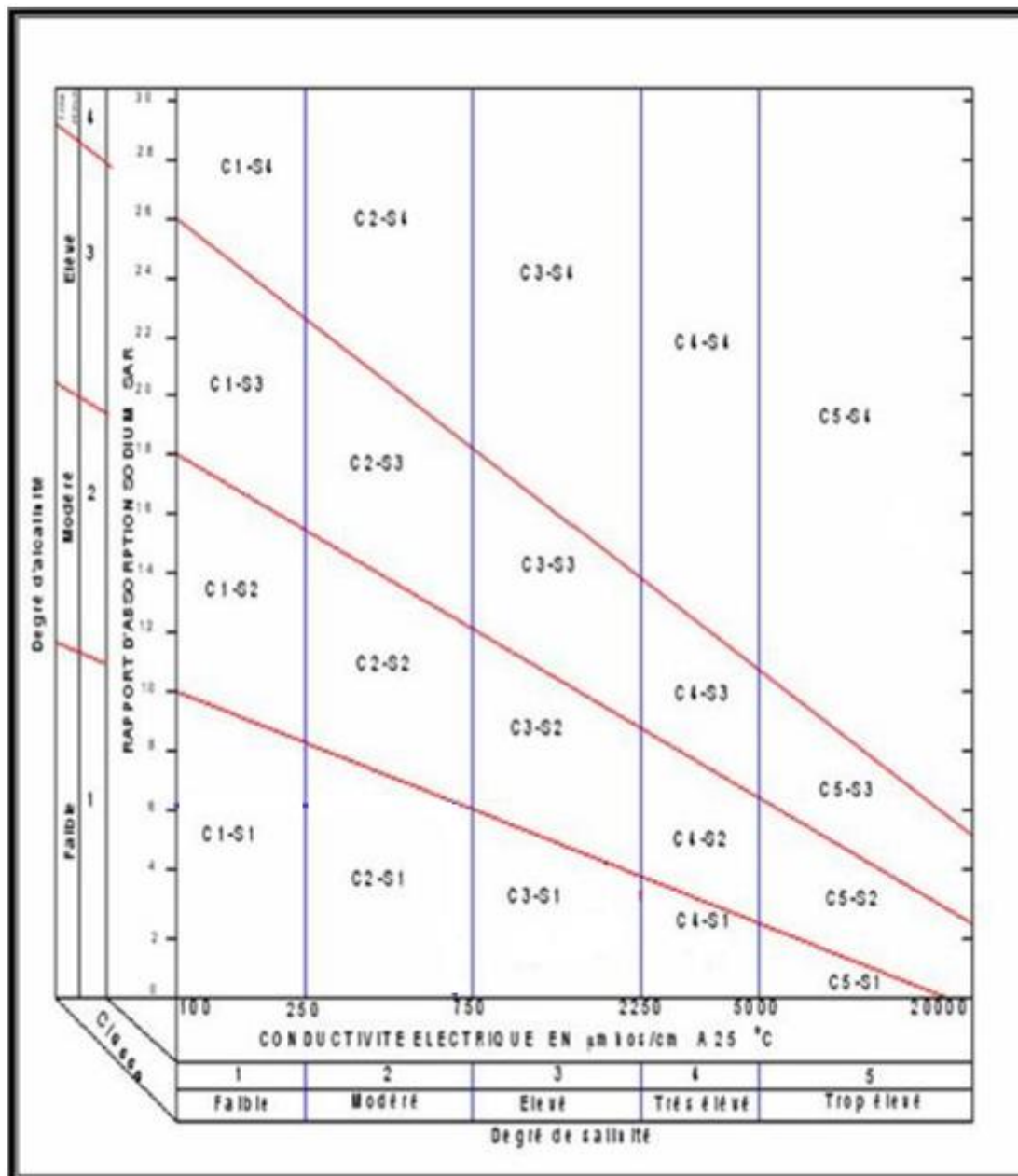
**Tableau III.3: Classification des eaux en fonction du S.A.R**

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

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}} = 4.9$$

S.A.R = 4.9 . Donc on obtient un Risque faible.

Si on se réfère au diagramme de classification des eaux d'irrigation, on peut affirmer que notre eau est caractérisée par une salinité moyenne avec un degré d'alcalinité faible (C2 ,S1), ce qui stipule que notre eau pourra être utilisé dans les projets d'irrigation .



**Figure III.3 :Diagramme de classification des eaux d'irrigation du barrage du Kerrada**

### III.4. Etude hydrologique

L'hydrologie est définie comme une science qui étudie le cycle de l'eau dans la nature et l'évolution de celle-ci à la surface de la terre, ainsi que l'ensemble des aspects liés aux processus de maturation de n'importe quel ouvrage hydraulique.

Ce volet a pour but de déterminer les caractéristiques des pluies de fréquences donné, qui conditionnent l'étude de notre projet d'aménagement hydro-agricole, l'étude porte sur : la détermination de l'année de calcul, l'homogénéisation des séries pluviométriques, et l'étude fréquentielle des séries pluviométriques par des lois statistiques.

#### III.4.1. Etude des pluies annuelles

Pour l'étude des pluies, nous avons exploré un échantillon de données pluviométriques de la station de Mostaganem ; les données d'observation ont été collectées sur une période de 24 ans.

### III.4.2.Présentation de la station météorologique

La station pluviométrique choisie est celle de Boughirat qui est proche du périmètre d'étude, et gérée par l'ANRH elle présente les caractéristiques suivantes :

**Tableau III.4.Présentation de la station météorologique de BOUGHIRAT**

Station	Code	Latitude	Longitude	Altitude
Boughirat	111609	35°46'	00°15'	85 m

La répartition des pluies de la station est comme suit :

**Tableau III.5.Précipitation mensuelle de la station Mostaganem**

année	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aou.	Annuel
1990	7,5	24,6	29,6	29,9	108,5	0	28,9	58,8	11,8	0	5,9	0	305,5
1991	9	35,9	80,6	11,5	28,3	60,7	133,5	6,8	26,8	2	1,2	0,4	396,7
1992	1,5	9,1	34,7	23,8	42,4	0	54	8,8	36,2	31,8	7,2	0,3	249,8
1993	5,8	55,9	55,7	9,7	0	68,1	23	26,1	25,3	4,7	0	3,3	277,6
1994	20,5	23,7	34,8	3	40,2	47,9	1,4	36,5	8,4	0	0	0	216,4
1995	24,7	15,3	86,1	61,1	47,2	37	56,8	14,8	0,6	3,1	5,7	1,4	353,8
1996	35,3	30,2	3,4	48,5	134,7	105	39,9	59,5	24,8	0	5,6	0,8	487,7
1997	23,4	37,9	66,9	56,1	79,4	4,2	0	111	16,8	1,6	2	11,4	410,7
1998	6,2	10,9	26,1	69,2	49	32,5	12,7	33	49,2	0	2,4	9,2	300,4
1999	23	24,5	74,2	62,1	89,1	81,2	51,5	4,5	3	1,2	0,7	13,2	428,2
2000	143	60	118	27	5	0	14	21	32	0,5	0	0,5	421
2001	7	17	178	45	43	140	3	68	21	1	0	0,1	523,1
2002	1	41	71	9	7	0	70	60	42	2	1	11	315
2003	0	36	75	78	72	47	7	63	14	1	0	0	393

<b>2004</b>	5	65	95	147	27	43	12	13	61	14	0	1	483
<b>2005</b>	21	45	108	44	11	67	26	6	0,5	1	0	1	330,5
<b>2006</b>	37	1	6	216	118	82	10	24	111	4	0	0	609
<b>2007</b>	42	73	69	59	41	65	83	0	0	0,1	2	42	476,1
<b>2008</b>	36	45	169	129	28	7	17	6	21	9	7	0	474
<b>2009</b>	28	4	22	35	64	15	36	45	20	1	0	1	271
<b>2010</b>	6	72	65	16	48	70	49	52	12	4	2	23	419
<b>2011</b>	5	41	79	45	72	26	29	87	49	0	0	0	433
<b>2012</b>	14	59	151	81	74	26	64	3	0	0	0	14	486
<b>2013</b>	25	6	75	145	69	62	46	94	48	0	3	2	575
<b>2014</b>	62,8	25,7	68,2	81,6	116,8	66,8	41,6	8,1	6,6	5,8	0	1	485
<b>Moyenne</b>	<b>23,59</b>	<b>34,35</b>	<b>73,65</b>	<b>61,30</b>	<b>56,58</b>	<b>46,14</b>	<b>36,37</b>	<b>36,40</b>	<b>25,64</b>	<b>3,51</b>	<b>1,83</b>	<b>5,46</b>	<b>404,82</b>
<b>Max</b>	<b>143</b>	<b>73</b>	<b>178</b>	<b>216</b>	<b>134,7</b>	<b>140</b>	<b>133,5</b>	<b>111</b>	<b>111</b>	<b>31,8</b>	<b>7,2</b>	<b>42</b>	
<b>Min</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>3,4</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	

### III.4.3. Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique

Le test d'homogénéité consiste à vérifier que K ( $K \geq 2$ ) échantillons (groupes) proviennent de la même population ou que la distribution de la variable d'intérêt est la même dans les K échantillons

Pour vérifier l'homogénéité de la série pluviométrique on procède au Test de Wilcoxon qui repose sur le procédé ci-dessous :

- ✓ On divise la série complète en deux sous séries: x et y tel que:  $N_1$  et  $N_2$

Représentant respectivement les tailles de ces deux sous séries considérant généralement  $N_2 > N_1$

- ✓ On constitue par la suite, la série x unions y après avoir classé la série de pluie d'origine par ordre décroissant. à ce stade, on attribue à chaque valeur de la série pluviométrique classée, son rang, tout en précisant à quels sous série elle appartient.

Wilcoxon a montré que la série est homogène avec une probabilité de 95%, si la relation ci-dessous est vérifiée.

Avec :  $W_{min} < W_y < W_{max}$

$W_y$ : Somme des rangs des sous séries

$$W_{min} = \left[ \left( \frac{(N_1 + N_2 + 1) * N_1 - 1}{2} \right) - 1.96 \left( \frac{N_1 * N_2 (N_1 + N_2 + 1)}{12} \right)^{0.5} \right]$$

$$W_{max} = [(N_1 + N_2 + 1)N_1 - W_{min}]$$

$N_1=10$  et  $N_2=14$

Le tableau suivant détaille le procédé de test d'homogénéité des pluies de notre station :

**Tableau III.6. Test d'homogénéité de Wilcoxon**

Rang	La Série P (mm)	Séries X (mm)	séries-Y (mm)	Décroissant (mm)	Y union X
1	305,5	483	305,5	609	X
2	396,7	330.5	396,7	575	X
3	249,8	609	249,8	523.1	Y
4	277,6	476.1	277,6	487.7	Y
5	216,4	474	216,4	486	X
6	353,8	271	353,8	483	X
7	487,7	419	487,7	476.1	X
8	410,7	433	410,7	474	X
9	300,4	486	300,4	433	X
10	428,2	575	428,2	428.2	Y
11	421		421	421	Y
12	523,1		523,1	419	X
13	315		315	410.7	X
14	393		393	396.7	Y
15	483			393	Y
16	330,5			353.8	Y
17	609			330.5	X
18	476,1			315	Y
19	474			305.5	Y
20	271			300.4	Y
21	419			277.6	Y
22	433			271	X
23	486			249.8	Y
24	575			216.4	Y

Nous avons :  $91.02 < 102 < 158.98$  donc  $W_{min} < W_y < W_{max}$

La condition de Wilcoxon est vérifiée, donc la série des précipitations moyennes annuelles de la station de Mostaganem est homogène.

### III.5. 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.5.1.Choix du type de loi

Ces critères de choix sont liés à un ajustement graphique d'abord et ensuite à un test d'adéquation. L'allure des points sur du papier à probabilité nous permet 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.

### III.5.2.Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gauss ou loi normale

Le procédé de calcul consiste à:

Classer les valeurs de l'échantillon par ordre croissant.

Affecter un numéro d'ordre aux valeurs classées.

Calculer la fréquence expérimentale (par la formule de Hazen par exemple).

Variable réduite de gauss :  $U = \frac{X - \bar{X}}{\delta}$  .

Calcul des caractéristiques empirique de loi ( $\bar{X}$  ;  $\delta$  ;  $C_v$ ;  $C_s=0$ ).

Le coefficient de variation :  $C_v = \frac{\delta}{\bar{X}}$  .

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

$$X_{P\%} = \bar{X} + \delta * U_{P\%}$$

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

$U_{P\%}$ : variable réduit de Gauss.

$\bar{X}$  : Moyenne arithmétique.

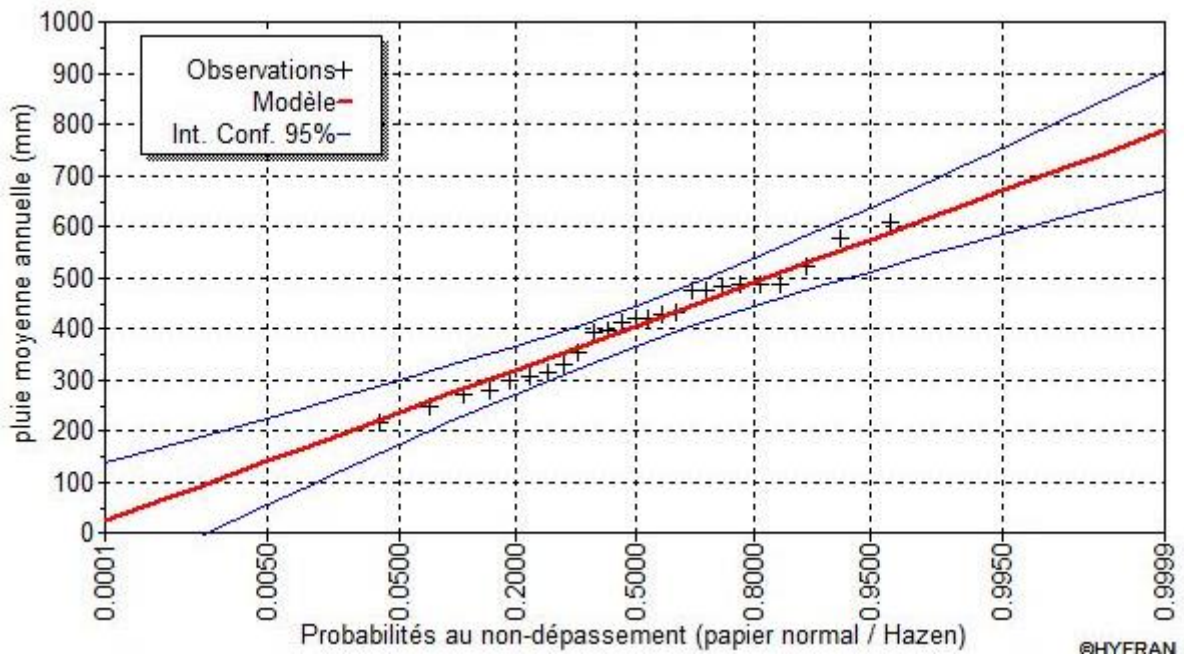
$\delta$  : Écart type

Pour les calculs on a utilisé le logiciel HYFRAN. Les résultats obtenus figurent au tableau III-7et au Figure III-5

### Tableau III.7.Ajustement à la loi normale



T	F	P%	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)
100.0	0.9900	644	40.2	565 - 723
50.0	0.9800	616	36.8	544 - 688
20.0	0.9500	574	31.9	511 - 636
10.0	0.9000	536	28.0	481 - 591
5.0	0.8000	491	24.1	444 - 538
2.0	0.5000	405	20.6	364 - 445
1.2500	0.2000	318	24.1	271 - 365



**Figure III.4 : Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gauss**

### III.5.3. Test de validité de l'ajustement à la loi choisie

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 ( $\chi^2$ ).

Soit un échantillon de N valeurs, classées par ordre croissant ou décroissant à étudier, et pour le quel une loi de répartition F(X) a été déterminée :

On divise cet échantillon en un certain nombre de classes K contenant chacune  $n_i$  valeurs expérimentales. Le nombre  $V_i$  est le nombre théorique de valeurs sur un échantillon de N valeurs affectées à la classe i par la loi de répartition, donnée par la relation suivante :

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

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

$$\chi^2 = \sum \frac{(n_i - v_i)^2}{v_i}$$

$$\lambda = K - 1 - P$$

Avec :

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

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

### III.5.4 Test de Khi carré pour la loi Normale

- ✓ On calcule  $\chi^2$ .
- ✓ On calcule le nombre de degré de liberté  $\gamma$  :
- ✓ On détermine  $\chi^2_{\text{théorique}}$  sur la table de Pearson (voir la table ci après)

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

La loi est adéquate pour une erreur  $\alpha = 0.05$  si et seulement si :  $\chi^2_{\text{calculé}} < \chi^2_{\text{théorique}}$

**La table de  $\chi^2$  :**

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

5	1.610	4.351	6.064	7.289	9.236	11.070	13.388	15.086	20.515
6	2.204	5.348	7.231	8.558	10.645	12.592	15.033	16.812	22.457
7	2.833	6.346	8.383	9.83	12.017	14.067	16.622	18.475	24.322
8	3.490	7.344	9.524	11.030	13.362	15.507	18.168	20.090	26.125
9	4.168	8.343	10.656	12.242	14.684	16.919	19.679	21.666	27.877

D'après le logiciel HYFRAN on obtenu les résultats suivant:

$$\chi^2_{\text{calculé}}=4.96 < \chi^2_{\text{théorique}}=9.488$$

D'après la table de Pearson du  $\chi^2$  on a :

$$\chi^2_{\text{théorique}} = 9.488$$

$$\chi^2_{\text{calculé}} = 4.96 < \chi^2_{\text{théorique}} = 9.488$$

Donc l'ajustement est à considérer

### III.5.5. Ajustement des pluies annuelles à la loi du log-normale (loi de Galton)

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

-Les données statistiques des pluies sont rapportées à une autre échelle à savoir l'échelle du log normale.

Nous avons l'équation de la droite de Galton qui s'écrit comme suit :

$$\text{Ln}(X_{p\%}) = \overline{\text{Ln}(\mathbf{X})} + \delta_{\text{Ln}} * U_p$$

Avec:

Ln: symbole de l'opérateur mathématique correspondant au logarithme népérien.

$X_{p\%}$  : précipitation probable à P%.

$\overline{\text{Ln}(\mathbf{X})}$  : Moyenne arithmétique du log des précipitations observées.

$\delta_{\text{Ln}}$ : la variance, calculée pour les précipitations observées sous l'échelle logarithmique sa formule s'écrit comme suit :

$$\delta_{Ln} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{i=n} [\ln(X_i) - \overline{\ln(X)}]^2} \quad \text{Si } n < 30$$

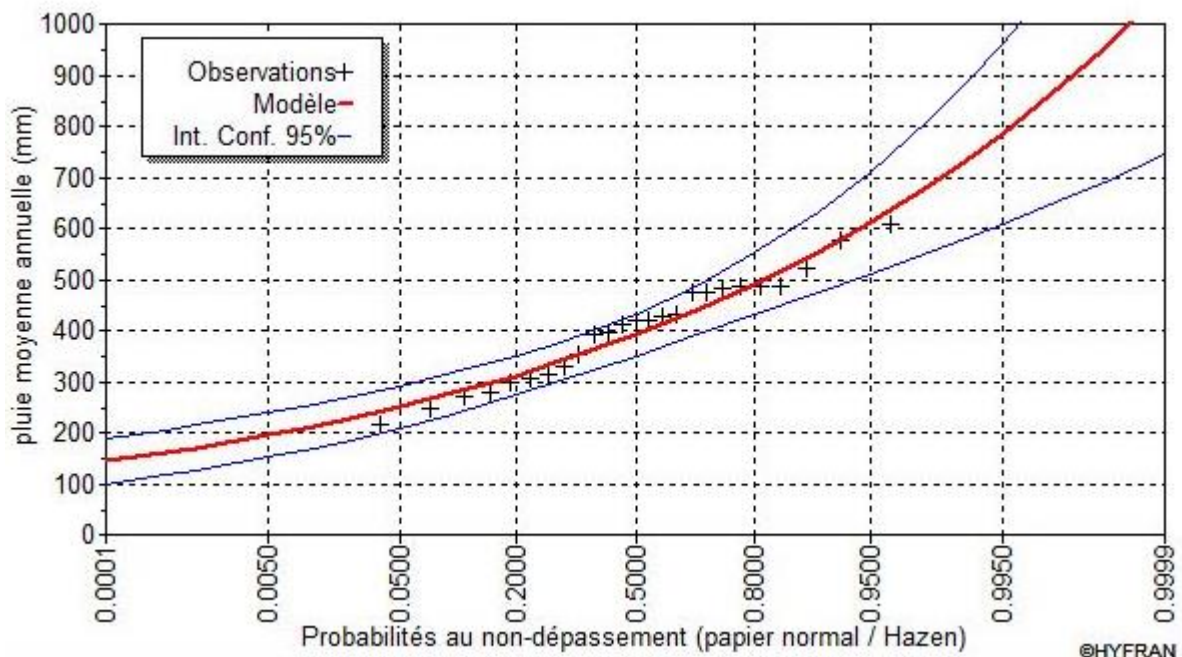
$$\delta_{Ln} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} [\ln(X_i) - \overline{\ln(X)}]^2} \quad \text{Si } n \geq 30$$

$U_{p\%}$ : variable réduite de Gauss.

Pour les calculs on a utilisé le logiciel HYFRAN Les résultats obtenus figurent au tableau III-8 Et au Figure III-6

**Tableau III.8. Ajustement à la loi log normale**

T	F	P%	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)
100.0	0.9900	733	77.4	582 - 885
50.0	0.9800	681	65.8	552 - 810
20.0	0.9500	610	51.1	510 - 710
10.0	0.9000	553	40.7	473 - 633
5.0	0.8000	491	31.0	430 - 552
2.0	0.5000	391	21.1	350 - 433
1.2500	0.2000	312	19.7	273 - 350



**Figure III-5. Ajustement des pluies annuelles à la loi log-Normale**

### III.5.6. Test de validité de l'ajustement à la loi log-normale (loi de Galton)

#### ➤ Test de Khi carré pour la loi de Galton

- ✓ On calcule  $\chi^2_{\text{calculé}}$ .
- ✓ On calcule le nombre de degré de liberté  $\gamma$ .
- ✓ On détermine  $\chi^2_{\text{théorique}}$  sur la table de Pearson III.

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

La loi est adéquate pour une erreur  $\alpha = 0.05$  si et seulement si :  $\chi^2_{\text{calculé}} < \chi^2_{\text{théorique}}$ .

D'après le logiciel HYFRAN on a obtenu les résultats suivants:

$$\chi^2_{\text{calculé}} = 3.84 \quad \gamma = 4$$

D'après la table de Pearson du  $\chi^2$  on a :

$$\chi^2_{\text{théorique}} = 9.488$$

$$\chi^2_{\text{calculé}} = 3.84 < \chi^2_{\text{théorique}} = 9.488$$

D'après le test de Khi carré, la loi log-Normale s'ajuste mieux aux pluies annuelles par rapport à la loi normale.

### III.6. Détermination de l'année de calcul

Puisque la loi log-normale est la plus adéquate, alors nous la retenons pour l'estimation de la pluviométrie moyenne mensuelle représentative de la région. On déduit les résultats suivants :

$$P_{\text{théorique}} 80\% = 312 \text{ mm.}$$

P\_théorique 50% = 391mm.

L'estimation de l'année sèche de fréquence sec 80%; on utilise la formule suivante :

$$P_i, 80\% = P \text{ moy de chaque mois} \times \frac{P_{\text{théorique (80\%) Annuelle}}}{P_{\text{théorique (50\%) Annuelle}}$$

Avec : i : mois

Les pluies mensuelles servant au calcul et au dimensionnement du réseau de notre périmètre sont présentées comme suit :

**Tableau III.09. Précipitation moyenne mensuelle de l'année de calcul**

mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
P <sub>i,moy</sub> (mm)	23,59	34,35	73,65	61,30	56,58	46,14	36,37	36,40	25,64	3,51	1,83	5,46
P <sub>sec80%</sub> (mm)	18.8	27.4	58.77	48.91	45.15	36.8	29	29.04	20.46	2.8	1.46	4.36

### III.7. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons abordé la problématique des ressources en eau de la zone d'étude. Etant donné les caractéristiques climatologiques arides de la région, les calculs hydrologiques ont montré la nécessité d'approvisionnement en eau du périmètre à partir du barrage.

Cette étude a permis de reconstituer l'année de pluie mensuelle de probabilité 80% pratiquement et de période de retour 5 ans. A partir de l'ajustement des séries des pluies journalières maximales, on constate que la loi de **GALTON (log-normale)**, adoptée dans notre projet, présente une bonne adéquation.

# **Chapitre IV : Calcule des besoins en eau pour les cultures**

## **Chapitre IV : Calcul des besoins en eau des cultures**

### **IV.1.Introduction**

Dans ce présent chapitre, on se propose de quantifier les besoins en eau des cultures sur la base d'informations définies auparavant, conditionnant la conception de notre projet tels que : les conditions climatiques, cultures envisageables, potentialités des sols, l'eau disponible, fertilité des sols, pratique culturale et méthodes d'irrigation.

### **IV.2.Choix des cultures à mettre en place de la region d'études**

Le choix des cultures à mettre en place doit concilier entre les critères suivants :

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

### **IV.3.Définition d'un régime d'irrigation**

Le régime d'irrigation est défini comme étant l'ensemble du nombre de doses d'arrosage qu'il faut appliquer aux cultures au cours de toute leur période de végétation dans le but de compenser le déficit hydrique dans la couche active du sol.

### **IV.4.Besoins en eau des cultures**

#### **IV.4.1.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).

#### **IV.4.2.L'évapotranspiration**

L'évapotranspiration représente la quantité d'eau perdue sous forme de vapeur à partir d'une surface couverte de végétation. Cette quantité est généralement exprimée par unité de surface et par unité de temps, en m<sup>3</sup>/ha/jour, en m<sup>3</sup>/ha/mois ou en m<sup>3</sup>/ha/an. Bien entendu, l'évapotranspiration peut également s'écrire en mm/jours par mois ou par an.



On distingue : l'évapotranspiration de référence ( $ET_0$ ), L'évapotranspiration potentielle (ETP) et l'évapotranspiration réelle (ETR).

**- L'évapotranspiration de référence :**

Elle est définie comme « le niveau d'évapotranspiration d'une surface importante d'un gazon de hauteur uniforme (entre 8 et 15cm), en croissance active, recouvrant complètement le sol et alimenté en eau de façon non restrictive ».

**- L'évapotranspiration potentielle :**

Elle est définie comme l'ensemble des pertes en eau d'un couvert végétal abondant, bien alimenté en eau, lorsque l'énergie (évaporation de l'atmosphère) est le seul facteur qui limite cette évaporation. On peut définir l'ETP comme l'évapotranspiration d'un couvert végétal présentant un développement foliaire maximum (au stade de pleine croissance) couvrant bien le sol, ce dernier étant à la capacité au champ, L'ETP correspond à la « demande d'évaporation » en eau « pouvoir » évaporant de l'air.

**- L'évapotranspiration réelle :**

Pendant une période déterminée (jour, mois, cycle végétatif complet), chaque parcelle va perdre, par transpiration et évaporation directe, une certaine quantité d'eau appelée évapotranspiration réelle ETR : celle-ci pourra bien sûr être inférieur ou égal à l'ETP selon que les conditions de celle-ci sont réunies ou non.

**IV.4.2.1.Méthode d'évaluation de l'évapotranspiration :**

Il n'est pas question ici de présenter en détail toutes les méthodes utilisées pour le calcul de l'évapotranspiration des cultures.

On distingue généralement deux types :

- Les méthodes directes.
- Les méthodes indirectes.

**IV.4.2.1.1.Méthodes directes :**

- **L'évapotranspiromètre ou cuve lysimétrique :**

Comme son nom l'indique, l'appareil sert à mesurer l'évapotranspiration en un lieu donné du sol nu ou plus généralement d'un couvert végétal

- **Le bac évaporant**

Cet appareil très simple permet de mesurer directement l'évapotranspiration d'une nappe d'eau libre. Sous réserve qu'il soit correctement installé, il permet d'obtenir une bonne estimation de l'ETP.

- **L'évaporomètre piche**

Il s'agit d'un tube de verre rempli d'eau et fermé à son extrémité inférieure par une rondelle de papier buvard. La tranche d'eau évaporée à partir de celle-ci se lie directement sur les graduations du tube.

#### **IV.4.2.1.2.Méthodes indirectes :**

Ces méthodes permettent de calculer l'ETP à partir de formules ne comportant que des données climatiques.

##### **1) Formule de Blaney et Criddle**

A la suite de nombreuses expérimentations, Blaney et Criddle ont estimé que la température et la durée du jour étaient les facteurs déterminants de l'évapotranspiration potentielle. Ils ont proposé la formule suivante :

$$ETP = K (0,46t + 8,13) P.$$

Dans laquelle :

ETP : Evapotranspiration potentielle en mm/jour.

t : température moyenne (en degré Celsius) durant la période considérée (généralement le mois).

P : pourcentage de la durée moyenne du jour pendant la même période, par rapport à la durée moyenne du jour pour l'année.

K : Coefficient dépendant du stade végétatif de la culture et de la température moyenne (de la zone climatique).

##### **2) Formule de Turc**

- Si l'humidité relative est supérieur à 50%, l'évapotranspiration potentielle est donnée par :

$$ETP = 0,40 (I_g + 50) \times \frac{T}{T+15} \text{ en (mm/mois)}$$

Dans laquelle :

ETP : Evapotranspiration mensuelle (mm).

T : Température moyenne mensuelle (°C).

Ig : Radiation globale mensuelle (cal/cm<sup>2</sup>/jour).

### Remarque

Le coefficient 0,40 est réduit à 0,37 pour le mois de février.

- Si l'humidité relative de l'aire est inférieure à 50%. L'évapotranspiration potentielle est donnée par :

$$ETP = 0,40 (I_g + 50) \cdot \left( \frac{T}{T+15} \right) \cdot \left( 1 + \frac{50-Hr}{70} \right)$$

Dans laquelle :

T : Température moyenne mensuelle (°C).

Ig : Radiation globale en (cal/cm<sup>2</sup>/jour).

Hr : L'humidité de l'air en %.

$$I_g = I_{ga} (0,18 + 0,62) \cdot \frac{h}{H}$$

### Avec :

I<sub>ga</sub> : Radiation maximale théorique.

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

h : durée d'insolation de la station considérée en heure/mois.

$\frac{h}{H}$  : Insolation relative en heures.

### 3) Formule de Thornthwaite :

C'est une formule qui utilise un seul paramètre qui est la température :

$$ETP = 16 \left( \frac{10 \times t^a}{I} \right) \times K$$

t : est la température moyenne mensuelle (°C),

a : est fonction de l'indice thermique mensuel

K : coefficient d'ajustement mensuel.

### 4) Formule de Penman

La formule donne les meilleures estimations de l'ETP, et ceci sous tous les climats. Son seul inconvénient est de nécessiter un nombre assez important d'informations climatiques, rarement toutes disponibles sur une même station.

La formule de *Penman&Montheit*, modifiée, se présentant comme suite :

$$ET_0 = C * [W * R_n + (1 - W) * F(u) * (e_a - e_d)]$$

Où:

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

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

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

$F(u)$  : Fonction liée au vent.

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

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

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

#### IV.4.2.2.Calcul de l'évapotranspiration :

La détermination de l'évapotranspiration se fait par la formule de Penman, en raison de son exactitude pour l'estimation de l'ETP.( Le calcul se fait par le logiciel Cropwat. )

**Tableau IV.1.Résultat de calcul de L'Evapotranspiration de référence (  $ET_0$  )**

Mois	Temp Min	Temp Max	Humidité	Vent	Insolation	Radiation	$ET_0$
	°C	°C	%	km/jour	heures	MJ/m <sup>2</sup> /jour	mm/jour
Janvier	5.7	15.6	74	163	5.6	9.7	1.45
Février	6.0	16.2	73	177	6.4	12.6	1.88
Mars	7.8	18.4	71	206	7.4	16.7	2.72
Avril	9.1	20.2	68	193	8.3	20.5	3.48
Mai	12.6	23.1	66	180	8.7	22.5	4.18

<b>Juin</b>	16.0	27.0	64	152	9.8	24.6	<b>4.91</b>
<b>Juillet</b>	18.6	30.1	62	144	9.4	23.7	<b>5.19</b>
<b>Août</b>	19.4	30.9	64	145	9.8	23.0	<b>5.13</b>
<b>Septembre</b>	17.1	27.5	69	145	8.3	18.6	<b>3.91</b>
<b>Octobre</b>	13.7	24.0	68	139	6.9	13.9	<b>2.79</b>
<b>Novembre</b>	9.5	19.1	70	151	5.6	10.1	<b>1.87</b>
<b>Décembre</b>	6.9	16.3	74	162	5.3	8.8	<b>1.41</b>
<b>Moyenne</b>	<b>11.9</b>	<b>22.4</b>	<b>69</b>	<b>163</b>	<b>7.6</b>	<b>17.1</b>	<b>3.24</b>

➤ **Commentaire du tableau**

D'après le graff, on remarque que l'évapotranspiration de référence  $ET_0$  est élevée dans la période d'été et atteint 5.19 (155.7 mm/mois) pour le mois de juillet, c'est-à-dire le besoin en eau des cultures augmentent dans cette période.

**IV.5. Evapotranspiration maximale de culture :**

C'est la valeur maximale de l'évapotranspiration d'une culture exempte de maladies, poussant dans un champ jouissant de conditions agronomiques, pédologiques, et climatiques optimales, suivant un stade végétatif donné.

L'évapotranspiration maximale d'une culture est donnée par l'expression ci-dessous :

$$ETM = K_C * ET_0$$

Avec :

$K_C$  : le coefficient cultural.

Les valeurs du coefficient cultural ( $K_C$ ) de chaque culture ont été ressorties, en fonction du stade végétatif de la plante ; de la force du vent et de la valeur moyenne de l'humidité moyenne minimale de l'air régnant au niveau de notre périmètre d'étude, à partir du bulletin FAO « irrigation et drainage » N°24.

Nous présenterons dans le tableau IV.2 ci-après les coefficients culturaux ( $K_C$ ) des spéculations à envisager dans le périmètre :

**Tableau IV.2. Coefficients culturaux ( $K_C$ ) des cultures**

culture	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Fevr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août
<b>Olivier</b>	0.9	0.9	0.9	0.7	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.75	0.75	0.9
<b>P.Terre</b>	0	0	0	0	0	0	0.5	0.7	1.15	0.9	0.75	0
<b>Tomate</b>								0.75	0.8	0.8	0.7	
<b>Orge</b>			0.3	0.4	0.53	0.9	1.05	1.1	0.6			
<b>sorgho</b>									0.8	1	1.15	0.75

#### IV.6.assolement et rotation des cultures:

Au sens agronomie, l'assolement est la répartition des cultures au cours d'une campagne culturale donnée sur les différentes parcelles d'une exploitation agricole

Donc nous nous définirons la rotation par la succession des cultures sur une même sol pendant un nombre d'année correspondant au type d'assolement adopté.

La répartition des cultures dans le périmètre est détaillée comme suit :

**Tableau IV.3. Surfaces occupées par les différentes cultures.**

Type des Cultures	Surface occupée (ha)	Surface (en %)
<b>Olivier</b>	21.74	16.46
<b>Pomme de terre</b>	37.16	28.15
<b>Tomate</b>	19.54	14.80
<b>Orge</b>	30.15	22.84
<b>Sorgho</b>	23.41	17.73
<b>surface totale</b>	132	100 %

#### IV.7.La réserve facilement utilisable (RFU) :

La réserve utile est la quantité d'eau contenue dans la tranche de sol explorée par les racines, entre le point de ressuyage et le point de flétrissement. Mais les plantes ayant d'autant plus de mal à extraire l'eau que l'humidité s'approche du point de flétrissement, on nomme Réserve Facilement Utilisable (RFU), la quantité d'eau égale à 1 /3 ou 2/3 de la resserve utile :

$$\text{RFU} = Y (\text{Hcc} - \text{Hpf}).\text{Da}.\text{Z}$$

Avec :

- ✓ **Y** : degré de tarissement égale à 2/3
- ✓ **Da** :densité apparente.On prend 1.2 car la texture du sol est sablo-limoneuse (voir Tableau IV.4)
- ✓ **Z** : profondeur d'enracinement mm.
- ✓ **Hcc** : humidité à la capacité au champ, dans notre cas, on prend (27).
- ✓ **Hpf** : humidité au point de flétrissement,

✓ **Tableau IV.4.Humidité à la capacité au champ et de flétrissement**

Texture	Humidités pondérales en % du poids sec			Réserve utile volumétrique en mm
	A la rétention H <sub>CC</sub>	Du flétrissement H <sub>PF</sub>	Disponible (H <sub>CC</sub> - H <sub>PF</sub> )	
<b>Sableuse</b>	9 (6 à 12)	4 (2 à 6)	5 (4 à 6)	85 (70 à 100)
<b>Sablo-limoneuse</b>	14 (10 à 18)	6 (4 à 8)	8 (6 à 10)	120 (90 à 150)
<b>Limoneuse</b>	22 (18 à 26)	10 (8 à 12)	12 (10 à 14)	170 (140 à 190)
<b>Limono-argileuse</b>	27 (25 à 31)	13 (11 à 15)	14 (12 à 16)	190 (170 à 220)
<b>Argilo-limoneuse</b>	31 (27 à 35)	15 (13 à 17)	16 (14 à 18)	210 (180 à 230)
<b>Argileuse</b>	35 (31 à 39)	17 (15 à 19)	18 (16 à 20)	230 (220 à 250)

(Source : Référence bulletin FAO d'irrigation et drainage)

**Tableau IV.5. Les profondeurs d'enracinement**

<b>culture</b>	<b>Janv.</b>	<b>Févr.</b>	<b>Mars</b>	<b>Avril</b>	<b>Mai</b>	<b>Juin</b>	<b>juillet</b>	<b>Août</b>	<b>Sept</b>	<b>Oct.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Déc.</b>
<b>olivier</b>	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
<b>Orge</b>	0.4	0.55	0.6	0.7	0.7						0.3	0.3
<b>Tomat</b>			0,4	0,5	0,6	0,6						
<b>Sorgho</b>			0.5	0.75	0.95	1	1					
<b>Pomme de terre</b>				0.1	0.2	0.3	0.35					

**IV.8. Calcul des pluies efficaces :**

C'est la fraction des pluies totales réellement utilisée par la culture, elle dépend des caractéristiques du sol, et de l'intensité des pluies. Plusieurs méthodes permettent de calculer Les pluies efficaces. Dans notre cas, nous nous sommes référés sur la méthode du pourcentage, détaillée comme suit :

**Pluies efficaces (en mm/mois) = A × Pluies totales (mm/mois)**

A : coefficient estimé à 0,8. Les pluies efficaces sont données dans le tableau suivant :

Il est à noter que dans le cas où la pluie efficace est inférieure a 5 mm, elle est automatiquement remise à zéro (Peff=0).

**Tableau IV.6. Pluies efficaces calculeés**

<b>Mois</b>	<b>Psec80% mm/mois</b>	<b>Pluie eff mm</b>
<b>Janvier</b>	45.15	36.1
<b>Février</b>	36.8	29.4
<b>Mars</b>	29	23.2
<b>Avril</b>	29.04	23.2



<b>Mai</b>	20.46	16.4
<b>Juin</b>	2.8	2.2
<b>Juillet</b>	1.46	1.2
<b>Août</b>	4.36	3.5
<b>Septembre</b>	18.8	15.0
<b>Octobre</b>	27.4	21.9
<b>Novembre</b>	58.77	47.0
<b>Décembre</b>	48.91	39.1
<b>Total (mm)</b>	322.95	258.2

#### IV.9. Calcul des besoins en eau d'irrigation des cultures

Les besoins en eau des cultures sont calculés par le bilan hydrique :

$$\mathbf{B = ETM - (P_{eff} + RFU)}$$

Avec :

- ✓ **B** : Besoins en eau d'irrigation (mm).
- ✓ **ETM** : Evapotranspiration (mm/mois).
- ✓ **RFU** : La réserve facilement utilisable (RFU).
- ✓ **P<sub>eff</sub>** : pluie efficace.

#### IV.10. Calcul des besoins brut :

C'est le volume d'eau d'irrigation exprimé en mm/j, nécessaire en pratique (compris les pertes et les besoins de lessivage mais à l'exclusion de la contribution des autres ressources).

La formule employée est :

$$B_{brut} = B_{net} \times R_p$$

Avec :

$R_p$  : le rendement de l'irrigation à la parcelle.

$$Rp = E \times \frac{Cu}{100}$$

E : coefficient qui exprime l'efficacité de l'arrosage dépend de la texture du sol.

Cu : coefficient d'uniformité.

L'efficacité d'irrigation est définie par le rapport entre le besoin d'eau strictement nécessaire à la culture et le volume d'eau à introduire dans le réseau d'irrigation.

La différence entre les deux volumes indique les pertes.

La formule utilisée pour l'estimation de l'efficacité d'un réseau d'irrigation qui dépend de l'efficacité du réseau, du transport et de l'uniformité de distribution.

Dans notre cas, on a considéré une efficacité globale, produit entre les trois efficacités décrites ci-dessus Égalé à 0,75.

#### IV.11. Détermination des Besoins en eaux des cultures :

Les Besoin en en eaux des cultures sont détaillés comme suit :

**Tableau IV.7. Besoins en eau d'irrigation d' olivier :**

	Mois	P_eff (mm)	ETo(mm)	KC	ETM (mm)	Z (m)	RFU_theo	RFU_reelle	B_irri (mm)	B_brut (m3)	(d_s)_l/s/ha
<b>olivier</b>	<b>Janvier</b>	36.1	45.00	0.65	29.25	1.2	156.8	156.80	0.00	0.00	0.00
	<b>Février</b>	29.4	52.64	0.65	34.22	1.2	156.8	52.90	0.00	0.00	0.00
	<b>Mars</b>	23.2	84.32	0.65	54.81	1.2	156.8	52.90	0.00	0.00	0.00
	<b>Avril</b>	23.2	104.40	0.65	67.86	1.2	156.8	0.00	44.66	595.47	0.23
	<b>Mai</b>	16.4	129.60	0.65	84.24	1.2	156.8	0.00	67.84	904.53	0.35
	<b>Juin</b>	2.2	147.30	0.75	110.48	1.2	156.8	0.00	108.28	1443.67	0.56
	<b>Juillet</b>	1.2	160.90	0.75	120.68	1.2	156.8	0.00	119.48	1593.00	0.61
	<b>Août</b>	3.5	159.03	0.90	143.13	1.2	156.8	0.00	139.63	1861.69	0.72
	<b>Septembre</b>	15	117.30	0.90	105.57	1.2	156.8	0.00	90.57	1207.60	0.47
	<b>Octobre</b>	21.9	86.50	0.90	77.85	1.2	156.8	0.00	55.95	746.00	0.29
	<b>Novembre</b>	47	56.10	0.90	50.49	1.2	156.8	52.90	0.00	0.00	0.00
	<b>Décembre</b>	39.1	43.70	0.70	30.59	1.2	156.8	156.80	0.00	0.00	0.00

**Tableau IV.8 Besoins en eau d'irrigation de pomme de terre**

SORGHO	Mois	P_eff (mm)	ETo(mm)	KC	ETM (mm)	Z (m)	RFU_theo	RFU_reelle	B_irri (mm)	B_brut (m3)	(d_s)_l/s/ha
	Mois Janvier	30.1	45.00	KC	0.00	Z (m)	RFU_theo	RFU_reelle	B_irri (mm)	B_brut (m3)	(d_s)_l/s/ha
	Janvier	36.1	45.00		0.00		0	0.00	0.00	0.00	0.00
	Février	29.4	52.64		0.00		0	0.00	0.00	0.00	0.00
POMME DE TERRE	Février	29.4	52.64		0.00		0	0.00	0.00	0.00	0.00
	Mars	23.2	84.32		0.00		0	0.00	0.00	0.00	0.00
	Avril	23.2	104.40	0.75	78.30	0.1	13.07	0.00	55.10	734.67	0.28
	Mai	16.4	129.60	1.10	142.56	0.2	26.13	0.00	126.16	1682.13	0.65
	Juin	2.2	147.30	1.20	176.76	0.3	39.2	0.00	174.56	2327.47	0.90
	Juillet	1.2	160.90	0.70	112.63	0.35	45.73	0.00	111.43	1485.73	0.57
	Août	3.5	159.03		0.00		0	0.00	0.00	0.00	0.00
	Septembre	15	117.30		0.00		0	0.00	0.00	0.00	0.00
	Octobre	21.9	86.50		0.00		0	0.00	0.00	0.00	0.00
	Novembre	47	56.10		0.00		0	0.00	0.00	0.00	0.00
	Décembre	39.1	43.70		0.00		0	0.00	0.00	0.00	0.00

	<b>Mars</b>	23.2	84.32		0.00	0.5	65.33	65.33	0.00	0.00	0.00
	<b>Avril</b>	23.2	104.40		0.00	0.75	98	98.00	0.00	0.00	0.00
	<b>Mai</b>	16.4	129.60	0.80	103.68	0.95	124.13	0.00	87.28	1163.7	0.45
	<b>Juin</b>	2.2	147.30	1.00	147.30	1	130.66	0.00	145.10	1934.6	0.75
	<b>Juillet</b>	1.2	160.90	1.15	185.04	1	130.66	0.00	183.84	2451.1	0.95
	<b>Août</b>	3.5	159.03	0.75	119.27		0	0.00	115.77	1543.6	0.60
	<b>Septembre</b>	15	117.30		0.00		0	0.00	0.00	0.00	0.00
	<b>Octobre</b>	21.9	86.50		0.00		0	0.00	0.00	0.00	0.00
	<b>Novembre</b>	47	56.10		0.00		0	0.00	0.00	0.00	0.00
	<b>Décembre</b>	39.1	43.70		0.00		0	0.00	0.00	0.00	0.00

**Tableau IV.9. Besoins en eau d'irrigation de Sorgho**

**Tableau IV.10. Besoins en eau d'irrigation de Tomate :**

<b>TOMATE</b>	<b>Mois</b>	<b>P_eff (mm)</b>	<b>ETo(mm)</b>	<b>KC</b>	<b>ETM (mm)</b>	<b>Z (m)</b>	<b>RFU_theo</b>	<b>RFU_reelle</b>	<b>B_irri (mm)</b>	<b>B_brut (m3)</b>	<b>(d_s)_l/s/ha</b>
	<b>Janvier</b>	36.1	45.00		0.00		0	0.00	0.00	0.00	0.00
	<b>Février</b>	29.4	52.64		0.00		0	0.00	0.00	0.00	0.00

	<b>Mars</b>	23.2	84.32	0.50	42.16	0.4	52.26	26.13	0.00	0.00	0.00
	<b>Avril</b>	23.2	104.40	0.90	93.96	0.9	117.6	0.00	70.76	943.47	0.36
	<b>Mai</b>	16.4	129.60	1.05	136.08	1.2	156.8	0.00	119.68	1595.73	0.62
	<b>Juin</b>	2.2	147.30	1.15	169.40	1.2	156.8	0.00	167.20	2229.27	0.86
	<b>Juillet</b>	1.2	160.90	0.70	112.63		0	0.00	111.43	1485.73	0.57
	<b>Août</b>	3.5	159.03		0.00		0	0.00	0.00	0.00	0.00
	<b>Septembre</b>	15	117.30		0.00		0	0.00	0.00	0.00	0.00
	<b>Octobre</b>	21.9	86.50		0.00		0	0.00	0.00	0.00	0.00
	<b>Novembre</b>	47	56.10		0.00		0	0.00	0.00	0.00	0.00
	<b>Décembre</b>	39.1	43.70		0.00		0	0.00	0.00	0.00	0.00

**Tableau IV.11. Besoins en eau d'irrigation de l'orge :**

<b>ORGE</b>	<b>Mois</b>	<b>P_eff (mm)</b>	<b>ETo(mm)</b>	<b>KC</b>	<b>ETM (mm)</b>	<b>Z (m)</b>	<b>RFU_theo</b>	<b>RFU_reelle</b>	<b>B_irri (mm)</b>	<b>B_brut (m3)</b>	<b>(d_s)_l/s/ha</b>
	<b>Janvier</b>	36.1	45.00	0.53	23.85	0.4	52.26	52.26	0.00	0.00	0.00
	<b>Février</b>	29.4	52.64	0.90	47.38	0.55	71.86	23.90	0.00	0.00	0.00

	<b>Mars</b>	23.2	84.32	1.05	88.54	0.6	78.4	0.00	65.34	871.15	0.34
	<b>Avril</b>	23.2	104.40	1.10	114.84	0.7	91.46	0.00	91.64	1221.87	0.47
	<b>Mai</b>	16.4	129.60	0.60	77.76	0.7	91.46	0.00	61.36	818.13	0.32
	<b>Juin</b>	2.2	147.30		0.00		0	0.00	0.00	0.00	0.00
	<b>Juillet</b>	1.2	160.90		0.00		0	0.00	0.00	0.00	0.00
	<b>Août</b>	3.5	159.03		0.00		0	0.00	0.00	0.00	0.00
	<b>Septembre</b>	15	117.30		0.00		0	0.00	0.00	0.00	0.00
	<b>Octobre</b>	21.9	86.50		0.00		0	0.00	0.00	0.00	0.00
	<b>Novembre</b>	47	56.10	0.30	16.83	0.3	39.2	39.20	0.00	0.00	0.00
	<b>Décembre</b>	39.1	43.70	0.30	13.11	0.3	39.2	39.20	0.00	0.00	0.00

## IV.12 Calcul des débits Spécifiques

Les débits spécifiques sont définis d'après les besoins en eau de chaque culture, évalués précédemment à partir de la répartition culturale. La dose d'arrosage de la consommation de pointe est donnée sous forme de débit permanent fourni 20 heures sur 24 afin d'assurer les besoins de la consommation mensuelle. Les débits spécifiques sont définis par la formule suivante : Les débits spécifiques sont définis par la formule suivante :

$$q = \frac{B_m}{T \times t \times 3600 \times K} \text{ (l/s/ha) ..... (IV.9)}$$

**B<sub>m</sub>** : Besoin mensuel maximum net, exprimé en m<sup>3</sup>/ha ;

- **T** : Temps d'irrigation par jour ;
- **t** : Nombre de jours du mois d'irrigation, exprimée en jour ; égale à 30 J
- **K** : Coefficient d'efficacité globale du système d'irrigation ≈ 0.75

On choisit le max des besoins pour calculer le débit spécifique :

**Tableau IV.12 : donnée les résultats de besoins net (mm) de la culture**

culture	Sept	oct	nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août
<b>Olivier</b>	90.57	55.95	-	-	-	-	-	44.66	67.84	108.28	119.48	139.63
<b>P. terre</b>	-	-	-	-	-	-	-	55.1	126.16	174.56	111.43	-
<b>Tomate</b>	-	-	-	-	-	-	-	70.76	119.68	167.2	111.43	-
<b>Orge</b>	-	-	-	-	-	-	65.34	91.64	61.36	-	-	-
<b>Sorgho</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	87.28	145.1	183.84	115.77
<b>Somme</b>	90.57	55.95	-	-	-	-	65.34	262.16	462.32	595.14	536.18	139.63

Nous avons :

Pour y remédier, on choisit le débit spécifique de la culture la plus exigeante qui est le sorgho au moi de juillet, qui, il est égal à :



$$Q_{sp} = 0.9 \text{ l/s/ha}$$

#### IV.13. Débit caractéristique

$$Q \text{ caractéristique} = Q_{sp} * \text{surface}$$

$$\text{Surface totale} = 132.00 \text{ ha}$$

**On prend  $Q \text{ caractéristique} = 120 \text{ l/s}$**

#### IV.14. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons abordé, la phase la plus importante d'un projet d'irrigation, il s'agit de la détermination des besoins en eau des cultures. Après les calculs théoriques, nous avons estimé les besoins de chaque culture, et déduit le débit spécifique nécessaire au dimensionnement du réseau de notre périmètre. On remarque que le mois de pointe est le mois de juillet qui correspond à la culture de sorgho .

# **Chapitre V :**

## **Dimensionnement du réseau de distribution**

## **Chapitre V : Dimensionnement du réseau de distribution**

### **V.1.Introduction**

Le réseau collectif de distribution d'eau est essentiellement constitué par des canalisations enterrées, livrant l'eau sous pression aux différentes exploitations agricoles par l'intermédiaire des bornes (prises) d'arrosages. Le développement de ces réseaux de distribution par les conduites sous pression est lié principalement, à la rationalisation de la ressource en eau et particulièrement la généralisation des méthodes d'irrigation modernes (économie d'eau et disponibilité ).C'est dans ce contexte que notre attention dans ce chapitre s'est accentuer sur L'optimisation du réseau de distribution d'irrigation sous pression.

### **V.2 Découpage des îlots d'irrigation :**

Le terme « îlot d'irrigation » décrit l'unité hydro-agricole alimentée par une borne d'irrigation. Cette borne comporte une ou plusieurs sorties ou « prises » suivant le nombre d'arrosages qu'elle doit assurer simultanément, en particulier lorsqu'elle se trouve en limite de plusieurs exploitants.

Chaque borne, et même chaque sortie, doit assurer toutes les fonctions d'une prise c'est-à-dire :

- Régler le débit, ou plus exactement le limiter au module.
- Régler la pression.
- Assurer le comptage de l'eau livrée.
- Encaisser les suppressions accidentelles.

Cette borne comporte une ou plusieurs sorties ou « prises » suivant le nombre d'arrosages qu'elle doit assurer simultanément, en particulier lorsqu'elle se trouve en limite de plusieurs exploitants.

Donc le découpage des îlots sera basé sur le parcellaire existant, tel qu'il a été établi par l'étude foncière qui est comme suite :

- La délimitation du périmètre de 132 ha a se trouve sur le territoire de la commune de Mansourah .
- La structure foncière du périmètre est représentée par le secteur privé et comprend plusieurs Propriétaires identifiés.

**Tableau V.1. Les différentes Parcelles du périmètre.**

<b>N° parcelle</b>	<b>Surface (ha)</b>
<b>01</b>	12
<b>02</b>	12
<b>03</b>	29
<b>04</b>	15
<b>05</b>	09
<b>06</b>	08
<b>07</b>	14
<b>08</b>	14
<b>09</b>	19
<b>TOTAL</b>	132

Nous considérons d'abord les différents facteurs concernant :

le dimensionnement et le découpage des îlots et examinons par la suite la situation foncière de la zone d'étude, avec un découpage provisoire des îlots selon les principes indiquée ci- dessous :

#### **V.2.1 Taille des îlots d'irrigation :**

La taille de l'îlot est déterminée en fonction du débit d'équipement de prise en relation avec le débit fictif continu maximum au niveau de l'îlot. En outre, le débit fourni par la prise d'irrigation doit correspondre à une main d'eau compatible avec la méthode d'irrigation adoptée au niveau de l'exploitation.

la taille de l'îlot doit être déterminée en fonction des facteurs suivants :

- Le débit fictif continu en relation avec le débit d'équipement de la prise ;
- Le nombre d'exploitations qui partagent une seule prise.

### **V.2.2 Débit fictif continu :**

Le débit fictif continu à la parcelle, est en général basé sur la satisfaction des besoins en eau de la culture la plus exigeante.

### **V.2.3 Débit d'équipement :**

Le débit fourni par la prise doit correspondre à une main d'eau compatible avec le système d'irrigation adopté au niveau de l'exploitation. Plusieurs facteurs peuvent faire varier la valeur à choisir pour le module ; le premier de ces facteurs, est la méthode d'arrosage, plus elle est perfectionnée, plus le module pourra être réduit ; si les surfaces à mettre en eau sont petites on peut judicieusement donner de petites quantités d'eau.

Le module est également à déterminer en fonction de l'état général du sol, et de sa pente. On peut choisir un petit module lorsque le sol est bien nivelé et la pente convenable.

La perméabilité du sol est le facteur prédominant, normalement, les mains d'eau plus grandes ne sont nécessaires que sur les grands bassins avec des sols relativement perméables.

En résumé , le problème est de choisir pour le module une valeur satisfaisante aux conditions citées ci-dessus.

On note que ces conditions, ont été déjà définies dans les paragraphes précédents. Le module, pour rester commode, pratique et économique on a opté pour une main d'eau qui doit se situer entre 10 et 20 l/s.

Les classes de taille de l'îlot ainsi que les débits d'équipements sont indiqués au tableau suivant :

Taille de l'îlot S (ha)	Débit d'équipement de la prise (l/s)
-------------------------	--------------------------------------

$S \leq 15$	15
$15 < S \leq 20$	20
$20 < S \leq 25$	25
$25 < S \leq 30$	30

### **V.3.L'emplacement des bornes d'irrigation dans les îlots**

Chaque îlot sera desservi par une prise d'irrigation sur le réseau de distribution par conduites qui suivent les limites de ces îlots. Par conséquent, la prise serait toujours située sur la limite de l'îlot sur le côté amont dans le cas de petites surfaces et au centre dans le cas de grandes parcelles.

### **V.4.Modalité de distribution**

#### **V.4.1 L'irrigation à la demande**

Dans ce mode chaque irrigant est libre d'utiliser le débit qu'il a souscrit à toute heure du jour ou de la nuit. L'organisme de gestion du réseau distribue l'eau sur la base des débits souscrits à l'irrigant et les volumes effectivement prélevés. Cependant le débit affecté à une prise sera supérieur au débit fictif continu.

De là, un limiteur de débit, monté sur chaque prise d'irrigation, qui va interdire le dépassement du débit souscrit est indispensable. La pression à assurer à l'amont du réseau collectif est généralement de l'ordre de 3.5 à 4.5 bars, correspondant à une irrigation avec asperseur sa moyenne pression.

#### **V.4.2.L'irrigation au tour d'eau :**

C'est un mode de desserte spécifique et très rigide, il en existe deux types :

- Avec un tour d'arrosage, à module fixe et uniforme sur tout le réseau, chaque irrigant pourra irriguer au cours d'un tour d'eau, pendant une durée proportionnelle à la surface irriguée.
- Avec un tour d'arrosage à module variable sur tout le réseau : dont les conduites de desserte sont calculées de manière à obtenir un fonctionnement continu au cours du tour d'eau et en fonction de la surface irriguée.

L'inconvénient de ce mode, est le respect de tour d'arrosage, qui nous mène à concevoir un organisme de contrôle. Pour apporter une solution adéquate à ce problème, nous devons prévoir deux modalités :

#### **V.4.3. Tour d'arrosage à l'antenne :**

Dans le cas des petites propriétés, les modules disponibles lors de l'application des modalités précédentes, pourront être trop faibles, d'où l'option de regrouper plusieurs bornes sur une seule antenne donnée. Le débit fictif continu relatif aux superficies irriguées, desservies par cette antenne, constituera le module d'irrigation, successivement délivré aux différentes prises de l'antenne.

Dans le cadre de notre projet, on adopte une distribution d'eau d'irrigation à la demande, caractérisée par une souplesse, en laissant l'irrigant utiliser selon sa convenance sa prise d'irrigation

#### **V.4.4. Tour d'arrosage à la borne**

Chacune des bornes représentant le tertiaire dans le réseau de surface, reçoit un débit correspondant au débit fictif continu ce qui constitue alors le module d'irrigation qui est utilisé successivement par les différentes prises de la borne.

#### **V.5. La méthodologie de dimensionnement**

Pour objectif la détermination des diamètres des conduites des dessert, ce traitement a été basé sur les éléments et les hypothèses suivants :

- ✓ Le tracé du réseau (la longueur de chaque tronçon) ;
- ✓ Le débit à transiter sur chaque tronçon ;
- ✓ La surface des îlots desservis par le tronçon
- ✓ Les pertes de charges totales dans le tronçon
- ✓ Les conditions limites aval ; la charge minimum à assurer aux bornes
- ✓ Les conditions limites amont ; la côte charge disponible à l'entrée du réseau
- ✓ Les côtes de terrain naturel des bornes.

#### **V.6 -Calcul des débits des ilots**

Le but est de définir les débits nécessaires que le système d'irrigation doit véhiculer pour répondre à la demande en eau des cultures. Le débit spécifique est défini d'après les besoins en eau de chaque culture, évalués précédemment à partir de la répartition culturale. Ce débit a été évalué à :  $q_s = 0.95 \text{ l/s/ha}$

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

$$Q_b = q_s \cdot S \dots\dots\dots(1)$$

**Q<sub>b</sub>** = Débit caractéristique de chaque îlot (l/s)

**q<sub>s</sub>** = Débit spécifique moyen (l/s/ha)

**S** = Superficie de l'îlot (ha)

Les résultats du calcul du débit de chaque îlot d'irrigation sont présentés dans le (Tableau V-3)

**V.6.1. Données de base du dimensionnement**

Le débit spécifique est évalué **0.95l/s/ha**.

La surface du périmètre est égale à **132.00 ha**

**V.6 .2.Choix du type de borne**

Le choix de la borne dépend de la surface :

- Pour les surfaces  $S \leq 10ha$  on prend la Borne à deux prises
- Pour les surfaces  $S \geq 15ha$  on prend la Borne à quatre prises

**V.6.3.Choix de diamètre de la borne** Les diamètres des bornes en fonction des débits sont comme suit :

**Tableau V.2 : Choix du diamètre de la borne.**

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

**Tableau V.3 : Caractéristiques des îlots avec les débits de chaque borne**

N° de la borne D'irrigation	N° des îlots	Superficie d'îlots ( ha )	Débit brut de la borne ( l/s )
<b>B1</b>	<b>01</b>	<b>12</b>	<b>11.4</b>
<b>B2</b>	<b>02</b>	<b>12</b>	<b>11.4</b>



<b>B3</b>	<b>03</b>	<b>29</b>	<b>27.55</b>
<b>B4</b>	<b>04</b>	<b>15</b>	<b>14.25</b>
<b>B5</b>	<b>05</b>	<b>09</b>	<b>8.55</b>
<b>B6</b>	<b>06</b>	<b>08</b>	<b>7.6</b>
<b>B7</b>	<b>07</b>	<b>14</b>	<b>13.3</b>
<b>B8</b>	<b>08</b>	<b>14</b>	<b>13.3</b>
<b>B9</b>	<b>09</b>	<b>19</b>	<b>18.05</b>

### **V.7.Choix de tracé**

Pour le choix du tracé de la conduite de distribution (Res-N0) il sera tenu compte de certain impératif que l'on s'efforcera dans la mesure du possible de respecter :

- Il est important de chercher un profil en long aussi régulier que possible pour éliminer les contres pentes ;
- Dans le but d'économie du projet, le tracé doit être le plus court possible.
- Eviter le phénomène de cavitation qui peut engendrer les éclatements et vibration de la canalisation au cours de la phase de surpression.
- Eviter les forets, bois et zones marécageuses.
- Eviter autant que possible la traversée des obstacles (routes, voies ferrées, canaux, oueds,...).

### **V.8.Matériaux de construction des canalisations :**

#### **V.8.1. Choix du matériau des conduites :**

Le choix du matériau utilisé est en fonction de la pression supportée, de l'agressivité du sol et de l'ordre économique (coût et disponibilité sur le marché local et leur production en Algérie) ainsi que la bonne jonction de la conduite avec les équipements auxiliaires (joints, coudes, vannes...etc.).

#### **V.8.2.Les matériaux :**

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

Nous utiliserons les conduites en PEHD (polychlorure de vinyle non plastifié) pour les conduites dont le diamètre est inférieur ou égal à 500 mm et inférieur à 10 Bars.

#### **V.8.2.1es conduites en fonte :**

Présentent plusieurs avantages :

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

#### **V.8.2.2 Conduites en acier :**

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

#### **V.8.2.3Conduites en PVC (Polyvinyle de chlorure) :**

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

#### **V.8.2.4 Avantages des canalisations en PEHD**

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

### **V.9.Optimisation des diamètres des canalisations du réseau collectif de distribution**

Ayant déterminé les débits de pointe à transiter. On est amené à calculer les

diamètres des canalisations satisfaisant aux conditions techniques et donnant le coût minimum. Pour ce faire, on doit disposer des données suivantes :

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

### V.10. Dimensionnement des canalisations

Le dimensionnement optimal est une des problématiques auxquelles doit résoudre l'ingénieur. Dans un souci technico-économique, les dimensions des conduites doit répondre aux normes hydrauliques :

#### V.10.1. Vitesse admissible

La vitesse admissible varie entre 0.5 m/s, comme vitesse inférieure, et 2.5 m/s comme vitesse maximum. Dans notre étude, on prend une vitesse dans la conduite égale à 1.25 m/s

#### V.10.2. Calcul des diamètres

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

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

Avec :

- Q** : débit, exprimé en m<sup>3</sup>/s.
- D**: diamètre exprimé en mm
- V** : vitesse économique de l'ordre de 1.25 m/s

#### V.10.3. Calcul des pertes de charge

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

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

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

**Q** : débit en m<sup>3</sup>/s

D : diamètre de la conduite considérée

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

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

$$J=L \times Q^M/D^N \dots\dots\dots (V.4)$$

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

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

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

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

**Tableau V.5: Calculs hydrauliques du réseau de distribution :**

<b>N° du trançon</b>	<b>Longueur du trançon L(m)</b>	<b>Longueur du trançon L(km)</b>	<b>débit Q(l/s)</b>	<b>débit Q(M3/S)</b>	<b>Diamètre Normalise</b>	<b>Vitesse réelle(m /s)</b>	<b>Perte de charge total <math>\Delta H_t</math> (m)</b>	<b>Cote terrain aval Z (m)</b>	<b>cote piezometrique (m)</b>	<b>Pression au point P(m)</b>
<b>RES-N01</b>	<b>1000</b>	<b>1</b>	<b>118.8</b>	<b>0.115</b>	<b>400</b>	<b>0.95</b>	<b>3.22</b>	<b>173</b>	<b>186.11</b>	<b>16.33</b>
<b>N01-B03</b>	<b>500</b>	<b>0.500</b>	<b>26.10</b>	<b>0.0261</b>	<b>200</b>	<b>0.62</b>	<b>2.54</b>	<b>168</b>	<b>179.74</b>	<b>14.28</b>
<b>N01-B01</b>	<b>298.9</b>	<b>0.2989</b>	<b>21.6</b>	<b>0.0216</b>	<b>200</b>	<b>0.65</b>	<b>2.42</b>	<b>162</b>	<b>172.92</b>	<b>13.34</b>
<b>B01-B02</b>	<b>207.98</b>	<b>0.20798</b>	<b>10.8</b>	<b>0.0108</b>	<b>160</b>	<b>0.66</b>	<b>2.29</b>	<b>159</b>	<b>169.58</b>	<b>12.87</b>
<b>N01-N02</b>	<b>470.9</b>	<b>0.2709</b>	<b>71.1</b>	<b>0.071</b>	<b>250</b>	<b>0.66</b>	<b>2.48</b>	<b>155</b>	<b>164.92</b>	<b>12.45</b>
<b>N02-B05</b>	<b>263.66</b>	<b>0.26366</b>	<b>21.6</b>	<b>0.0216</b>	<b>200</b>	<b>0.65</b>	<b>2.32</b>	<b>150</b>	<b>159.71</b>	<b>12.03</b>
<b>B05-B04</b>	<b>360.2</b>	<b>0.4602</b>	<b>13.5</b>	<b>0.0135</b>	<b>160</b>	<b>0.7</b>	<b>2.57</b>	<b>147.6</b>	<b>156.01</b>	<b>10.98</b>
<b>N02-B08</b>	<b>96.43</b>	<b>0.09643</b>	<b>49.5</b>	<b>0.00495</b>	<b>250</b>	<b>0.61</b>	<b>1.44</b>	<b>147</b>	<b>157.73</b>	<b>12.17</b>
<b>B08-B07</b>	<b>250.01</b>	<b>0.35001</b>	<b>19.8</b>	<b>0.0198</b>	<b>160</b>	<b>0.44</b>	<b>2.22</b>	<b>144</b>	<b>153.56</b>	<b>11.78</b>
<b>B07-B06</b>	<b>109.63</b>	<b>0.10963</b>	<b>7.2</b>	<b>0.0072</b>	<b>160</b>	<b>0.49</b>	<b>1.46</b>	<b>141</b>	<b>150.94</b>	<b>11.41</b>
<b>B08-B09</b>	<b>170.8</b>	<b>0.3708</b>	<b>17.1</b>	<b>0.0171</b>	<b>160</b>	<b>0.51</b>	<b>1.6</b>	<b>143</b>	<b>152.91</b>	<b>11.51</b>

## V.11 Dimensionnement de la bête de distribution

Le volume du réservoir correspondra au volume d'eau correspondant à la tranche la plus exigeante.

L'irrigation se fera après remplissage du réservoir, donc à chaque fois une tranche est irriguée, on reçoit l'eau du barrage de kerrada à partir d'une conduite gravitaire pour remplir le réservoir puis on irrigue le périmètre.

On sait que :

$$V=Q\times T \quad \text{Avec:}$$

V : volume de la bête.

Q : Débit caractéristique

T : Temps de remplissage du réservoir : 2 H

### V.12.1 Débit caractéristique

Q caractéristique =  $Q_{sp} \times \text{surface}$

Surface totale = 132.00 ha

Q caractéristique = **118.8l/s**

Donc :

$$V=118.8 \times 0.001 \times 2 \times 3600 = 864 \text{m}^3$$

On prend  $V=1000 \text{m}^3$

$$V=S \times H$$

S : section de réservoir :  $S = a \times b = 8 \times 25 = 200 \text{m}^2$

a: La longueur de réservoir

b : La largeur de réservoir

H : La hauteur de réservoir : 5m

$$\text{Donc } V= S \times H = 200 \times 5 = 1000 \text{m}^2$$

## **V.12.Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons abordé le réseau de distribution et détaillé les structures et facteurs régissant la conception et la gestion d'un réseau ainsi que les calculs relatifs aux bornes d'irrigation.

Dans le cadre de la réalisation du projet, le périmètre est découpé en 9 îlots d'irrigation, avec une superficie totale de 132 ha

En deuxième phase, nous avons entamé le calcul hydraulique des canalisations du réseau de distribution du périmètre d'étude qui présente une superficie de 132, ha.

# **Chapitre VI :**

## **Les techniques des irrigations**



## **Chapitre VI : Les techniques d'irrigation**

### **VI.1.Introduction**

L'humidité du sol à l'état naturel est souvent insuffisante, et pour garantir un rendement optimum des cultures, on a recours à l'irrigation. Il existe plusieurs techniques ou modes d'irrigation. Dans ce chapitre on va étudier ces différentes techniques puis on va choisir la technique qui correspond avec les caractéristiques de notre périmètre.

### **VI .2. Différentes techniques d'arrosages**

Les techniques d'arrosages peuvent être rangées en trois classes:

- L'irrigation gravitaire ou irrigation de surface;
- L'irrigation localisée ou micro irrigation;
- L'irrigation par aspersion;

#### **VI.2.1.L'irrigation de surface**

Cette technique nécessite un gros volume d'eau par unité de surface, le procédé repose sur la distribution de l'eau en utilisant la pente topographique. Elle est subdivisée en :

##### **VI.2.1.1.L'irrigation par ruissellement**

Cette méthode consiste à faire couler l'eau sur la surface du sol qui s'y infiltre verticalement. On laisse l'eau s'écouler le temps qu'il faut pour le sol puisse s'humecter jusqu'à la profondeur de la couche active.

###### **VI.2.1.1.1.Les avantages de l'irrigation par ruissellement**

- Les investissements pour l'équipement sont peu élevés
- Pas de dépense pour la mise sous pression de l'eau
- possibilité de lessivage sans risques d'érosion
- Matériel d'irrigation assez simple

###### **VI.2.1.1.2. les inconvénients**

- Temps d'irrigation important
- Nécessité de nivellement et son entretien
- Pertes importantes d'eau

### **VI.2.1.2.l'irrigation par submersion**

C'est l'une des techniques les plus anciennes. Son principe est d'apporter une hauteur d'eau au niveau d'une parcelle dans des planches façonnées au préalable. Elle est réservée aux cultures exigeantes en eau. C'est une technique qui ne demande ni technicité, ni matériel. Elle est moins coûteuse et ne demande pas de la main d'œuvre. Elle présente une fréquence d'irrigation plus lente et permet un bon lessivage des sols salins.

Néanmoins, elle exige des quantités importantes d'eau et risque de provoquer une asphyxie racinaire.

#### **VI.2.1.2.1.Les avantages de la submersion**

- Destruction des adventices
- Protège contre le gel

#### **VI.2.1.2.2.Les inconvénients de la submersion**

- Tassement du sol
- Diminution de la porosité d'ou diminution de la perméabilité
- Nécessite d'assainissement
- Manque d'aération

### **VI.2.1.3.l'irrigation par infiltration**

L'eau coule dans les fossés, rigoles ou raies et s'infiltré latéralement dans le sol jusqu'aux racines des plantes.

#### **VI.2.1.3.1.les avantages**

- Pas de danger d'érosion, ni de formation de croûtes
- L'accès est facile au terrain

#### **VI.2.1.3.2.Les inconvénients**

- Grande perte d'eau
- Exigence en main d'œuvre

### **VI.2.2L'irrigation par submersion**

l'eau est acheminée aux cultures par pompage artificiel.

### **VI.2.2.1. L'irrigation par aspersion (pivot)**

C'est une technique d'irrigation récente. Il s'agit d'apporter l'eau sous forme de pluie artificielle grâce à des distributeurs appelés asperseurs qui fonctionnent sous pression. Une technique facile à appliquer et permettant l'exploitation du maximum de la surface cultivée en économisant une quantité importante d'eau. Toutefois, certains inconvénients sont à signaler à savoir ; le temps d'arrosage important et le tour d'irrigation faible. Elle nécessite une haute pression dans le réseau et donc une énergie à fournir. Les frais d'installation et d'énergie sont importants et le débit d'eau est élevé

- **Description et principe de fonctionnement :**

Le centre pivot ou encore rampe pivotante est un appareil d'irrigation constitué d'un tube galvanisé qui tourne autour d'un point fixe et supporté par des supports métalliques en forme (A) à l'aide d'une armature et fils métallique. Les supports sont distants de près de 30m et montés sur des roues. La longueur du tube pivotant est de 150 à 600 m et l'eau arrive à l'aide d'une conduite métallique, enterrée qui est reliée à une pompe d'eau montée généralement sur forage ou source d'eau. (Elamoud et Fetiani, 1991)

En général, un pivot est constitué d'une tour centrale autour de laquelle tournent les autres éléments, d'une conduite d'eau assurant son alimentation en eau, des tours mobiles sous forme d'articulations de 30 à 75 cm de long et 3 mètres de hauteur et la longueur totale des tours est de 200 à 400 m et parfois jusqu'à 900 m, des organes d'arrosage (buses, asperseurs rotatifs et canons en extrémité), et un armoire de commande qui est constitué d'un interrupteur principal, un sélecteur de vitesse, un sélecteur de direction et un voltmètre.

Les buses et les asperseurs sont positionnés sur la conduite d'eau selon leur débit de telle sorte d'avoir une pluviométrie uniforme. Ceci est réalisé en gardant le même débit pour tous les organes et faire varier leur écartement ou bien en variant les débits et en fixant l'écartement. Le débit augmente en s'éloignant de l'axe. Les buses sont généralement montées sur la rampe (tête vers le bas) par des tubes verticaux de façon d'être plus proche du sol que la rampe, ce qui permet d'améliorer l'efficacité de l'arrosage en cas de vent et de réduire un peu la pression de service. Elles sont parfois dotées de pastilles de diamètres variables qui déterminent les caractéristiques de fonctionnement débit-pression pour une pression de 1 à 3 bars, un débit de 1 à 7 m<sup>3</sup>/heure. (Zergoune, 1997)

Le mouvement du pivot est assuré soit d'une manière hydraulique ou électrique. Pour la première, on utilise l'énergie hydraulique obtenue par la pression de l'eau à l'intérieur du tube d'aspersion pour faire fonctionner un moteur hydraulique. Il y'a une maîtrise de la vitesse des tours donc la vitesse du tube d'aspersion. L'inconvénient de cette méthode c'est que l'appareil ne fonctionne qu'en cour de l'irrigation et ou ne peut déplacer le tube que s'il contient de l'eau. La méthode électrique est basée sur l'utilisation de moteurs électriques séparés avec une puissance de 0.5 à 1.5 cv et qui fonctionnent en poussant les roues à tourner à l'aide d'une caisse troussée ou chaîne de mouvement. ( Elamoud et Fetiani, 1991)

La machine ne se déplace pas d'une façon continue mais à des séries de départs et arrêts qui sont contrôlés par la fréquence du mouvement du moteur. Lors du fonctionnement d'un pivot, il faut commencer par le réglage de la vitesse de déplacement des tours dont le mouvement est commandé par la dernière tour qui conditionne la vitesse du déplacement du pivot. Cette vitesse dépend essentiellement de la quantité d'eau à apporter, car si on veut apporter une grande dose, on doit diminuer la vitesse du pivot.(Elamoud et Fetiani, 1991)

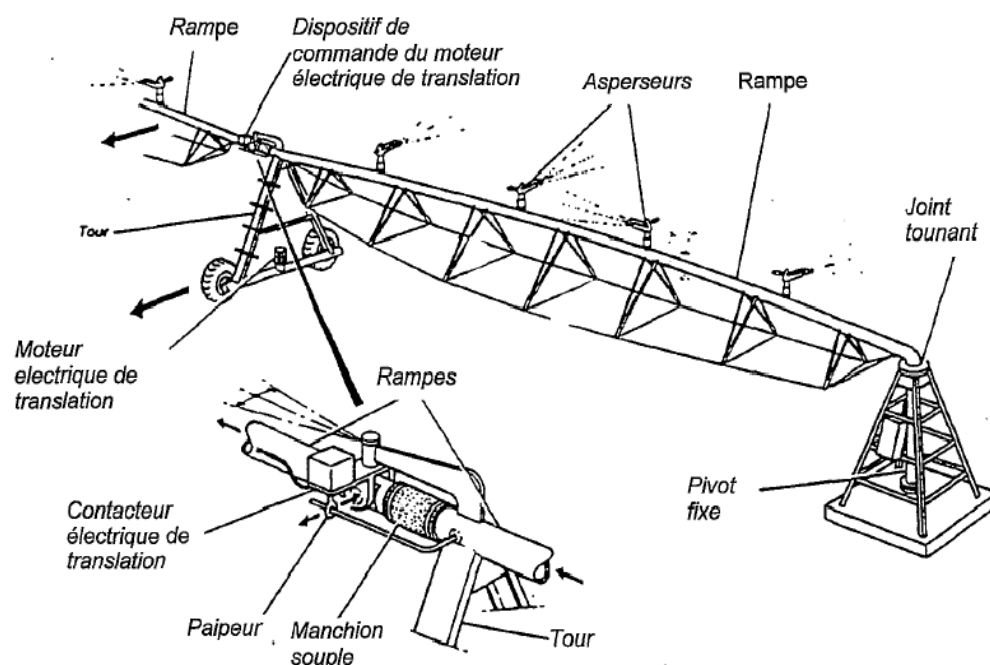


Fig. 15 - Pivot

Figure V.1 : irrigation par pivot



**Figure VI-2 : La rampe frontale**

#### **VI.2.2.1.1. Les avantages**

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

### **VI.2.2.1.2.les inconvénients**

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

### **VI.2.3.l'irrigation localisée (goutte à goutte)**

Elle consiste à créer un bulbe d'humidité aux environs des racines en gardant le potentiel matriciel à un niveau très bas. Les débits délivrés sous de basses pressions sont faibles, selon les modèles des distributeurs. Elle a pour avantage l'économie d'eau et des engrais, la réduction de la main d'œuvre et de l'effort, la lutte contre les mauvaises herbes et facilite la conduite culturale.

Certains inconvénients peuvent être résumés en un coût d'installation élevé et au problème d'accumulation des sels aux alentours des cultures.

La technique d'irrigation la plus connue sous le nom de l'irrigation localisée est le goutte à goutte.L'irrigation au goutte à goutte est principalement une technique au moyen de laquelle eau et fertilisants peuvent être mis directement à la disposition du système racinaire de la culture grâce à des goutteurs conçus pour distribuer les faibles débits appropriés. C'est à dire arroser peu et souvent à proximité des racines des plantes(KONATE, 2000).

#### **VI.2.3.1.les Avantages**

- Meilleur développement des cultures dû a l'humidification permanent de la couche active de sol
- Economie d'eau et main d'œuvres (système fixe)
- Réduction des mauvaises herbes
- Réduction de l'évaporation
- Economie d'engrais

- Facile à automatisé

### **VI.2.3.2.Les inconvénients**

- Coût très élevé du matériel
- Risque d'obstruction des goutteurs
- Nécessité d'une main d'œuvres spécialisés

## **VI .3.Choix des techniques d'arrosage :**

Pour pouvoir choisir la technique d'irrigation convenable , il est nécessaire de savoir les contraintes suivantes :

### **VI.3.1.Les contraintes naturelles**

#### **VI.3.1.1.L'évaporation**

Notre zone d'étude est caractérisée par un évaporation élevé durant l'été , ce qui provoque une perte d'eau importante avec une évaporation annuelle de 2004,7 mm.

#### **VI.3.1.2.Le vent**

C'est le facteur déterminant dans le choix de technique d'irrigation , notre zone d'étude est caractérisée par des vitesses faibles d'une part et moyenne d'autre part ( 1.9 m/s au moyen )

#### **VI.3.1.3.Le sol**

Les sols de périmètre de Mansourah présente une texture limoneuse , la perméabilité est moyenne , d'ou l'irrigation de surface doit être prudente a fin d'éviter l'asphyxie des plantes , dans ce cas l'irrigation par aspersion et l'irrigation localisé ont des avantages du fait qu'on peut donner des faibles doses .

#### **VI.3.1.4.La pente**

Notre périmètre a une pente qui ne dépasse pas les 2 % en général, donc cette dernière ne présente aucune contrainte particulière

### **VI.3.2.Les contraintes techniques**

- ❖ Qualification de main d'œuvre

❖ Entretien du matériel

### VI.3.3. Les contraintes agronomiques

Les types des cultures envisagées dans notre périmètre de Mansourah sont constitués de cultures fourragère, céréale, maraîchage, et arboriculture, pour des raisons d'économie d'eau essentiellement on retient l'irrigation par aspersion pour les cultures fourragères et maraîchages, et l'irrigation localisée pour les figuiers.

Une analyse multicritères du choix des techniques d'arrosage basée sur les différents contraintes, résume le choix adéquat pour la zone considérée.

**Tableau VI.1 :** Analyse multicritères de choix de technique d'arrosage

Contraintes	Irrigation de surface		Irrigation par Aspersion	Irrigation localisé
	Par Rigole	Par Planche		
• Contraintes naturelle				
▪ Evaporation	+	+	++	++
▪ Vent (1.9 m/s)	+++	+++	++	+++
▪ Texture (limoneuse)	++	++	++	+++
▪ Perméabilité (moy)	++	++	+++	++
▪ Pente (2%)	+++	+++	+++	+++
▪ Qualité d'eau d'irrigation (bonne)	+++	+++	+++	+++
• Contraintes agronomique				
▪ Maraîchage	+++	++	++	+++
▪ Fourragère et céréales	□	+	+++	□
▪ arbres	+++	□	□	+++
• Contraintes technique				
▪ Personnels	+++	+++	+++	+++



qualifié				
• Contraintes économique				
▪ économie d'eau	□	□	+ +	+ + +
• Divers				
▪ adaptation à L'irrigation de nuit	+ +	+	+ + +	+ + +
▪ possibilité automatisation	□	□	+ + +	+ + +

**Remarque :**

- : Déconseillé ; +: Adapté avec réserve;  
 + +: Adapté ; + + + : Très Adapté

**VI.4.Conclusion**

L'irrigation est grande consommatrice d'eau. Elle est nécessaire pour compenser les pertes des plantes et du sol.

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

Pour le cas de notre étude, nous nous sommes basés sur les techniques d'irrigation modernes telles que l'aspersion et le goutte à goutte qui seront utilisées dans notre périmètre.

**Chapitre VII :**  
**Dimensionnement**  
**d'un réseau goutte à**  
**goutte**

## **Chapitre VII : Dimensionnement d'un réseau goutte à goutte**

### **VII.1.Introduction**

L'irrigation localisée ou irrigation par le goutte à goutte peut être considérée comme une solution pratique aux problèmes de la sécheresse au même titre que les méthodes traditionnelles de l'irrigation de surface et de l'irrigation par aspersion. Elle permet une très grande efficacité de l'irrigation. Dans ce chapitre on va dimensionner une partie de notre périmètre par le goutte à goutte dont le but principal est d'économiser le maximum d'eau.

### **VII.2.Définition:**

**n:**

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

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

### **VII.3.Composition d'une installation goutte à goutte :**

#### **VII.3.1 Point de fourniture d'eau :**

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

#### **VII.3.2Composition L'unité de tête :**

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

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

Les éléments fertilisants. L'installation comprend :

##### **VII.3.2.1 Unité de filtration :**

Elle constitue la partie essentielle de toute installation goutte à goutte. On distingue plusieurs sortes de filtres.

### VII.3.2.2. Filtre à tamis :

Il est constitué d'une toile fine ou des lamelles faiblement écartées.

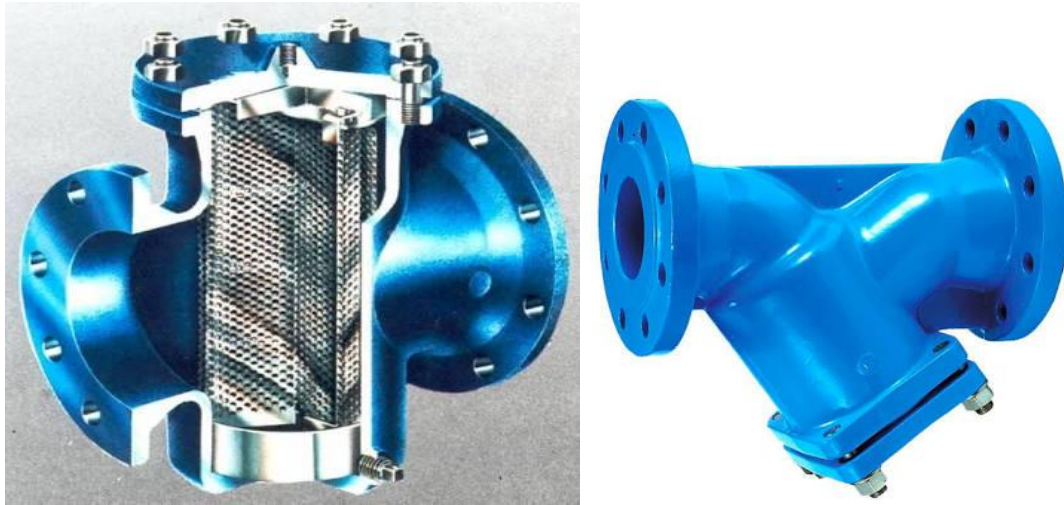
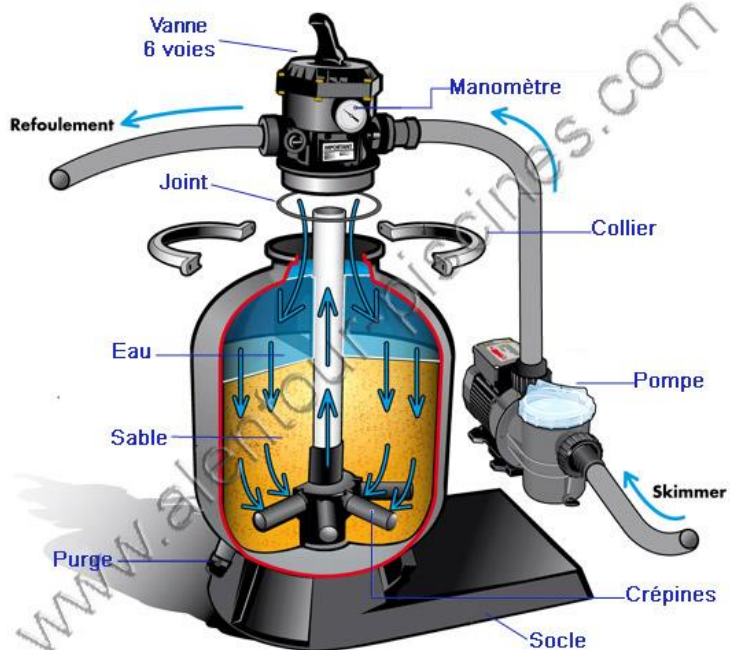


Figure VII.2 : Filtre a tamis

### VII.3.2.3. Filtre à sable :

Constitué d'un certain nombre de couche de matériaux, de granulométrie bien définie et régulière.





**Figure VII.3 : Filtre à sable**

**VII.3.2.4 .Filtre à gravier :**



**Figure VII.4: Filtre à gravier**

#### **VII.3.25. Injecteur d'engrais :**

Il comporte une vanne montée entre l'entrée et la sortie d'arroseur qui permet de dévier une partie de la pression du réseau dans la cuve et d'agir sur la solution fertilisante.

Ainsi, la solution est aspirée par la crépine située dans la cuve .



**Figure VII.5: Injecteur d'engrais**

#### **VII.3.3 La conduite principale :**

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

#### **VII.3.4 Le porte-rampes :**

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

#### **VII.3.5 Les rampe :**

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

#### **VII.3.6 Les distributeurs :**

Les distributeurs constituent la partie essentielle de l'installation. C'est à partir d'eux que l'eau sort, à la pression atmosphérique, en débits faibles et réguliers (quelques l/h). Il existe de

nombreux types différents, des ajutages ou des mini diffuseurs dont le débit est un peut plus important (quelques dizaines de l/h).

La classification des goutteurs peut se faire selon :

- Des critères hydrauliques.
- La façon dont le goutteur est fixée sur la rampe.
- Le nombre de sorties dont est muni le goutteur

#### **VII.3.6.1 Différents types de distributeurs :**

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

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

Tubes poreux: la paroi à structure poreuse laisse passer l'eau, ils sont généralement enterrés.

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

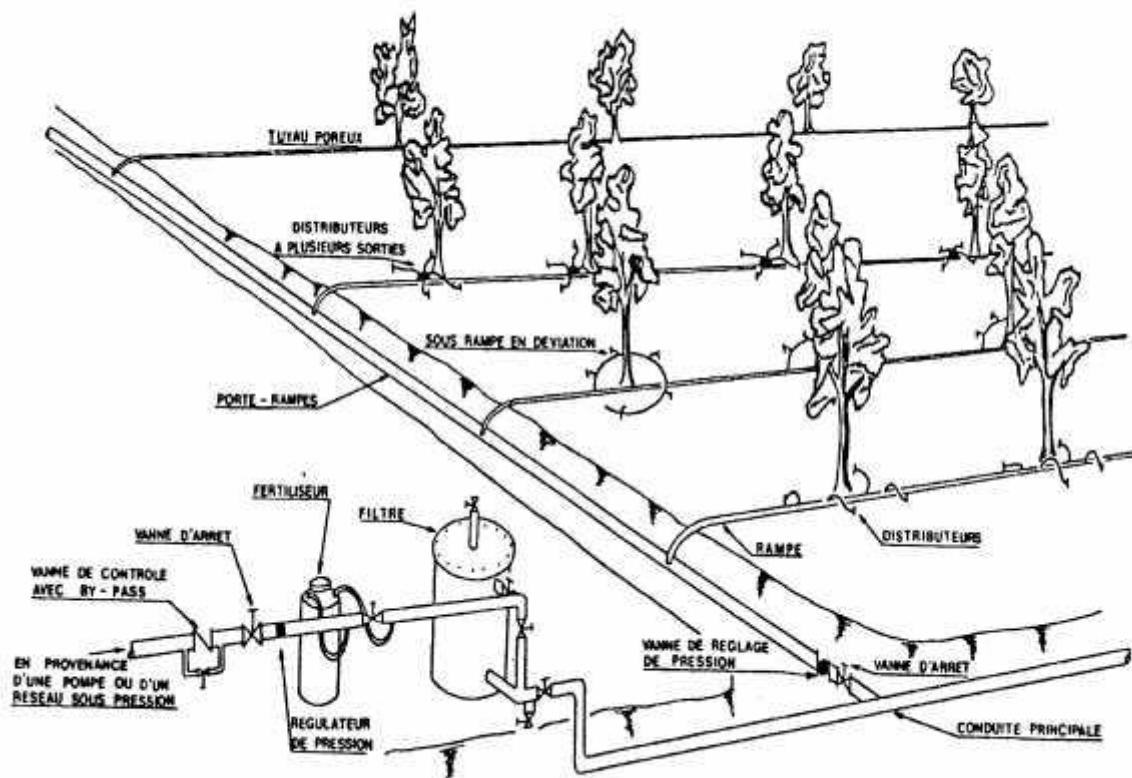


Figure VII.6 : Schéma type d'un réseau d'irrigation en goutte à goutte

#### VII.4. Dimensionnement hydraulique d'un réseau goutte à goutte

##### VII.4.1. Données générales :

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

Le réseau d'irrigation sera installé sur l'ilot 08 alimenté par la borne B08 et dont les pressions calculées sont de l'ordre de 3,5bars, ce qui est largement suffisant. La surface de l'exploitation est de 13.8 hectares,

**Culture :** Olivier

- Espacement entre arbres : 4 m
- Espacements entre rangs : 4 m
- Besoins de pointe 139.63mm

**Caractéristique du goutteur :**

- Débit nominal : 04l/h
- Pression nominal : 10 m.c.e



- Espacement des goutteurs : 01 m
- Le nombre de goutteurs par arbre : 02

### **VII.5. Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée**

#### **➤ Pour l'Olivier :**

D'après la quantification des besoins, le mois de pointe pour la culture de l'olivier est le mois de aout B=139.63 mm.

#### **VII.5.1.les besoins journaliers :**

En eau d'irrigation localisée pour le pommer sont calculés par les formules suivantes :  
B<sub>j</sub> = Besoin du mois de pointe(mm).

$$B = \frac{\text{besoin du moinde point}}{\text{Nmobre de jours}}$$

$$B_j = \frac{139.6}{31} = 4.5 \text{ mm/j}$$

#### **VII.5.2.Besoin journalier en tenant compte de la réduction K<sub>r</sub> :**

En micro-irrigation, les apports d'eau étant localisés sur une portion très faible de la surface du sol située au voisinage des plantes, donc à l'ombre du feuillage, la part d'évaporation directe à partir du sol est réduite :

On applique alors à L'ETM un coefficient de réduction : K<sub>r</sub>

K<sub>r</sub> dépend du taux de couverture du sol (C<sub>s</sub> =60%) par les plantes adultes et peut être calculé par diverses formules proposées ci-après :

- La formule de Freeman et Garzoli :

$$Kr = Cs + 0.5(1 - Cs)$$

on considère un taux de couverture égale à 60% (pour les arbres adultes) ;

C<sub>s</sub>: Couverture du sol; pour les arbres adultes : C<sub>s</sub>=60 %

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

D'où:

$$B_{JL} = B_j * Kr \quad B_{JL} = 4,5 * 0,8 = 3,6 \text{ mm/j}$$

#### **VII.5.3.La dose d'irrigation nette pratique :**

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).

$$D_p = (H_{cc} - H_{pf}) \cdot D_a \cdot Y \cdot Z \cdot P\% = RFU \cdot P\%$$

Tel que :  $H_{cc}$  : humidité à la capacité au champ ( $H_{cc}=27\%$ )

$H_{pf}$  : humidité au point de flétrissement ( $H_{pf}=13\%$ )

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

$Z$  : profondeur d'enracinement en ( $Z=1200$  mm)

$D_a$  : est la densité apparente du sol ( $D_a=1.4$ )

$RFU=156.8$  mm

$P$  : Pourcentage du sol humidifié

$$P\% = \frac{n \cdot S_{pd} \cdot S_h}{S_a \cdot S_r}$$

$P$  : Volume du sol humidifié

$N$  : Nombre de point de distribution par arbre (2 par arbre)

$S_{pd}$  : Distance entre deux points de distribution voisins du même arbre (2m)

$S_h$  : Largeur de la bande humidifiée (1m)

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

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

✓ On obtient  **$P = 25\%$**

La dose nette corrigée

$$D_p = 156.8 \cdot 0.25 = \mathbf{39.2 \text{ mm}}$$

#### VII.5.4. Fréquence des arrosages :

La fréquence des arrosages est fonction d'une part du besoin journalier qu'il faut satisfaire et d'autre part de la dose réelle net dont profite les plantes.

Elle est donnée par la formule suivante :

$$Fr = \frac{D_{osette}}{B_{jl}} = \frac{39.2}{3.6} = 11 \text{ jour}$$

Donc on prend  $Fr = 11$  jours.

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

• **La dose réelle :**

$$D_r = Fr \cdot B_{jl} = 11 \cdot 3.6 = \mathbf{39.6 \text{ mm}}$$

- **La dose brute :**

$$D_{brute} = \frac{Dr}{Cu * eff} = \frac{39.6}{0.9 * 0.9} = 48.88 \text{ mm}$$

Cu : coefficient d'uniformité Cu=90%

Eff : efficacité du réseau d'irrigation  $E_{\text{r}}=90\%$

#### VII.5.5. Durée d'arrosage par mois :

$$\theta = \frac{Dn * Sa * Sr}{n * qg}$$

$$= \frac{48.88 * 4 * 4}{4 * 2} = 97.8 \text{ heures/mois}$$

#### VII.5.6. Durée d'arrosage journalier :

$$D_j = \frac{\text{durée d'arrosage}}{Fr}$$

$$= \frac{97.8}{11} = 09 \text{ heures/jour}$$

#### VII.5.7. Nombre de poste :

Le nombre de poste par jour est défini comme suit :

$$N = \frac{\text{Temps de travail}}{\text{Durée d'arrosage journalier}}$$

$$= \frac{22}{9} = 3 \text{ postes}$$

#### VII.5.8. Surface de la parcelle :

$$S_p = \frac{\text{Surface totale}}{\text{Nombre de poste}}$$

$$= \frac{13.90}{3} = 4.6 \text{ ha}$$

### VII.6. Calculs hydrauliques :

#### VII.6.1. Condition hydraulique :

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

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

La variation maximale de la pression

$q = K.H^x$  avec  $x=0.5$  (caractéristique du goutteur)

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

Telle que :  $q(g)$  : débit nominal du goutteur

$H(n)$  pression nominal

$$0.1 = 0.5 * \frac{\Delta H(\text{max.})}{10}$$
$$\Delta H(\text{max}) = 1/0.5 = 2 \text{ mce.}$$

**Le débit :**

$$Q_r = Q_g * N_r$$

$$Q_{pr} = Q_r * N_r$$

Avec:

$Q_r$  : Débit de rampe

$Q_g$ : Débit des goutteur

$N_g/r$  : Nombre des goutteurs par rampe

$N_r$  : Nombre des rampes

$Q_{pr}$ : Débit de porte rampe

Avec :

La longueur de la rampe ( $L_r$ ) : 140. m

La longueur de la porte rampe ( $L_{pr}$ ): 270 m

La longueur de la conduite secondaire ( $L_s$ ) : 315.67 m

#### **VII.6.1.1. Le nombre d'arbres par rampe:**

$$N \text{ arbres} = L_r / E_r = 140 / 4 = 35 \text{ arbres}$$

#### **VII.6.1.2. Nombre de goutteurs par rampe**

$$N_g = N_{\text{arbres}} * n = 35 * 2 = 70 \text{ goutteurs}$$

#### **VII.6.1.3. Le nombre de rampes:**

$$N_r = L_{pr} / E_r = 270 / 4 = 67 \text{ rampes}$$

#### **VII.6.2. Débit de la rampe:**

$$Q_r = N_g * Q_g$$

$$Q_r = 70 * 4 = 280 \text{ l/h}$$

#### **VII.6.3. Débit de la porte rampe:**

$$Q_{pr} = Q_r * N_r = 280 * 67 = 18760 \text{ l/h}$$

➤ Par la même méthode de calcul pour la rampe 03 et la porte rampe 03 on trouve que :

$$N \text{ arbres} = L_r / E_r = 90 / 4 = 22 \text{ arbres}$$

$$N_g = N_{arbres} * n = 22 * 2 = 44 \text{ goutteurs}$$

$$N_r = L_{pr} / E_r = 270 / 4 = 67 \text{ rampes}$$

$$Q_r = N_g * Q_g$$

$$Q_r = 44 * 4 = 176 \text{ l/h}$$

$$Q_{pr} = Q_r * N_r = 176 * 67 = 11792 \text{ l/h}$$

#### VII.6.4. Débit de la conduite secondaire :

Etant donné que nous avons 3 porte rampe :

$$Q_{cs} = Q_r * N_{pr} = (18760 * 2) + 11792 = 49312 \text{ l/h}$$

#### VII.6.5. Dimensionnement des différentes parties du réseau :

pour le calcul des dimensions des canalisations (rampe et porte rampe), on propose que les rampes soient en PEBD ou PEHD.

Comme la valeur de perte de charge singulière est estimée à 10% de la variation maximale de pression alors :

$$P_{dc}(\text{sing}) = 2 * 0,1 = 0,2 \text{ mce} \quad p_{dc}(\text{sing}) = 0,2$$

$$P_{dc}(\text{linéaire}) = 2 - 0,2 = 1,8 \text{ mce} \quad p_{dc}(\text{linéaire}) = 1,8 \text{ mce}$$

➤ La répartition de la perte de charge est :

$$1/3 \text{ sur les porte- rampes } P.d.c(\text{pr}) = 1,8 * 1/3 = 0,6 \text{ m c e ;}$$

$$2/3 \text{ sur les rampes } P.d.c(\text{r}) = 1,8 * 2/3 = 1,2 \text{ m c e ;}$$

le diamètre de rampes ainsi que des porte rampes est calculé d'après les formule suivante :

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

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

Avec :

- $P_{dc}(r)$  : la perte de charge dans la rampe
- $Q(r)$  : le débit de la rampe en l/h
- $L(r)$  : la longueur de la rampe en m
- $\phi_{r(cal)}$  : le diamètre de rampes
- $\phi_{pr(cal)}$  : le diamètre de porte rampe

### VII.6.5.1.Vérification des pertes de charges :

Pour la détermination des pertes de charges des différents tronçons de la canalisation après choix du diamètre, on applique la formule de « Tison ».

La perte de charge unitaire

$$i = \frac{0.478}{2.75} \cdot D^{-4.75} \cdot Q^{1.75}$$

La perte de charge le long de la conduite en (m)

$$h_{cal} = \frac{L}{2.75} \cdot i$$

Ou : L : la longueur de la conduite ;

Q : débit (l/h) ;

D : diamètre intérieur de la canalisation ;

### VII.6.6 Calculs hydrauliques de la rampe :

$$\phi r(cal) = \left[ \frac{P \cdot d \cdot c(r) * 2.75}{0.478 * Q(r)^{1.75} * L(r)} \right]^{\frac{1}{4.75}} = \left[ \frac{1.2 * 2.75}{0.478 * 280^{1.75} * 140} \right]^{\frac{1}{4.75}}$$

$\phi r = 15.02 \text{ mm}$  ; Alors on prend DN=20mm

$$V = \frac{4Q}{\pi d^2} = \frac{4 * 0.28 / 3600}{3.14 * 0.02^2} = 0.25 \text{ m/s}$$

$$i = \frac{0.478}{2.75} \cdot D^{-4.75} \cdot Q^{1.75} = \frac{0.478}{2.75} \cdot 20^{-4.75} \cdot 280^{1.75} = 2.20$$

$$h_{cal} = \frac{L}{2.75} \cdot i = \frac{140}{2.75} \cdot 2.2 = 0.11 \text{ m}$$

**Tableau VII.1 Caractéristique de la conduite de la rampe 01 :**

culture	Lr(m)	Ng	Qr (l/h)	hr(m)	Dcal (mm)	Dn (mm)	Vitesse m/s	hcal(m)
Olivier	140	70	280	1.2	15.02	20	0.25	0.11

**Tableau VII.2Caractéristique de la conduite de la rampe 03 :**

culture	Lr(m)	Ng	Qr (l/h)	hr(m)	Dcal (mm)	Dn (mm)	Vitesse m/s	hcal(m)
---------	-------	----	----------	-------	-----------	---------	-------------	---------

Olivier	90	44	176	1.2	11.53	20	0.15	0.03
---------	----	----	-----	-----	-------	----	------	------

### VII.6.7 Calculs hydrauliques de la porte rampe :

**Tableau VII.3 Caractéristiques de la conduite de la porte rampe (01) :**

Culture	Lpr(m)	Nr	Qpr (l/h)	hpr(m)	Dcal (mm)	Dn (mm)	Vitesse (m/s)	hcal(m)
Olivier	270	76	18760	0.6	93.9	110	0.55	0.08

**Tableau VII.4 Caractéristiques de la conduite de la porte rampe (03) :**

Culture	Lpr(m)	Nr	Qpr (l/h)	hpr(m)	Dcal (mm)	Dn (mm)	Vitesse (m/s)	hcal(m)
Olivier	270	76	11792	0.6	79.18	90	0.51	0.012

La valeur de la perte de charges calculée est inférieure à 0.6 mce (hpr max).

D'après les tableaux précédents, on voit que les pertes de charges totales n'ont pas dépassé la limite imposée par la règle de Christiansen.

### VII.6.8 Calcul des diamètres de la conduite secondaire :

La conduite secondaire alimente les trois parcelles d'oliviers ayant des surfaces respectivement de 4.8 ; 4.9et 3.4 ha. Les trois parcelles sont relativement homogènes en exploitations. Pour calculer le diamètre on doit fixer la Vitesse d'écoulement (valeur optimale) d'environ 1.05 m/s tel que :

$$D = \sqrt{\frac{4.Q}{\pi V}} \text{ avec : } Q : \text{débit de la conduite considérée (m}^3\text{/s);}$$

V : Vitesse d'écoulement (m/s).

### VII.6.9.Calcul de caractéristique de conduites secondaires :

**Tableau VII.5 Caractéristique de la conduite secondaire :**

culture	L(m)	Q (l/h)	V supposée (m/s)	Dcal (mm)	Dn (mm)	Vcal (m/s)	hcal (m)
Olivier	315.7	49312	1.25	118	125	1.1	0.35

#### VII.6.10. La pression d'eau à la borne de distribution :

La pression d'eau que doit fournir la borne de distribution à la parcelle est égale à la somme de la pression nominale (10 mce) plus la somme des pertes de charges de cheminement de la borne d'irrigation jusqu'au gouteur le plus défavorable (éloigné ou élevé).

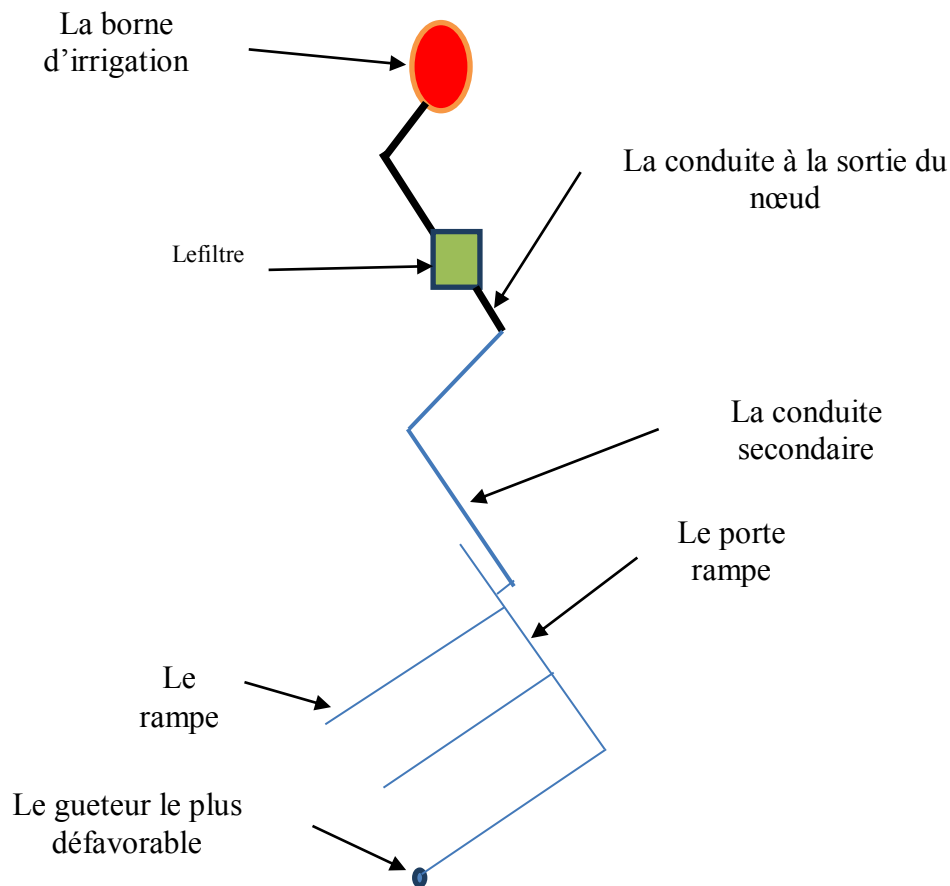


Figure VII.7 : Schéma explicatif de la desserte borne-goutteur

#### VII.6.11. Les pertes de charge de la borne jusqu'au gouteur le plus défavorable :

Tableau VII.6 : résumer des caractéristique de la conduite secondaire (Q,D , l ,ΔH)

	La rampe	Porte rampe	Conduite secondaire



Longueur(m)	140	270	315.7
Diamètre(m)	20	110	125
Débit (m <sup>3</sup> /s)	0.00008	0.003	0.01
Pertes de charge(m)	0.11	0.03	0.35

A partir du tableau on peut déterminer la perte de charge totale entre la borne d'irrigation jusqu'à le goutteur le plus défavorable ; Donc la pression demandée à la borne égale a la pression nominale plus la somme des pertes de charges.

$$\Delta h = 10 + 0.11 + 0.03 + 0.35 = 10.5 \text{m};$$

### **VII.7. Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons étudié le dimensionnement d'un réseau goutte à goutte. Ayant dimensionné tous les organes du réseau localisé projeté sur la parcelle choisie, nous avons effectué une vérification de la pression à la sortie de la borne, afin d'assurer la pression nominale de 10 m ce dans le goutteur le plus éloigné et cela pour assurer le bon fonctionnement des goutteurs.

**Chapitre VIII :**  
**Evaluation du coût**  
**du projet**

## Chapitre VIII : Evaluation du coût du projet

### VIII.1 Introduction

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

Dans le cadre de notre travail, l'étude qui va suivre n'a pour but que de donner une estimation générale sur le coût que peut occasionner un projet de ce genre.

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

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

Les globaux des pièces sont présentés dans le tableau suivant :

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

Pièces	Unité de mesure	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
TubeØ500 PEHD	m/l	1517.86	11724.79	17796589.75
TubeØ400 PEHD	m/l	1021.31	7516.57	7676748.10
TubeØ315 PEHD	m/l	298.9	4684.62	1400232.9
TubeØ250 PEHD	m/l	731.3	2937.81	2148420.4
TubeØ200PEHD	m/l	488.02	1892.38	923519.2
TubeØ160 PEHD	m/l	3110.66	1209.53	3762436.6
TubeØ20 PEBD	m/l	25760	34.06	877385.6
TubeØ110 PEBD	m/l	11320	990.55	11213026
TubeØ90 PE	m/l	6072	720.5	4374876
Vanne Ø90	U	3	4500	13500
Vanne Ø150	U	6	14000	84000
Vanne Ø110	U	9	12000	108000
Filtre à tamis métallique	U	2	13500	27000
Manomètre glycérine 10bars	U	2	832.92	1665.84
TOTAL				49530014.75

**Tableau VIII.2.** Prix du mètre linéaire des conduites en PEHD selon CHIALI :

Réf é re nce	Dés igr nation	Diamè tre	Epaisseur	Qualité	Pression	Prix HT	Prix TTC
		Ext en MM	en MM	Produit	Service	le M/L	le M/L
11 003 0161	Tube PEHD	16	-----	PE80	10 Bars	-----	-----
11 003 0201	Tube PEHD	20	2,0	PE80	10 Bars	26,31	30,78
11 003 0251	Tube PEHD	25	2,0	PE80	10 Bars	33,85	39,60
11 003 0321	Tube PEHD	32	2,4	PE80	10 Bars	52,60	61,54
11 003 0401	Tube PEHD	40	3,0	PE80	10 Bars	82,33	96,33
11 003 0501	Tube PEHD	50	3,7	PE80	10 Bars	125,79	147,17
11 003 0631	Tube PEHD	63	4,7	PE80	10 Bars	198,97	232,79
11 003 0751	Tube PEHD	75	5,6	PE80	10 Bars	281,31	329,13
11 007 0901	Tube PEHD	90	5,4	PE100	10 Bars	335,47	392,50
11 007 1101	Tube PEHD	110	6,6	PE100	10 Bars	495,40	579,62
11 007 1251	Tube PEHD	125	7,4	PE100	10 Bars	631,13	738,42
11 007 1601	Tube PEHD	160	9,5	PE100	10 Bars	1 033,79	1 209,53
11 007 2001	Tube PEHD	200	11,9	PE100	10 Bars	1 617,42	1 892,38
11 007 2501	Tube PEHD	250	14,8	PE100	10 Bars	2 510,95	2 937,81
11 007 3151	Tube PEHD	315	18,7	PE100	10 Bars	4 003,95	4 684,62
11 007 4001	Tube PEHD	400	23,7	PE100	10 Bars	6 424,42	7 516,57
11 007 5001	Tube PEHD	500	29,7	PE100	10 Bars	10 021,19	11 724,79
11 007 6301	Tube PEHD	630	37,4	PE 100	10 Bars	15 153,49	17 729,58

### VIII.2.1 Dépenses des travaux

Le prix de terrassement est égal à :

✓ **Pour les déblais**

$$F_{\text{deb}} = V_{\text{deb}} \cdot K_{\text{deb}} \dots \dots \dots (\text{VIII.1})$$

$K_{\text{deb}}$  : prix de 1 m<sup>3</sup> de déblai=300 DA

$V_{\text{deb}}$  : volume total de déblai

✓ **Pour les remblais**

$$F_{\text{rem}} = V_{\text{rem}} \cdot K_{\text{rem}} \dots \dots \dots (\text{VIII.2})$$

$K_{\text{rem}}$  : prix de 1 m<sup>3</sup> de remblai=100 DA

$V_{\text{rem}}$  : volume total de remblai

**VIII.2.2.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 :

$$B=D+2 \times 0,3 \dots \dots \dots (VIII.3)$$

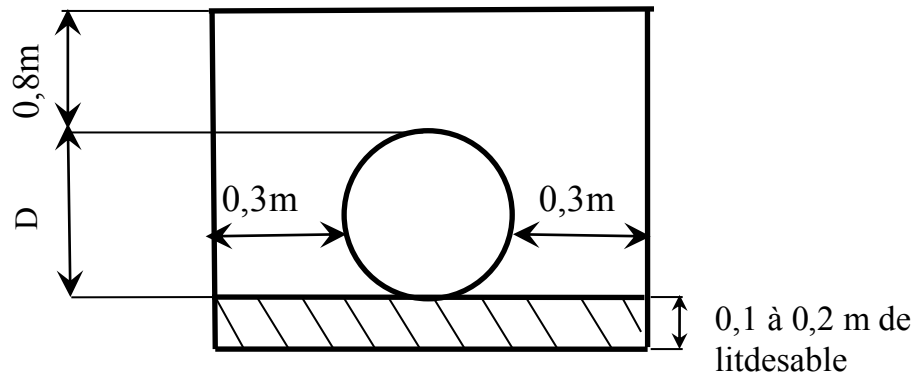
D : diamètre de la conduite (m)

La profondeur de fouille est en fonction du diamètre de la conduite, de la température du lieu (max, min) et les sollicitations des charges mobiles.

$$H \geq D + 0,8$$

$$\text{Déblai} = L.H.B$$

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



**Figure VIII.1:** Schéma simplifié pour place la conduite d'adduction

**Tableau VIII .3.Calcul de terrassement**

Ø (mm)	B (m)	H (m)	L(m)	Déblai (m <sup>3</sup> )	Remblai (m <sup>3</sup> )
500	1.1	1.4	1517.86	2337.5	2039.6
315	0.92	1.4	298.9	384.98	361.7
250	0.85	1.4	731.3	870.25	834.37

200	0.8	1.4	488.02	546.6	529.43
160	0.76	1.4	3110.66	3309.74	3247.23

✓ **Donc pour le déblai**

$$F_{deb} = 8878.87 \times 300 = 2663661 \text{ DA}$$

✓ **Pour le remblai**

$$F_{rem} = 8313.83 \times 100 = 831383 \text{ DA}$$

Donc :

Le cout total du dépenses des travaux égale : **3495044 DA**, donc le cout totale du projet est égale **53025058.75 DA**

En ajoute 30 % pour les travailleurs donc cout total du projet à égale **68932576.38 DA**

### **VIII.3 Conclusion**

On constate que le coût de la projection du réseau d'irrigation localisé et le réseau de distribution est évalué à **soixante-huit millions neuf cent trente deux mille cinq cent soixante-seize DA**.

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 (les conduites assez important et filtration).

# **Conclusion Générale**

## **CONCLUSION GENERALE**

Le secteur agricole en Algérie qui est caractérisé par son système de production qui est insuffisant même pour la population locale, dû à la pénurie de l'eau, qui s'accroît lors des années à pluviosité déficitaire, a nécessité des mesures administratives relatives aux quotas d'eau et en suite, le développement de l'utilisation économique de l'eau à l'aide des technologies modernes.

L'irrigation a toujours occupé une place prépondérante dans le tissu agricole, et social à l'Algérie. Cette irrigation connaît des sérieux problèmes, liés essentiellement à la rareté des ressources en eau, et à la détérioration des ouvrages hydrauliques agricoles. Pour ceci l'amélioration de l'irrigation est devenue une nécessité urgente, cette amélioration ne peut être réussie que par un schéma collectif et participatif des différents acteurs.

A la lumière des données collectées, et à l'aide des différents acteurs on a collecté les données de la zone d'étude, la détermination des besoins en eau d'irrigation se fait à partir de la détermination de l'évapotranspiration par la méthode de Penman.

L'étude du climat (précipitation-température), montre que notre région a un climat humide.

L'étude hydrologique nous a permis de choisir la série pluviométrique annuelle qu'on doit prendre pour le calcul. Et l'analyse de l'eau d'irrigation indique que l'eau utilisée a une salinité faible avec un risque d'alcalinité faible.

Suivant les facteurs qui caractérisent la région, nous avons choisi les cultures adaptées avec les données climatiques.



## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1] Bulletin N°30 FAO Calcul des besoins en eau des cultures

[2] Bulletin DE FAO N° 24 Les besoins en eau des cultures, 1975 (A C\* E F)

[3] Mr: B. Boulifa (2011) : Etude du périmètre d'irrigation de F'kirina à l'aval de la retenue collinaire d'Oulmène (W -OUM EL BOUAGHI).

[4] D. Veschambre & P. Vaysse, (1980) : Mémento goutte à goutte, guide pratique de la micro irrigation par goutteurs et diffuseurs. Edition C.T.I.F.L, INRA ;

[5] D. Veschambre , P. Vaysse ; (1980) : Mémento goutte à goutte, guide pratique de la micro irrigation par goutteurs et diffuseurs. Edition C.T.I.F.L, INRA ;P 156

[6] Ollier, Ch, Poirée, M (1983). Les réseaux d'irrigation théorie, technique et économie des arrosage, Paris. 500P.

[7] Moussaoui R. 2013 : dimensionnement d'un réseau d'irrigation par système goutte à goutte d'un périmètre destiné à la culture maraichère, Hassi Khalifa (W. El Oued). 2013.

### Sitographie :

[http://www.agrometeo.fr/coef\\_culturaux.asp](http://www.agrometeo.fr/coef_culturaux.asp)

<http://www.irrijardin.fr/boutique/goutte-a-goutte/toutes-les-marques/all>

# **Annexes**

# Annexel

7

## VALEURS DU COEFFICIENT CULTURAL $K_c$ EN FONCTION DU STADE DE CROISSANCE DE DIFFERENTES CULTURES ANNUELLES

Tableau n° 3

cultures annuelles	POURCENTAGE DE LA PERIODE DE CROISSANCE									
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
Betterave a sucre	0,45	0,50	0,70	0,90	1,05	1,15	1,25	1,25	1,15	1,10
Coton	0,20	0,30	0,40	0,60	0,90	1,00	1,00	0,90	0,700	0,60
Haricots	0,50	0,65	0,80	1,00	1,10	1,15	1,10	0,95	.80	0,70
* Mais Grains	0,45	0,55	0,65	0,80	1,00	1,05	1,05	1,02	0,95	0,85
Mais Fourrage	0,45	0,50	0,60	0,70	0,90	1,02	1,10	1,10	1,05	0,95
Maralchage	0,35	0,50	0,65	0,75	0,80	0,82	0,80	0,75	0,65	0,50
Melons	0,45	0,55	0,60	0,70	0,80	0,82	0,80	0,75	0,72	0,70
Pomme de terre	0,35	0,45	0,60	0,85	1,10	1,25	1,35	1,35	1,35	1,25
Sorgho grain	0,30	0,50	0,70	0,50	1,10	1,05	0,95	0,80	0,70	0,60
Tomates	0,45	0,45	0,55	0,65	0,85	1,00	1,02	0,95	0,85	0,75

## Annexe2

### VALEURS DU COEFFICIENT CULTURAL Kc POUR LES CULTURES PERENNES

Tableau n° 5

CULTURES PERENNES	MOIS ( Hemisphere Nord )											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Agrumes	0.64	0.66	0.88	0.70	0.71	0.72	0.72	0.78	0.85	0.67	0.66	0.65
Arbres fruitiers à feuilles caduques	0.17	0.25	0.40	0.65	0.68	0.95	0.90	0.80	0.56	0.30	0.20	0.15
Arbres fruitiers avec couchers	0.65	0.75	0.85	0.95	1.10	1.15	1.10	1.05	0.85	0.90	0.80	0.60
Avocats	0.25	0.40	0.60	0.70	0.77	0.82	0.77	0.78	0.62	0.52	0.42	0.32
Luzerne	0.60	0.75	0.85	1.00	1.10	1.15	1.10	1.05	1.00	0.30	0.80	0.65
Prairies	0.50	0.60	0.75	0.85	0.90	0.92	0.92	0.98	0.86	0.80	0.65	0.55
Noyers	0.10	0.15	0.20	0.45	0.70	0.95	1.00	0.85	0.65	0.65	0.30	0.15
Vigne	0.20	0.25	0.30	0.50	0.70	0.80	0.80	0.75	0.65	0.50	0.35	0.20



**Annexel**  
**25**