

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:**

**ETUDE D'AMENAGEMENT DE LA VALLEE DE L'OUED  
SAHEL (M'CHADALLAH) A PARTIR DU BARRAGE DE  
TICHY-HAF (W.BEJAIA)**

**PRESENTE PAR :**

**M<sup>r</sup> ZANOUDA Chams eddine**

**DEVANT LES MEMBRES DU JURY**

<b>Noms et Prénoms</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
M <sup>r</sup> MEDDI Mohamed	Professeur	Président
M <sup>me</sup> MEDJDOUB Sonia	M.A.A	Examinatrice
M <sup>me</sup> SAADOUNE Samra	M.A.A	Examinatrice
M <sup>r</sup> KOLAI Djafer	Assistant	Examineur
M <sup>me</sup> AZIEZ OUAHIBA	M.A.A	Promotrice

Septembre - 2014

# ∞ REMERCIEMENTS ∞

*Mes Remerciements vont, tout d'abord, à Ma Promotrice  
M<sup>me</sup> : W.AZIEZ, qui a acceptée de diriger mon travail. Elle  
S'est montrée Compréhensive et particulièrement Sensible  
Aux divers problèmes que j'ai rencontrée, et ceci, malgré  
Ses taches d'Enseignement. Qu'elle trouve, ici, l'Expression  
Sincère de ma vive gratitude.*

*Je suis également reconnaissant aux membres de Jury qui,  
malgré leurs occupations, ont bien voulu examiner et discuter  
mon travail ; je les en Remercie vivement.*

*Je Remercie également tout le personnel de l'ANRH*

*Je Remercie mes Enseignants et tout le personnel de l'ENSH  
pour leurs contributions à ma formation d'Ingénieur d'état en  
hydraulique*

*Enfin, je voudrais souligner les contributions efficaces de tous  
mes Proches et Amis qui, à des titre divers, m'ont aidé et soutenu  
moralement, tout au long de la préparation de cette thèse. Ce  
soutien moral est d'autant plus important que la rédaction  
d'une thèse. Je les remercie encore une fois.*

*MERCI*

*ZANOUDA CHAMS EDDINE*

# DÉDICACE

*Je dédis ce travail à :*

- *Ma mère qui m'a fait protégée pendant toute ma vie ;*
- *Mon père qui m'a donné le courage tout le temps ;*
- *Mes frères : Mokhter, Mohamed, Fouzi et Yazid;*
- *Mes sœurs : Sabrina et Hadjer ;*
- *Toute ma famille ;*
- *Les amis de Ouled Djellal: Rafik, Zakari, Adel, Nadhir, Abd Hakim, Ayoub et Younes.*
- *Les amis de L'ENSH :*  
*Idriss43, Soufian19, Faicel28, Hosin17, Amine02, Saifou10,*  
*Zerouati34, Taki16, Djelloul 07, Larbi07, Reda02, Maisoum16,*  
*Hatem25, Ali25, Yassin34, Aniss35, Zaki43 , Masaaoude10,*  
*Khalil21, Adel bougoss10 , Brahim24, Yasser05 et Azize01.*
- *Tous mes amis de l'Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique Blida.*
- *Tous mes amis de l'Ecole Préparatoire Aux Sciences Techniques Annaba.*
- *Tout le monde et toute personne qui aime la recherche et la révolution scientifique ;*

*ZANOUDA CHAMS EDDINE 2014.*

## المخلص:

إن الهدف من إنجاز مذكرة نهاية الدراسة الذي يتمثل في تحديد الأبعاد لشبكة تزويد و توزيع للمياه على مستوى المساحة الزراعية لمنطقة واد الساحل, مشد الله بولاية البويرة.

تتضمن دراسة شاملة للقيام بإيصال الكميات المائية اللازمة لسقي المنطقة و هذا عن طريق أنبوب يتم توصيله من مورد مائي آت من تعبئة مياه شبكة التزويد على مستوى سد تيشي- حاف.

## RÉSUMÉ :

Le présent mémoire a pour objectif, la projection d'un réseau d'adduction et de distribution de l'eau à travers le périmètre Oued Sahel de M'chadallah Bouira.

Nous avons effectué une étude approfondie pour effectuer la livraison des quantités nécessaires d'eau pour irriguer la région. Et la ressource en eau provient de la mobilisation de l'eau au niveau du barrage de Tichy-Haf.

## ABSTRACT:

The present work aims at the projection of a water adduction and distribution network at the level of the agricultural area the perimeter of the Oued Sahel, M'chadallah, Bouira. It includes a comprehensive study to make delivery of the necessary quantities of water to irrigate the region. Water resources come from the mobilization of water at the level of the dam of Tichy -Haf.

# SOMMAIRE

page

## INTRODUCTION

### CHAPITRE I : SITUATION ET CLIMAT

I.1. Situation géographique et administrative	02
I.2. Analyse des conditions climatiques:	03
I.2.1 Pluviométrie	04
I.2.2 Température De L'air	04
I.2.3 L'Humidité relative	05
I.2.4 Lé vent	05
I.2.5 Sirocco	06
I.2.6 La gelée blanche	07
I.2.7 Insolation	07
I.3. Classification du climat :	07
I.3.1. Classification du climat selon l'indice de Mr MARTON	08
I.3.2. Classification du climat selon diagramme de Mr EMBERGER	09
I.3.3. Diagramme de GAUSSEN	10
Conclusion	12

### CHAPITRE II : RESSOURCE EN SOL

II.1. Généralités	13
II.2.1. Géologie	13
II.2.2. Hydrogéologie	14
II.3. Les différent classes des sols	14
II.3.1. Class des sols minéraux bruts	14
II.3.2. Class des sols peu évolués	15
II.4. Catégorie de sols	16
II.4.1. Sol peu profonds	16
II.4.2. Sols moyennement profonds	16
II.4.3. Sols profond	16
II.5. Les différentes class d'aptitude des sols à l'irrigation et au drainage	17
II.6. Drainage et assainissement	18
II.7. Les constitution du sol	18
Conclusion	20

### Chapitre III : Qualité d'eau d'irrigation

III.1. Description du transfert barrage de Tichy haf-barrage Tilesdit	21
III.1.1. Adducteur de M'chadallah	21
III.1.2. Description du barrage de Tichy-haf	22
III.1.3. Barrage de Tilesdit	22
III.2. Qualité de l'eau d'irrigation	23
III.3. Les limites admisibles	24
III.3.1. La conductivité électrique	25
III.3.2. Le SAR (Sodium Absorption Ration)	26
Conclusion	29

Chapitre IV : Hydrologie	
IV.1 Etude des précipitations	30
IV.2. Répartition de la pluie moyenne dans l'année	31
IV.3. Homogénéité de la série pluviométrique	33
IV.4. Etude de l'échantillon et choix du type de loi	35
IV.4.1 Traitement des données	35
IV.4.2 Ajustement de la série pluviométrique	35
IV.4.2.1. Ajustement à la loi Normale (GAUSS)	35
IV.4.2.1.1. Test de validité de l'ajustement à la loi Normale	38
IV.5. Détermination de l'année de calcul	39
Conclusion.	40
Chapitre V : Besoin en eau	
V.1. Evaluation des besoins en eau des plantes cultivées	43
V.1.2. L'évapotranspiration	43
V.1.3. Evapotranspiration réelle ou de culture (ETR ou ETC)	44
V.1.4. Calcul de l'évapotranspiration potentielle ou de référence	44
V.1.5. Méthode de PENMAN ET MONTEITH modifiée	45
V.1.6. Les Coefficients culturaux (K c)	48
V.2.1. La réserve facilement utilisable (RFU)	48
V.2.2. Les profondeurs d'enracinement	49
V.3. L'occupation des sols et le choix des cultures	49
V.3.1. La céréaliculture	50
V.3.2 Arboriculture	50
V.3.3. Cultures maraîchères	50
V.3.4. Les pourcentages proposés aux différentes cultures	50
V.4.1. Détermination des Besoins en eau des cultures	53
V.4.2. Pluies efficaces (Pe)	54
V.5. Calcul du débit caractéristique	62
Conclusion	63
Chapitre VI : Etude du système d'adduction	
VI.1. Description des différents modes d'irrigation	64
VI.1.1. Choix du mode d'irrigation	64
VI.2. Variante d'aménagement du périmètre d'étude	64
VI.3 Schéma de distribution	65
VI.4 Ilot d'irrigation	66
VI.4.1. Découpage des ilots d'irrigation	66
VI.4.2. Tracé du réseau de distribution	67
VI.4.2.1 Tracé par proximité	67
VI.4.2.2. Tracé à 120°	67
VI.4.2.3. Le tracé économique	67
VI.4.3. Modalités de fourniture de l'eau	67
VI.4.3.1. Distribution continue	68
VI.4.3.2. Distribution par rotation ou par tout d'arrosage	68
VI.4.3.3. Distribution à la demande	68
VI.5. Mode du tracé et implantation des bornes	68

VI.5.1 Rôle et fonction de la borne d'irrigation	69
VI.6 Loi du débit	69
VI.7 Calcul du débit fictif continu	70
VI.8 Calcul des débits des bornes	71
VI.9.1. Calcul hydraulique des canalisations	73
VI.9.2 Dimensionnement des canalisations	73
VI.9.3 Calcul des diamètres	74
VI.9.4 Calcul des pertes de charge	74
VI.9.5 Simulation du réseau de distribution par le logiciel Epanet	76
Conclusion	83
CHAPITRE VI : Etude des techniques d'irrigation	
VII.1 La différente technique d'arrosages	84
VII.1.1 L'irrigation de surface	84
VII.1.1.1 Irrigation par ruissellement ou par planche	84
VII.1.1.2 L'arrosage à la raie	85
VII.1.1.3 Irrigation par submersion	86
VII.1.1.4 L'irrigation mixte (par intermittence)	87
VII.1.2. L'irrigation par aspersion	87
VII.1.3.1 L'irrigation localisée	88
VII. 1.3.2. Composition D'une installation du système goutte à goutte	89
VII. 1.3.2.1.point de fourniture d'eau	89
VII. 1.3.2.2.L'unité de tête	89
VII. 1.3.2.3. Conduites et rampes	91
VII. 1.3.2. 4 .Différents types de distributeurs	92
VII. 1.3.2.5.Qualité de l'eau	92
VII.2 Choix de la technique d'arrosage	92
Conclusion	94
CHAPITRE VIII :	
VIII.1. devis de réseau d'irrigation localisée	95
VIII.2.Factures pro-forma de réseau d'irrigation	96
VIII.2.1.Calcul du volume de terrassement	96
VIII.2.1.a. Largeur du fond de la tranchée	96
VIII. 2.1.b. profondeur de la tranchée	96
VIII.2.2.la conduite principale	97
VIII.2.2.1. Calcul du volume de déblai	97
VIII.2.2.2. Calcul du volume de lit de sable	97
VIII.2.2.3. Calcul du volume de remblai	97
VIII. 2.3. Devis estimatif pour le terrassement de la conduite principale	98
VIII.2.4.Devis estimatif total	98
Conclusion	99
Conclusion Générale	100

## LISTE DES TABLEAUX

### CHAPITRE I :

Tableau I.1 : Répartition mensuelle des pluies (1988-2012).....	4
Tableau I.2 : Températures mensuelles moyennes en °C .....	4
Tableau I.3 : Humidités relative mensuelles moyennes en (%).....	5
Tableau I.4 : Les moyennes mensuelles des vitesses du vent .....	5
Tableau I.5 : Valeurs moyennes mensuelles du nombre de jours de sirocco .....	6
Tableau I.6 : Nombre de jours de gelée blanche (station de Bouira).....	7
Tableau I.7 : Valeurs moyennes des durées d’insolation journalières de la période 1980-2011.....	7
Tableau I.8 : Classification du climat selon Mr MARTON .....	8

### CHAPITRE II :

Tableau II.1 : classification des sols.....	15
Tableau II.2 : Les différentes classes d’aptitude des sols.....	17
Tableau II.3 : les composantes du sol .....	19

### Chapitre III

Tableau III.1 : Qualité de l’eau brute de la station hydrométrique de Barrage .....	24
Tableau III.2: Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique.....	25
Tableau III.3 : Classification des eaux en fonction de SAR .....	27

### Chapitre IV

Tableau IV.1 : Caractéristiques des stations pluviométriques.....	30
Tableau IV.2 : Répartition des pluies moyennes mensuelles et annuelles .....	31
Tableau IV.3 : Test de WILCOXON .....	34
Tableau IV.4: Ajustement à la loi de Gauss .....	35
Tableau IV.5: Précipitation moyenne mensuelle de l’année de calcule.....	39

### Chapitre V

Tableau V.1 : Les résultats de l’ET0 obtenir à l’aide du logiciel CROPWAT .....	47
Tableau V.2 : Coefficients culturaux ( <b>Kc</b> ) des principales cultures .....	48
Tableau V.3 : Les profondeurs d’enracinements des différentes cultures .....	50
Tableau V.4 : Répartition culturelle du périmètre de Machadallah .....	51
Tableau V.5 : Représentation de l'assolement choisi.....	52
Tableau V.6: pluviométries moyennes et efficaces pour chaque mois en mm.....	54



Tableau V.7: Résultats de calcul du besoin en eau de l'Olivier.....	55
Tableau V.8 : Résultats de calcul du besoin en eau de Blé.....	57
Tableau V.9 : Résultats de calcul du besoin en eau de pomme de terre.....	58
Tableau V.10 : Résultats de calcul du besoin en eau de pomme de terre (arrière saison).....	59
Tableau V.11 : Résultats de calcul du besoin en eau de tomate. ....	60
Tableau V.12 : Besoins en eau des cultures en mm.....	61

## **Chapitre VI**

Tableau VI.1 : Caractéristiques des ilots.....	71
Tableau VI.2: Paramètres des pertes de charge.....	74
Tableau VI.3 : diamètres des conduites de distribution du périmètre.....	75
Tableau VI.4 : Tableau des pressions au niveau des bornes.....	78
Tableau VI.5 : Tableau des vitesses dans les conduites de distribution.....	79
Tableau VI.6 : Etat quantitatif des conduites.....	80
Tableau VI.7: Tableau des pressions au niveau des bornes.....	82

## **Chapitre VII**

Tableau VII.1 Analyse multicritères de choix de technique d'arrosage.....	93
---	----

## **Chapitre VIII**

Tableau VII.2:calcul du volume de déblai.....	97
Tableau VII.3: calcul du volume de sable.....	97
Tableau VII.4: Calcul du volume de remblai.....	98
Tableau VII.5 : Factures pro-forma terrassement, conduite principale, réseau distribution et système d'adduction.....	98

# LISTE DES FIGURES

## CHAPITRE I

Figure I.1 : Plan de situation.....	3
Figure I.2 : Valeurs moyennes de la vitesse du vent (m/s).....	6
Figure I.3 Diagramme bioclimatique d'EMBERGE.....	10
Figure I.4: Climogramme de Gaussen .....	11

## CHAPITRE III

Figure III.1 : Vue générale de la cuvette du barrage de Tichy-haf .....	22
Figure III.2: Diagramme de classification de l'eau d'irrigation .....	28

## CHAPITRE IV

Figure IV.1 : Ajustement des pluies annuelles à une loi normale.....	37
--	----

## CHAPITRE V :

Figure V.1: réseaux distribution simulé par EPANET.....	78
---	----

## CHAPITRE VI:

Figure VI.1 : 1Schéma de distribution et d'adduction .....	65
Figure VI.2 : applicationde l'algorithme de Kruskal .....	67
Figure VI.3 : Représentation graohique de la loi de débit .....	70
Figure VI.4 : Schéma des tronçons de réseau de distribution.....	77
Figure VI.5 : Schéma des tronçons de réseau avec réservoir .....	81

## CHAPITRE VII:

Figure VII.1:Irrigation par planche de ruissellement.....	85
Figure VII.2:Irrigation à la raie.....	86
Figure VII.3: Irrigation par submersion.....	87
Figure VII.4 :Exemple d'une installation en aspersion.....	88
Figure VII.5 :Partie essentielle d'une installation localisée.....	89
Figure. VII.6:Dilueur d'engrais.....	90

Figure. VII.7.2Filtre à gravier.....	90
Figure. VII.8:Filtre à tamis.....	90
Figure VII.9: Exemple d'un Goutteur.....	91

**CHAPITRE VIII:**

Figure VIII.1 : Schéma d'une tranchée.....	96
--	----

## **LISTE DES PLANCHES**

**Planche N°01:** Plan situation du périmètre M'chadallah  
W.BOUIRA.

**Planche N°02:** Réseau distribution de périmètre M'chadallah.

**Planche N°03:** Occupation des cultures de périmètre  
M'chadallah.

**Planche N°04:** Profil en long de la conduite principale du  
périmètre M'chadallah.

## Introduction générale

L'eau est une source de vie et de prospérité, la garantir et la mettre à disposition de l'homme à la demande est un confort, et une richesse inégalée, mais la plus grande des pertes c'est son gaspillage, comme toute richesse elle doit régir à une politique de gestion raisonnable, et s'engage à tout mettre en œuvre pour la préserver.

Dans le domaine agricole, l'eau est indispensable pour garantir une sécurité socio-économique à moyen et long terme. La conception d'un système d'irrigation nécessite en premier lieu la quantification des besoins en eau de toutes les cultures mises en place, et la mobilisation des ressources en eau nécessaires au bon développement de ces cultures.

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre mémoire de fin d'étude. Il s'agit de revaloriser le périmètre de M'chadallah en faisant la conception d'un réseau d'irrigation alimenté à partir de transfert de barrage Tichy Haf (Béjaia) vers barrage Tillesdit (Bouira).

En effet, la wilaya de BOUIRA est connue pour ses terres fertiles et ses cultures très variées.

Ce périmètre connaît une prospérité en agriculture, cependant la plupart des cultures exploitées connaissent des rendements très faibles faute d'un système d'irrigation adéquat.

A ce propos, les techniques d'irrigation modernes répondent aux objectifs d'un système d'irrigation, une gestion précise de l'eau et la prise en considération de sa qualité.

Ainsi, notre travail à porter sur le dimensionnement de ce réseau d'adduction et de distribution moyennant logiciel et lois hydrauliques applicables à nos conditions naturelles et techniques.

# **Chapitre I**

## **Situation et**

### **Climat**

## Chapitre I : Situation et climat

### Introduction :

Avant tout projet d'irrigation, l'étude du site est nécessaire pour connaître toutes les caractéristiques du lieu, notamment le périmètre irrigué et les facteurs qui influent sur la conception du projet, parmi eux, nous citons : les données propres au site du barrage, ainsi que la connaissance de la géologie du lieu qui nous permettra de prendre les dispositions nécessaires lors de la réalisation du réseau d'irrigation.

### I.1 Situation géographique et administrative :

La zone d'étude est située au sud-est d'Alger à environ 200 km, limitée au nord par les piedmonts de la chaîne du Djurdjura, au sud par la route nationale N°5 (Alger –Constantine) à l'est par l'oued Tikseriden, l'altitude du périmètre est comprise entre 465m à Meillot et 531m à Telesdit.

La zone d'étude est traversée par l'oued important du sahel et des oueds de moindre importance tels :

-Oued El-BERD

-Oued RANA

-Oued OUAKOUE

-Oued BERBAR

-Oued Tikseriden

La vallée couvre une superficie de 3822ha qui se subdivise en 3074ha de surfaces agricoles et 748 ha inaptes à l'agriculture

La surface agricole se subdivise à son tour en 504.5 ha rive gauche. Et 2793.5ha rive droite

Le périmètre M'chedallah que porte notre étude est situé sur la rive droite du Sahel – Soummam, limité au nord par les piedmonts du Djurdjura, à l'est par l'oued El-BERD, à l'ouest par l'oued BERBAR, au sud par l'oued Sahel, ayant une superficie de 1585ha .

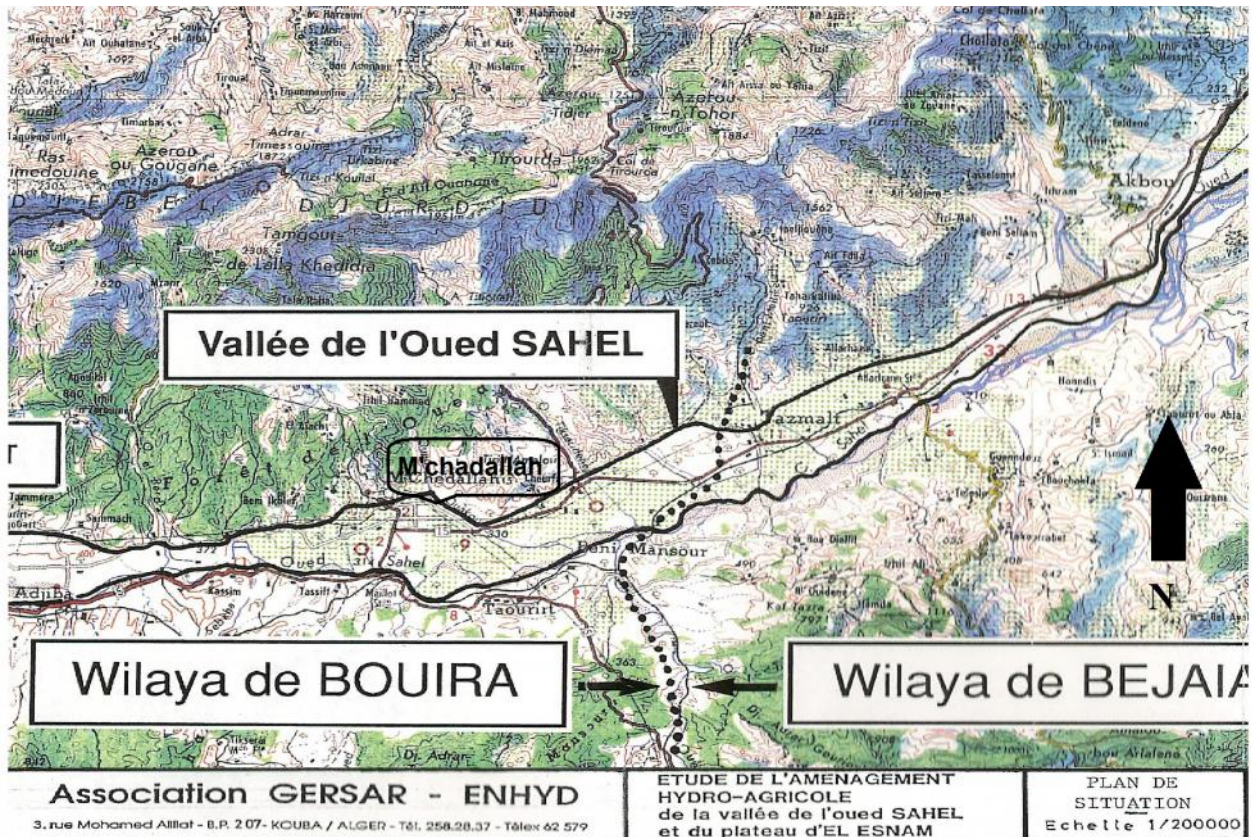


Figure I.1 : Plan de situation

## I.2 Analyse des conditions climatiques :

L'étude climatologique a pour but de fournir les éléments nécessaires aux aménagistes pour dimensionner les ouvrages hydrauliques qui constituent un des facteurs principaux pour l'aménagement du territoire et le développement économique et social du pays.

Cette étude s'appuiera sur les observations effectuées sur les principaux réseaux Climatologiques existants

Les différents éléments caractérisant le climat, sont principalement : les précipitations, la température, le vent, l'humidité relative de l'air, l'insolation,... Tous ces facteurs climatiques conditionnent d'une manière particulière le développement des végétaux. Il est important donc de connaître chacune de ces composantes, afin d'adapter les cultures au type de climat et sous lequel certaines pratiques doivent être prévues pour assurer une bonne production

Les données climatiques de la zone d'étude sont celles des observations effectuées sur les principales stations hydro pluviométrique de l'Agence Nationale Des Ressources Hydrauliques (ANRH) et l'Office National de la Météorologie (ONM).



### I.2.1 Pluviométrie :

La répartition mensuelle des pluies est donnée sur le tableau suivant :

**Tableaux N°I.1** : Répartition mensuelle des pluies (1988-2012)

station	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
P(mm)	27.7	27.3	37.8	42.5	62.8	40.4	30.9	34.1	27.6	10.2	3.0	7.8	352.1

Source ONM (Bouira)

D'après ce tableau on distingue :

Une période relativement humide qui dure neuf (9) mois (de septembre à mai) où la pluviométrie atteint 96%. Des précipitations moyennes annuelles avec des maximums répartis entre décembre et janvier qui dépassent les 16% et minimums qui ne descendent pas au dessous de 3% en Aout.

Une saison sèche de quatre (3) mois (Juin – Aout) ou il y a une pénurie d'eau atteint le 14% avec des minimums en Juillet et Août généralement 1% des pluies Annuelles.

### I.2.2 Température De L'air :

La température est un facteur du climat très important, car elle conditionne l'évapotranspiration

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

**Tableau N°I-2** : Températures mensuelles moyennes en °C

Mois	Janv	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Octo	Nov	Déc	Année
$M_{max}$	13.2	14.9	18.1	20.3	25.3	31.9	35.2	35.0	29.6	25.1	17.7	14.1	23.36
$M_{moy}$	8.9	9.6	12.3	14.1	18.8	24.4	27.5	27.7	23.2	19.2	13.0	9.9	17.38
$M_{min}$	4.5	4.3	6.5	7.9	12.3	16.9	19.8	20.4	16.9	13.3	8.4	5.6	11.4

Source ONM (Bouira)

Avec :

$T_{min}$  : moyenne de tous les minima observés pour chaque mois

$T_{max}$  : moyenne de tous les maxima observés pour chaque mois

$T_{moy}$  : moyenne mensuelle

Analyse et interprétation :

On relève que la moyenne des minima durant la période hivernale se situe autour de 4.3°C, ce qui donne un hiver frais à EL Sahel(M'chadallah). Par contre, la saison chaude s'étale de Juin à Septembre avec des moyennes mensuelles des maxima assez acceptables :

L'une au mois de Juillet avec une température de 35.2°C.

L'autre au mois d'Août avec une température de 35°C.

### I.2.3 L'Humidité relative :

Les variations de l'humidité relative de l'air sont fondamentalement conditionnées par les variations de la température et par la nature des masses d'air locales. On admet que la variation de la température de l'air provoque, en règle générale, une variation contraire de l'humidité relative de l'air. La distribution spatiale des valeurs de l'humidité de l'air et variations journalières et annuelles, peuvent être modifiées par l'action des facteurs locaux.

**Tableau N°I-3:**Humidités relative mensuelles moyennes en (%)

Mois	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Année
moy	63	71	75	80	77	78	74	69	65	58	51	49	<b>67.5</b>

Source ONM(Bouira)

### I.2.4 Le vent :

Le vent est un paramètre très important qui entre dans la projection du système d'irrigation surtout dans le cas où on utilise l'asperseur, elle est caractériser par sa direction et sa vitesse.

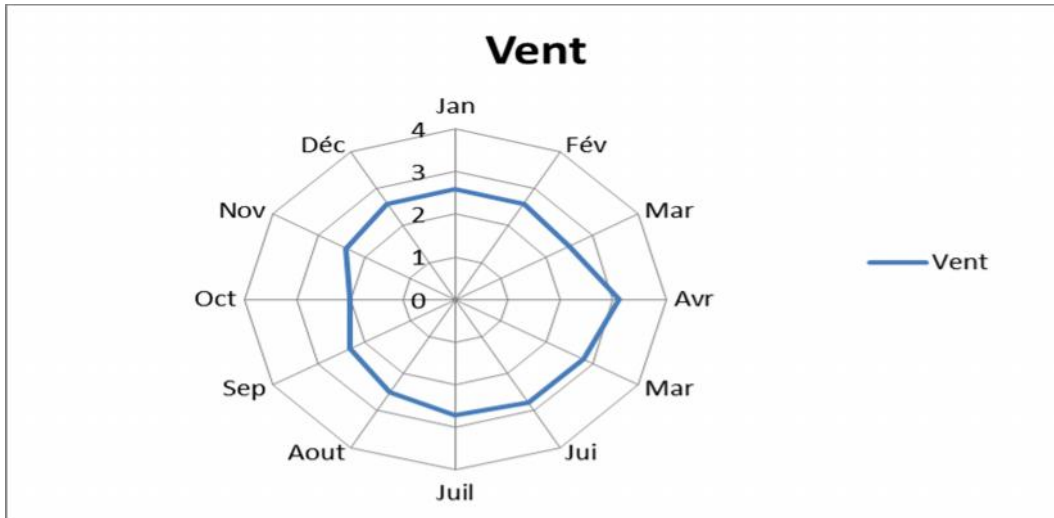
Le tableau suivant présente les valeurs moyennes mensuelles et annuelles de la vitesse du vent (m/s).

**Tableau N°I-4 :**Les moyennes mensuelles des vitesses du vent

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Ao	Sep	Oct	Nov	Dé	Année
V (m/s)	<b>2.6</b>	<b>2.6</b>	<b>2.5</b>	<b>3.1</b>	<b>2.8</b>	<b>2.8</b>	<b>2.7</b>	<b>2.5</b>	<b>2.3</b>	<b>2.0</b>	<b>2.4</b>	<b>2.6</b>	<b>2.6</b>

Source ONM (Bouira)

La vitesse moyenne du vent présente une petite variation pendant toute l'année, en oscillant entre une valeur minimale en octobre, de l'ordre de 2.0 m/s et une valeur maximale de 3.1 m/s environ en avril. Le graphique ci- après présente une illustration de ce paramètre sur l'année :



**Figure I.2** : Valeurs moyennes de la vitesse du vent (m/s)

### I.2.5 le sirocco :

C'est un vent chaud et sec qui souffle du Sahara vers le littoral. Il est très néfaste pour les végétaux car il peut provoquer le flétrissement de la plante ainsi que les chutes de rendement, donc sa connaissance est primordiale pour le choix des espèces à préconiser dans le périmètre :

Les diverses valeurs observées sur les postes intéressant la zone d'étude sont présentées par le tableau ci-dessous :

Nombre de jours moyens du sirocco relevé à la station d'EL- ESNAM :

**Tableau N°I-5** : Valeurs moyennes mensuelles du nombre de jours de sirocco

Mois	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Année
Nombre de Jours	1.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	4.0	11

Source ONM (Bouira)

Le nombre moyen de jours de sirocco varie entre 1 à 4 jours entre Mai et septembre. La pointe est observée en aout avec 4 jours. Le total annuel est de 11 jours.

### I.2.6 La gelée blanche :

le nombre de jours de gelée blanche augment en fonction de l'altitude et de l'altitude et de l'éloignement de la mer.

**Tableau N°I-6 :** Nombre de jours de gelée blanche (station de Bouira)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Station Bouira	10.6	8.0	6.3	2.8	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	2.8	9.4	40.6

### I.2.7 Insolation :

L'insolation dépend de la latitude, de l'époque de l'année, de l'exposition solaire et de la nébulosité, ce qui explique les variations des valeurs d'un site à l'autre.

Le Tableau N°7 contient les valeurs moyennes mensuelles et annuelles de la durée d'insolation journalière. Les valeurs moyennes mensuelles varient régulièrement pendant l'année : les valeurs les plus élevées correspondent au mois d'été, avec comme valeur maximale 10,78 h par jour pour le mois de juillet et valeur minimale pendant le mois de janvier (5,43 h par jour).

**Tableau N°I-7:** Valeurs moyennes des durées d'insolation journalières de la période 1980-2011

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Ao	Sep	Oct	Nov	Dé	Année
Insolation (heure/j)	5.43	6.63	7.7	8,68	9,20	10,70	10,78	9,91	8,18	7,66	5,79	5,44	93,97

## I.3 CLASSIFICATION DU CLIMAT :

Par indices, nous entendons une codification du climat par des formules dans le but de voir l'interférence des différentes variables de ce climat et leur action sur les plantes. Ces formules se basent principalement sur deux facteurs essentiels :

Pluviométrie et température

Les indices les plus connus sont ceux de **MARTONE (1926)** et **EMBERGER (1932)**

### I.3.1 Classification du climat selon l'indice de Mr MARTON :

Cet indice permet de préciser le degré de sécheresse de la région et par conséquent de renseigner sur l'indisponibilité de l'irrigation

L'indice d'aridité est donné par l'expression (I-1)

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

Avec :

I : Indice de MARTON.

P : précipitation annuelle en (mm) P=352.1mm.

T : température moyenne annuelle en (°c).

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

**Tableau N°I-8** : Classification du climat selon Mr MARTON

Valeur	Type de climat	Irrigation
$I_A < 5$	Désertique	Indispensable
$5 \leq I_A \leq 10$	Très sec	Indispensable
$10 \leq I_A \leq 20$	Sec	Souvent Indispensable
$20 \leq I_A \leq 30$	Relativement humide	Parfois utile
$30 \leq I_A$	Humide	Utile

Pour :

$$P = 352.1\text{mm}$$

$$T = 17.38^\circ\text{C}$$

Donc :

$$I_A = 12.85$$

Selon la classification de MARTONNE; notre climat est sec, ce qui rend l'irrigation nécessaire.

### I.3.2 Classification du climat selon diagramme de Mr EMBERGER :

Cet indice à pour but de détermination de l'étage bioclimatique. Il est déterminé par la formule d'EMBERGER :

$$Q = \frac{1000.p}{\frac{M+m}{2} \cdot (M-m)} = \frac{2.1000.p}{M^2 - m^2}$$

Avec :

Q Quotient pluviométrique d'EMBERGER

P : précipitation moyenne annuel mm

M : Température moyenne maximale du mois la plus chaud en K° (degré kelvin)

m : Température moyenne minimale du mois la plus froid en K°

Pour :

P : 352.1mm

M : 35.2°c

m : 4.3° c

On aura :

$$Q = \frac{2 * 1000 * 352.1}{(35.2 + 273)^2 - (4.3 + 273)^2} = 41.92mm$$

En portant la valeur de (Q) dans le diagramme bioclimatique d'EMBERGER, (fig.I.3), et en fonction de la température moyenne minimale du mois le plus froid, on peut confirmer que notre région se situe dans :

- L'étage bioclimatique : Semi-Aride .
- Sous étage : Hiver Tempéré.

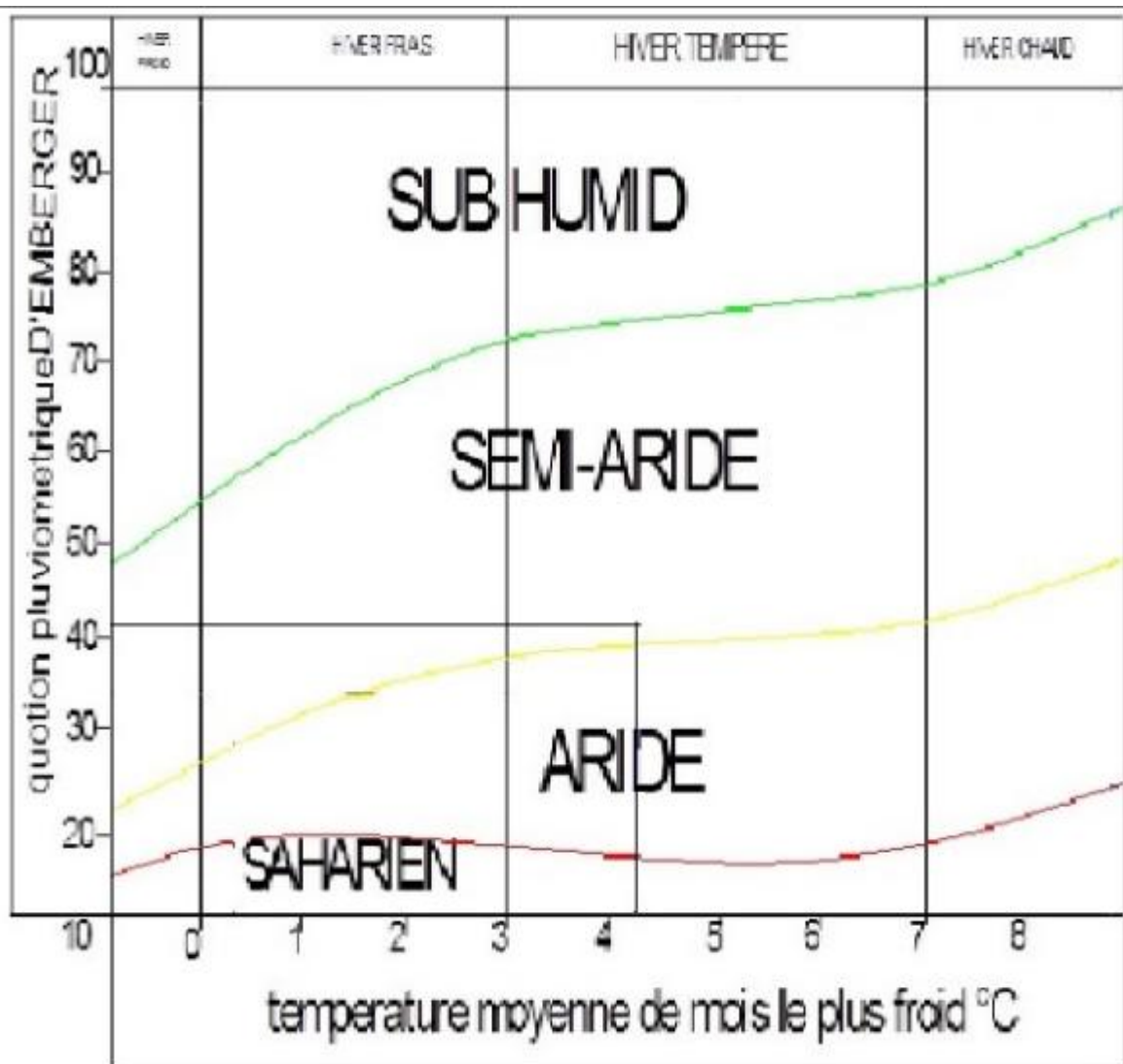


Fig I.3: Diagramme bioclimatique d'EMBERGE

### I.3.3 Diagramme de GAUSSEN :

Pour déterminer la saison sèche on trace la courbe des températures et la courbe des précipitations pour l'année de calcul.

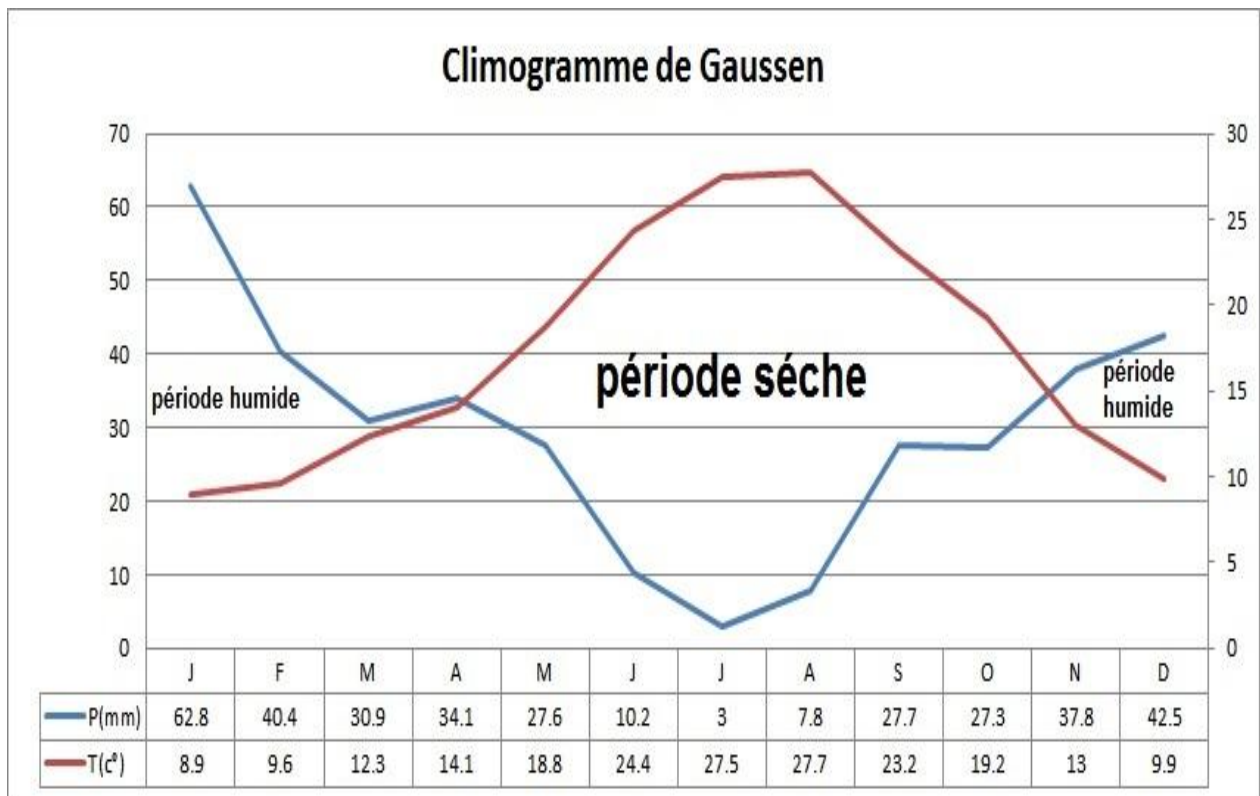
Le croisement des deux courbes délimite la période sèche (voir le graphique).

Sur le graphe on représente :

- en abscisse les mois
- en ordonnée à gauche : les températures 'T'
- à droite : les précipitations 'P'

L'analyse du diagramme pluviométrique de GAUSSEN nous montre une période sèche qui s'étend du mois d'avril jusqu'au mois d'novembre.

Vu le type de climat, dont on se trouve qui est sec et pour améliorer le rendement des cultures agricoles l'irrigation est nécessaire.



**Figure1-4 : Climogramme de Gausсен**



**Conclusion :**

A travers ce chapitre, nous avons dégagé les principales caractéristiques climatiques de notre région d'étude.

De l'examen des données, il 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 des hivers pluvieux, des printemps généralement humides et des étés secs.

Cette répartition saisonnière des précipitations favorise le développement des plantes hivernales quant aux cultures printanières dépend dans une large mesure de l'irrigation.

L'examen des températures moyennes permet de conclure que le climat de la région a un caractère de continentalité avec un écart de température de 8.9 à 27.7°C entre l'été (Août) et l'hiver (Janvier )

Finalement on peut dire que le climat de l'Oued Sahel (M'chadallah W.BOUIRA) est semi-aride et l'irrigation est souvent indispensable.

# **Chapitre II**

## **Ressource en sol**

## Chapitre II : Ressource en sol

### Introduction :

L'étude agro-pédologique a pour but de définir les sols destinés à l'irrigation ou de localiser les zones aptes à la mise en valeur en irrigation ainsi les caractéristiques hydrodynamiques de ces sols indispensables pour le calcul des doses d'arrosages et l'emplacement des réseaux d'irrigation et de drainage

Les principales contraintes et critères prises en considération pour la classification des sols sont : la texture, le critère d'hydromorphie, la présence et la profondeur de la nappe, la porosité, la salinité et le calcaire actif, bien qu'ils sont localisés dans des zones précises.

### II.1 Généralités :

La vallée du SAHEL-SOUMMAM comporte essentiellement le lit de l'oued SAHEL-SOUMMAM dont la largeur est assez grande, constituée de terrasses alluviales et colluviales, cette région est à vocation agricole.

#### II.2.1 Géologie :

La région étudiée constitue une vaste dépression remplie par des sédiments puissants et grossiers provenant de l'affouillement intense de la chaîne du Djurdjura et des Bibans.

L'oligocène à faciès KABYLE (argiles et grès) a débordé localement vers le sud de la zone du DJUDJURA dans la région de MAILLOT.

A l'aquitaniens, de puissantes formations continentales constituées d'argiles et de conglomérats occupent la dépression de CHORFA jusqu'à la région de MAILLOT, il faut enlever par le miocène marin (calcaires, grès, argile).

Les terrains sédimentaires que l'on rencontre dans notre zone d'étude sont :

- Alluvions actuelles : limons des crues de l'oued SAHEL-Soummam, dépôts caillouteux de l'oued AOUKOUR ;
- Alluvions récentes : Dépôts limoneux et caillouteux de l'oued SAHEL-SOUMMAM et de ces affluents.
- Alluvions anciens des vallées : Terrasses caillouteuses et limoneuses de la rive gauche de l'oued SAHEL-SOUMMAM

### II.2.2 Hydrogéologie :

La région est une vaste dépression comblée par les puissantes formations continentales rouges de l'aquitano-burdigalien. Il paraît dans la région l'existence de deux nappes ayant une surface libre et sont drainée par le réseau de rivières et de ravins de la région.

Les eaux de ces nappes ne sont pas abondantes et sont essentiellement douces, le résidu sec est de 0.4à07g/l.

Les réserves statique des eaux souterraines dans les alluvions de la vallée se trouve dans les limites du périmètre d'irrigation sont d'environ 225 mln m<sup>3</sup>/an.

Les eaux de ces nappes sont utilisées des fins agricoles en moyen de puits et forages.

### II.3 Les différentes classes des sols :

La prospection pédologique faite par L'ANRH en 1985 fait ressortir deux classes de sols pour le périmètre étudié, à savoir la classe des sols

- peu évolués ;
- minéraux bruts.

#### II.3.1 Classe des sols minéraux bruts :

Les sols de cette classe se situent tous sur les reliefs, en particulier au niveau des versants là où la pente est assez prononcée. Il s'agit en fait d'affleurement de roche dure (lithosols) en association avec des sols de type A/R très peu développés. On peut les rencontrer aussi sur les formations marneuses affleurantes (régosols). Ces sols sont généralement très caillouteux, peu organiques, pas ou peu épais et fortement érodés. La végétation naturelle est constituée principalement d'armoïse. Ils sont utilisés comme parcours au cheptel ovin et caprin. A la base des versants, ces sols peuvent être en association avec les sols calcimagnésiques et des sols peu évolués d'apport colluvial.

### II.3.2 Classe des sols peu évolués :

Cette classe constitue la majeure partie des sols du périmètre étudié. Elle est constituée principalement de sols peu évolués d'apport colluvial et de sols peu évolués d'apport alluvial.

- **Les sols peu évolués d'apport colluvial** : Ces sols se situent en bas des piedmonts. La roche mère est constituée de colluvions récentes peu ou pas consolidées. Ces sols sont de type A/C, mais la partie meuble peut être assez profonde. Ils sont très riches en éléments grossiers aussi bien en surface que dans leur matrice. Ces sols sont parfois travaillés (céréaliculture et arboriculture), sinon, ils sont utilisés comme parcours au cheptel.
- **Les sols peu évolués d'apport alluvial représentant** : Ces sols se caractérisent surtout par une très faible pente (2 à 3 % en moyenne). Ils sont généralement très profonds, argileux, poreux. La quasi-totalité de ces sols est travaillée avec une prédominance de céréaliculture suivie de l'arboriculture et peu de maraîchage. La végétation naturelle (reliques) est constituée d'arboise.

**Tableau II.1** : classification des sols

Classe	s/classe	Groupe	s/Groupe	Famille	série	Type	Superficie (ha)
Minéraux Bruts	Non climatique	D'apport alluvial	Model	Sur alluvions actuelles des terrasses de lit d'oued	profond	Sableux à sablo-limoneux	05
Sols peu évolués	Non climatique	D'apport alluvial	Model	Sur alluvions calcaires	Profond	Texture équilibrée	61
		D'apport colluvial	Model	Sur alluvions calcaires	Encroutement calcaires à 2m de profondeur	Sablo-limoneux	260

## II.4 Catégorie de sols :

La quasi-totalité des résultats de toutes ces investigations sont en accord avec les données des études existantes, en particulier avec celles de l'étude de l'oued SAHEL-Soummam ; et ce, que ce soit au niveau des types de sols, de leurs caractéristiques principales (profondeur utile, texture, charge caillouteuse), ou de la cartographie. Quant aux résultats des mesures de vitesse d'infiltration faites en surface, ils sont comparables à ceux qui sont obtenus sur des sols de mêmes caractéristiques, comme ceux du plateau par exemple.

Il s'avère que les principaux sols observés sont, par ordre d'extension décroissante :

**II.4.1 sols peu profonds** : – près de 3.000 ha – dont les épaisseurs utiles varient de 40 à 60 cm. Ce sont des sols bruns calcaires, situés entre l'aval d'Adjiba (10km) et Tazmalt, puis à l'aval d'Akbou. Il s'agit de sols de texture moyenne à grossières, à réserve utile en eau faible, présentant des contraintes péremptoires (croule et encroulement calcaires, charge caillouteuse). Ce sont des sols aptes aux cultures maraichères ou céréalières.

**II.4.2 sols moyennement profonds** :- près de 2.000ha – dont les épaisseurs utiles varient de 60 à 70 cm. Ce sont des sols bruns calcaires ou des sols peu évolués alluviaux, principalement localisés dans la région d'Adjiba et entre les cônes de déjection de Tazmalt et d'Akbou. Il s'agit de sols de texture moyenne à réserve utile en eau moyenne, aptes céréalières. Ces sols présentent les mêmes contraintes que précédemment mais en moins accentuées (croule et encroulement calcaire profonds – 60 à 70 cm- et charge caillouteuse moins importante).

**II.4.3 sols profonds** :- près de 2.000ha dont les épaisseurs utiles sont supérieures à 80, voire 100 cm. Ce sont des sols divers, calcaires ou non calcaires (dans ce cas, les valeurs des PH avoisinent 7.0). De texture moyenne à tendance fine, voire fine, non ou peu caillouteux et à réserve utile en eau élevée (>100mm). Ils sont aptes aux cultures les plus exigeantes – à savoir les cultures arbustives – et, a fortiori, à toutes les autres cultures.

**II.5 Les différentes classes d’aptitude des sols à l’irrigation et au drainage :**

Cette classification basée sur les paramètres suivants :

- Profondeur du sol ;
- Texture ;
- Salinité ;
- Topographie ;
- Perméabilité ;
- Drainage ;
- Calcaire actif.

Les différentes classes avec ces caractéristiques sont données dans le tableau suivant :

**Tableau II.2** : Les différentes classes d’aptitude des sols.

Paramètre de Classification Région	profondeur	texteur	structure	topographie	porosité	géomorphologie	Culture pratique
Adjiba rive gauche de l’oued SAHEL	0-50cm	Argilo-limoneuse	Grenue	Pente de 0 à 2-3%	bonne	Terrasse	Jachère
	50-80cm	argileuse	Polyédrique sub-angulaire		moyenne		
	80-120cm	argileuse	polyédrique		moyenne		
A l’Est de Tazmalt, rive gauche de l’oued SAHEL	0-50cm	Argilo-limoneuse	grenue	Pente de 0 à 2-3%	bonne	Terrasse	Jachère
	50-95cm	Argilo-limoneuse à argileuse	polyédrique		bonne		
	95-120cm	argileuse	polyédrique		mauvaise		
Maillot, rive gauche de l’oued Soummam	0-35cm	Limono-agilo-sableuse	grenue	Pente de 0 à 2-3%	bonne	Terrasse	Blé
	35-55cm	Limono-agilo-sableuse	grumelesue		faible		

*Source ENHYD (Bouira)*

### II.6 Drainage et assainissement :

En raison de la salure et de la texture fine des sols, le drainage constitue (cartes d'aptitudes culturales en irrigué) le travail le plus important à réaliser préalablement à leur mise en valeur.

L'assainissement est souhaitable essentiellement dans les zones de vertisols à drainage externe nul ou réduit d'une manière générale dans les sols de texture très lourde et situés dans des zones déprimées (topographie basse).

Le drainage se justifie dans les zones où il y a présence de nappe et aura pour but le rabattement de celle-ci afin que les cultures disposent d'une profondeur de sol utilisable plus importante.

Il est également conseillé dans de nombreuses zones où il n'y a pas actuellement de nappe existante dans ces cas, les sols ont souvent une salure assez importante que l'on cherche à réduire par le drainage lui-même lié au lessivage et conditionné au préalable par d'autres travaux tels que : amendements organiques et labours profonds.

### II.7 Les constitutions du sol :

Les constitutions du sol sont regroupées dans le tableau suivant :

**Tableau N°II-3** : les composantes du sol

<b>HORIZONS</b>		H1	H2	H3
<b>Profondeur</b> de prélèvement des échantillons (cm)		0-20	20-57	57-90
<b>GRANULOMETRIE</b>	A %	31,15	30,15	30,35
	LF/%	17,23	18,15	18,9
	LG %	9,22	14,89	12,93
	SF %	28,25	20,13	29,74
	SG %	14,15	16,68	8,08
<b>MATIERES</b>	MO %	1,45	0,56	0,39



<b>ORGANIQUES</b>	C ‰	8,55	3,3	2,3
	N ‰	0,74	0,63	0,67
	C/N	11,56	5,23	3,43
<b>RESERVE MINERALES</b>	CaCO <sub>3</sub> TOTAL %	12,04	22,8	21,5
	CaCO <sub>3</sub> ACTIF %	2 393	2 184	2 315
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ASSIMIL (PPM)	28,95	30,44	31,45
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> TOTAL ‰	39,45	39,46	34,75
	K <sub>2</sub> O ASSIMIL en méq /100 g	28,95	30,44	31,45
	K <sub>2</sub> O TOTAL ‰	39,45	39,46	34,75
	GYPSE TOTAL %			
<b>COMPLEXE ABSORBANT</b>	Ca <sup>++</sup> en méq /100 g	22,5	16,5	16,5
	Mg <sup>++</sup> en méq /100 g	4,17	5,11	5,21
	K <sup>+</sup> en méq /100 g	1,13	0,36	0,47
	Na <sup>+</sup> en méq /100 g	1,52	2,04	1,39
	S			
	T en méq /100 g	25,1		18,1
<b>SOLUTION DU SOL</b>	% SATURATION			
	pH Eau	8,35	8,5	8,49
	pH - KCL			
	C.E. mmhos/cm (ext. au 1/5)	0,1	0,05	0,11

*Source ENHYD (Bouira)*

**Conclusion :**

Les sols de la vallée de l'oued SAHEL présentent un potentiel agronomique élevé. Ce sont des sols principalement aptes aux cultures maraîchères, mais aussi aux cultures arbustives.

L'analyse de la qualité des sols de la zone d'étude montre que les aptitudes culturales des sols varient d'une classe à l'autre. Les cultures maraîchères, céréalières et fourragères sont bonnes à cultiver sur ces sols. Par contre l'arboriculture est à déconseiller voir inapte excepté l'olivier et l'amandier. Car certains sols, peu évolués présentent une faible profondeur ce qui limite la profondeur d'enracinement. D'autres cultures s'adaptent mal, à cause de certaines restrictions dues principalement à la salinité, et dans certains cas à la présence d'une croûte calcaire en surface des sols.

# **Chapitre III**

## **Qualité d'eau d'irrigation**

## Chapitre III : Qualité d'eau d'irrigation

### Introduction

Avant d'entamer une étude d'aménagement hydro-agricole, il faut d'abord localiser et quantifier l'eau nécessaire à l'irrigation. Pour cela et à travers ce chapitre on va présenter les ressources en eau qui peuvent alimenter notre zone d'étude.

### III.1 Description du transfert Barrage de Tichy haf- Barrage Tillesdit

#### III.1.1. Adducteur de M'Chedallah

##### Rappel des dispositions prévues au schéma.

Le périmètre de M'Chedallah est équipé d'un réseau sous pression comprenant une conduite principale (D=800mm en tête) sur laquelle sont branchés les sous réseaux alimentant les bornes (une dizaine de sous réseaux).

La ressource en eau actuelle est double :

- L'Oued Berd avec des ouvrages de prise et d'amenée permettant de mobiliser les eaux jusqu'à l'ouvrage de Tête : réservoir à la cote 420 NGA sur lequel est branchée la conduite principale du réseau ;
- La nappe alluviale : plusieurs systèmes de collecte rassemblent les eaux de forages jusqu'à des réservoirs situés tout au long de la Vallée à une cote permettant de réalimenter la conduite principale en (D=800 mm).

Les conclusions du schéma d'aménagement ont montré que seule la ressource de l'Oued Berd pourrait être maintenue dans le futur, la nappe, déjà surexploitée sera réservée à l'usage AEP.

C'est donc les eaux de surface qui vont se substituer aux eaux souterraines pour assurer la pointe de l'irrigation en été. Pour cela, il est prévu un nouveau réservoir, à la cote 415 NGA, alimenté par le barrage de Tillesdit et qui assurera en été la desserte du réseau de M'Chedallah.

L'adducteur de M'Chedallah prévu dans ce projet a une double fonction :

- assurer le transfert en hiver de Tichy Haf vers Tillesdit

- assurer la distribution en été sur le réseau de M'Chedallah et remplacer la conduite principale existante.

### III.1.2 Description du barrage de Tichy-haf

le barrage de Tichy Haf a été construit pour le renforcement de la capacité de régularisation du barrage de Tilesdit. Le barrage de Tichy Haf a une capacité de stockage utile d'environ  $105 \text{ hm}^3$ .

Le TICHY-HAF est un barrage caractérisé par une capacité inférieure à ses apports annuels, et c'est la raison pour laquelle un volume d'eau important se perd chaque année dans la mer méditerranéenne, notamment durant la saison hivernale.

Etant donné que l'eau est une source de vie précieuse à préserver ; dans un pays hydro-sensible comme l'ALGERIE, la nécessité de trouver un moyen pour exploiter cet excès d'eau s'oblige.



**FigIII.1:** Vue générale de la cuvette du barrage de Tichy-haf

### III.1.3 Barrage de Tilesdit

Le barrage de Tilesdit est situé à 18 km à l'Est de la ville de Bouira, sa construction a débuté en 1996, sur l'oued Eddous, sa mise en service a été en 2004. Le barrage de Tilesdit a une capacité maximale de  $167 \text{ Hm}^3$ , cependant sa capacité a fortement diminué du fait d'un fort taux d'envasement. Il est doté d'un réseau d'AEP

pour l'alimentation de la ville de Bouira avec un volume  $20.23 \text{ Hm}^3/\text{an}$ , et d'un réseau d'irrigation pour les besoins en eau de 6000 ha répartis comme suit :

- plateau d'EL Asnam (2260 ha) avec  $12 \text{ Hm}^3/\text{an}$ .
- vallée de l'oued sahel (3740 ha) avec  $27,2 \text{ Hm}^3/\text{an}$ .

Le site du barrage a été choisi en ayant pris les facteurs suivants en considération :

- possibilité de créer une retenue d'une capacité de  $167 \text{ Hm}^3$ , sans autant inonder les terres cultivables situées en aval.
- Implantation de la retenue autant que possible à proximité des terres à irriguer.
- Condition hydrogéologiques et géotechniques favorables pour la réalisation.
- Présence des carrières et des matériaux de construction.

### III.2 Qualité de l'eau d'irrigation

Lorsqu'on veut réaliser un aménagement hydro-agricole il faut que l'eau exploitée pour l'irrigation accomplisse certaines conditions qui garantissent le bon développement des plantes, et permet d'éviter les impacts négatifs sur la santé publique, l'environnement Et le système d'irrigation.

➤ La qualité de l'eau d'irrigation dépend des facteurs suivants :

1. La concentration totale en sels dissous ;
2. Le rapport de Sodium par rapport aux autres conditions ;
3. La présence de Bore et d'autres éléments toxiques.

La qualité des eaux superficielles dépend directement de la qualité des rejets des affluents dans les bassins versants en conséquence le rendement des terres agricoles.

Les valeurs de référence en ce qui concerne la qualité de l'eau brute pour la station hydrométrique de Barrage Tichy-haf sont présentées dans le tableau suivant :

**Tableau III.1** : Qualité de l'eau brute de la station hydrométrique de Barrage

Paramètres	moyenne	maximum	minimum
Conductivité en mmhos / cm	0.720	0.760	0.680
Résidu Sec en mg/l	1568	2040	660
PH	7,9	8 ,2	7,2
CL <sup>-</sup> en mg/l	128	150.9	101.3
Na <sup>+</sup> en mg/l	103	123	83
Ca <sup>++</sup> en mg/l	106	114	88.9
Mg <sup>++</sup> en mg/l	58	76	35
K <sup>+</sup> en mg/l	14	21	8
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> en mg/l	406	448	327
HCO <sub>3</sub> en mg/l	122	182	70
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> en mg/l	5	28	0.7

*Source ENHYD (Bouira)*

Pour l'ensemble des paramètres analysés ici, on remarque que selon les normes de la FAO[2] pour la classification des eaux d'irrigation applicables dans la majorité des aménagements hydro agricoles des régions arides et semi-arides, leurs valeurs moyennes correspondent à des valeurs de classes de restriction d'utilisation faibles à modérées ; ne causant pas de préjudice aux cultures. Mais pour le pH, quelques problèmes relatifs à la précipitation du calcium qui peut entraîner des incrustations sont prévisibles.

### III.3 Les limites admissibles

La classification des eaux suivant la qualité chimique a été établie selon le diagramme De classification américaine des eaux d'irrigation, en fonction de deux paramètres, celui de la Conductivité électrique CE, et le rapport d'absorption du Sodium SAR.

### III.3.1 La conductivité électrique

La conductivité électrique est une propriété associée à la mobilité des ions, elle est mesurée à 25°C et exprimée en mmhos/cm. On distingue quatre classes de danger de salinité de l'eau en fonction de la conductivité électrique

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

Classe	Conductivité électrique CE (mmhos/cm) à 25°C	Qualité des eaux
C1	$CE \leq 0,25$	Eau de risque faible
C2	$0,25 < CE \leq 0,75$	Eau de risque moyen
C3	$0,75 < CE \leq 2,25$	Eau de risque élevée
C4	$CE > 2,25$	Eau de risque très élevée

Remarque :

C1 : convient pour toutes les cultures

C2 : convient pour les plantes moyennement tolérantes

C3 : ne convient qu'à des sols bien drainés et des plantes tolérantes

C4 : eau difficilement utilisable sur sol bien drainé

L'eau du barrage de Tichy-haf prévue pour l'irrigation du périmètre étudié a une conductivité électrique moyenne  $CE = 0,72$ mmhos/cm



### III.3.2 Le SAR (Sodium Absorption Ration) :

Si l'eau est riche en Sodium, celui-ci peut se fixer sur le complexe du sol et exercer Alors une action défloculante. Pour apprécier le risque alcalin, on compare donc la Concentration en ions  $\text{Na}^+$  et celle en ions  $\text{Ca}^{++}$  et  $\text{Mg}^{++}$ .

La qualité des eaux pour l'irrigation est déterminée par la méthode de Sodium Absorption Ratio (S.A.R.). Cette méthode fait intervenir la salinité et le risque d'alcalinisation des eaux.

On utilise le SAR pour classer les risques reliés au sodium dans les sources d'eau d'irrigation. L'eau caractérisée par un SAR supérieur à 10 aura tendance à produire une accumulation de sodium dans le sol. Le sodium agit au niveau de la défloculation du sol argileux ce qui entraîne une diminution de la macro-porosité (air) et du taux d'infiltration de l'eau. Cette action sur la structure du sol est particulièrement néfaste pour les gazons fortement piétinés.

À l'aide du SAR, on divise les eaux d'irrigation en quatre classes.

La classification est basée principalement sur l'effet du sodium sur les conditions physiques du sol.

- Classe S1 : SAR de 10 et moins bas taux de sodium ;
- Classe S2 : SAR de 10,1 à 18 taux moyen de sodium ;
- Classe S3 : SAR de 18,1 à 26 haut taux de sodium ;
- Classe S4 : SAR au-dessus de 26,1 très haut taux de sodium.

**Classe S1** – l'eau peut être utilisée sur pratiquement n'importe quel type de sol avec un risque minimal d'accumuler du sodium à un niveau dommageable.

**Classe S2** – l'eau présente un danger appréciable d'accumuler du sodium à un niveau dommageable pour les sols ayant une texture fine et une capacité d'échange cationique (CEC) élevée. Par contre, l'eau peut être utilisée dans les sols sableux ayant une bonne perméabilité.

**Classe S3** – peut produire des niveaux dommageables de sodium dans pratiquement tous les types de sols. L'utilisation d'amendements tels que le gypse pourraient être nécessaires pour échanger les ions Sodium. De plus, les pratiques culturales augmentant le drainage seront requises plus fréquemment.

**Classe S4** – cette eau est généralement inadéquate pour l'irrigation

$$S.A.R = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}}$$

SAR=7.068

**Tableau III-3** : Classification des eaux en fonction de SAR

Classe	S.A.R.	Danger
S1	SAR ≤ 10	Risque faible
S2	10 < SAR ≤ 18	Risque moyen
S3	18 < SAR ≤ 26	Risque élevé

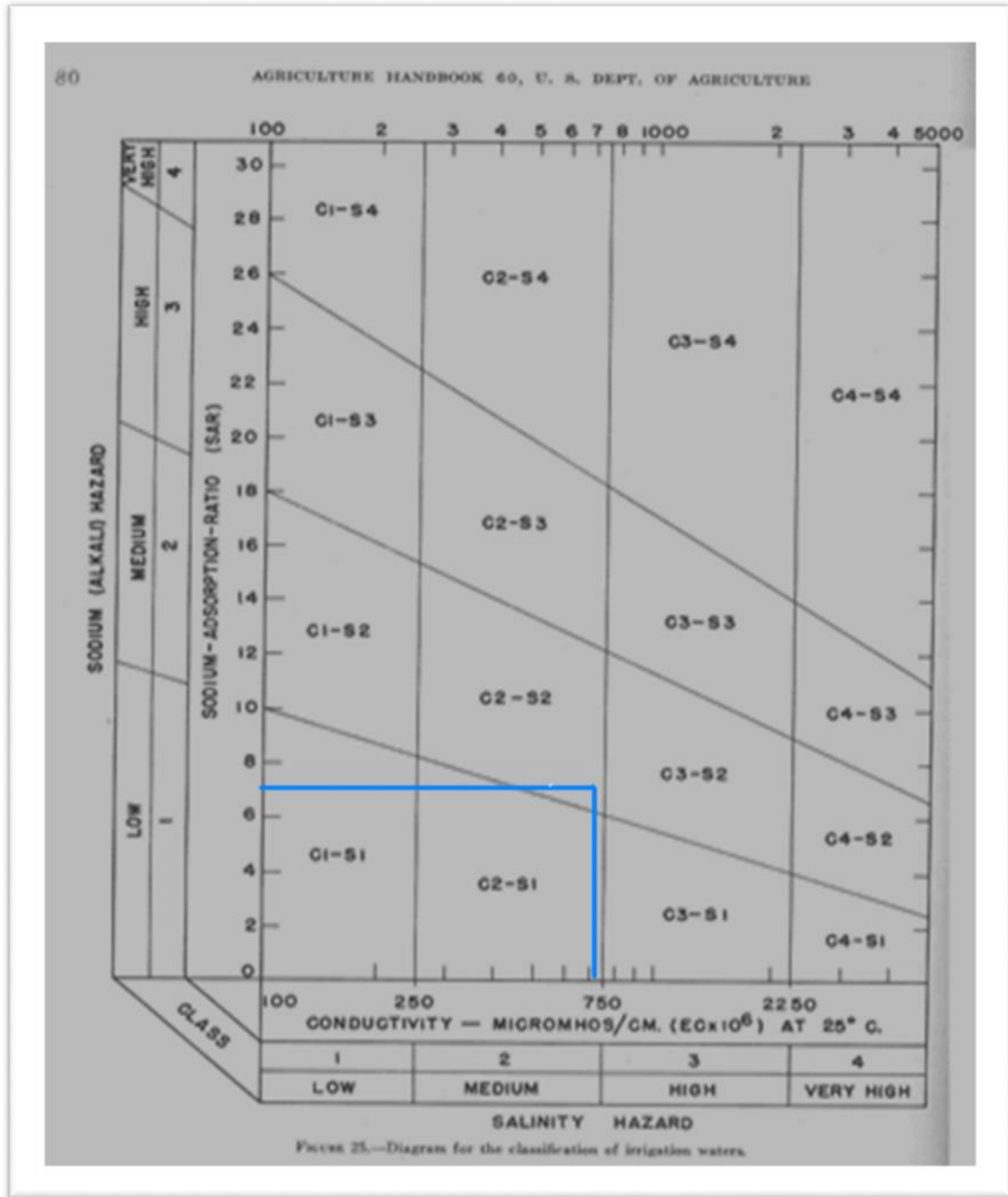


Figure III-1 : diagramme de classification de l'eau d'irrigation

On se réfère au diagramme de classification des eaux d'irrigation (Fig III.1). On peut affirmer que notre eau est caractérisée par une salinité moyenne avec un risque d'alcalinité moyen aussi, c'est pour ça on le trouvé dans l'intervalle (C2-S2), se qui montre que la qualité de ces eaux est acceptable dans le domaine d'irrigation.

**Conclusion :**

Au terme de ce chapitre, nous avons pu dégager les principales caractéristiques d'eau d'irrigation de la zone du projet.

En premier lieu, le périmètre d'étude sera alimenté par la conduite de transfert du barrage de Tichi haf vers le barrage Tilesdit, ce qui constitue une opportunité de développement hydro-agricole pour la région puis que les ressources en eau sont très limitées dans la wilaya de Bouira.

# **Chapitre IV**

## **Hydrologie**

## Chapitre IV : Hydrologie

### Introduction :

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. Et l'ensemble des aspects liés aux au processus de maturation de n'importe quel ouvrage hydraulique.

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

### IV.1 Etude des Précipitations :

#### Données disponibles :

Le périmètre est situé dans une zone assez bien pourvue en stations pluviométriques qui fonctionnaient pendant de longues périodes ; cependant l'étude hydrologique ne concerne que la station la plus proche du périmètre : La station de MCHEDALLAH.

La localisation de station est indiquée dans la figure ci-dessous et leurs caractéristiques dans le tableau suivant :

**Tableau IV.1** : Caractéristiques des stations pluviométriques

Nom de la station	Code	Coordonnées en Lambert		Altitude (m)	Période d'observation	Nombre d'années observées
		<i>X</i> (Km)	<i>Y</i> (Km)			
MCHEDALLAH	150301	640.9	341.7	450	1988-2012	25

**IV.2 Répartition de la pluie moyenne dans l'année :**

Afin de déterminer la répartition de la pluie moyenne dans l'année. Est représenté par la répartition de la pluie moyenne annuelle de M'chadallah (code 150301) pour les raisons suivantes :

- ✓ cette station est proche de notre site d'étude
- ✓ son altitude ( $z=450$  m) est presque égale à l'altitude moyenne de notre bassin versant

La série des précipitations moyennes mensuelles de la station pluviométrique

MCHEDALLAH est donnée dans le tableau ci-après :

**Tableau IV.2 :** Répartition des pluies moyennes mensuelles et annuelles

Année	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Totale Annuelle
1988	1	24.9	60.3	93.5	12.2	35.5	65.4	50.6	10.5	2.1	0	29.2	385.2
1989	4.6	24.3	12.6	31.5	103.1	27.1	13.1	2.4	35.9	0	0	1.8	256.4
1990	14	25.2	58.7	29	52	39.4	82.8	7	3.9	15.4	0	7	334.4
1991	47.2	36.7	9.8	86.8	30.4	87.3	47	6.2	15.4	5.6	22.1	2.4	396.9
1992	7	17.4	64.7	18	16.5	20.6	45.7	39.9	11.3	7.5	0.7	1.9	251.2
1993	17.6	3.9	38.4	77	8.6	13.8	13.7	40.9	4.2	16.6	3.9	34.4	273
1994	70.4	22.2	16.5	13.2	26.3	0	37	28.4	42.4	10.7	18.6	0	285.7
1995	0.5	4.5	36.1	14.2	3	10	10.1	1.3	7.6	0.1	0.8	0.2	88.4
1996	2.4	15.5	7.8	0.2	6.9	1.4	5.4	10.1	70.3	17.5	0.6	0	138.1
1997	74	7	47.5	32.4	11.4	43.3	0.2	7.5	2.3	0.6	0	7.2	233.4
1998	89.6	24.8	10.6	21.3	119.1	5.8	46.8	19.5	4.3	38.1	0	1.9	381.8
1999	8.6	11.3	1.6	14.5	29.3	55.7	47.8	28.5	31.8	9.2	9.9	3.9	252.1
2000	31.7	24.3	17.2	14.2	25	0	7	37.1	22.1	2.9	0	30.7	212.2
2001	76.4	25.7	67.8	30.3	28.2	31.5	6	33.5	86.3	5.5	0	8.3	399.5

2002	56. 7	10. 6	28. 9	15	35.5	24. 3	20. 1	5	15. 8	2.8	2.2	11	227.9
2003	50. 1	9.2	18. 6	77. 1	0.3	0	8.1	9.1	40. 7	0.1	0	0.1	213.4
2004	20. 3	24. 1	11. 7	60. 3	123. 9	15. 7	4.8	39. 8	7.7	0.2	0	6.8	315.3
2005	31. 4	3.7	23. 9	6	39.2	21	11. 7	1	6.9	5.5	6.7	26. 9	183.9
2006	5.4	11	81. 7	95. 7	153. 5	35. 6	7.1	94	4.9	17	14. 2	8.5	528.6
2007	7.7	79. 5	34	98. 9	26.9	9.4	35. 1	65. 4	95. 7	2	5.9	1.3	461.8
2008	23. 6	0	4.6	17. 5	10.8	42. 8	91. 6	86. 7	18. 5	5.1	3.1	4.1	308.4
2009	37. 6	59. 7	19. 8	5.6	11.4	27	46. 4	4.2	37. 2	11. 3	1.3	3.4	264.9
2010	7.2	69. 3	36. 8	13	17.5	54. 9	34. 3	68. 1	48. 4	54. 4	3.8	2.4	410.1
2011	4.7	32. 3	47. 5	22. 1	16.2	74	33. 3	47. 3	9.4	0	0.1	0.3	287.2
2012	4.7	16	39	50. 5	15	10	4.4	20. 3	33	23	1.2	1.7	218.8
SOURCE				Agence Nationale des Ressource Hydrauliques(ANRH)									

D'après les résultats du tableau pendant la période 1988 –2012, On a remarqué une irrégularité dans la répartition des précipitations et aussi une variabilité mensuelle et annuelle. Ces pluies sont nettement insuffisantes pour les mois de juin, juillet et août, elles sont moyennes au printemps et maximales en hiver.

L'étude statistique de la série s'effectue par le logiciel HYfran. donnant son diagramme de dispersion et son traitement. Le même logiciel fait son ajustement aux lois théoriques ( Normale et Log-normale).



### IV.3 Homogénéité de la série pluviométrique

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

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

- 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 union y après avoir classé la série de pluie d'origine par ordre croissant. À ce stade, on attribue à chaque valeur de la série pluviométrique classée, son rang, tout en précisant à quels sous série elle appartient.

D'après **Mr Wilcoxon** a montré que la série est homogène avec une probabilité de 95%, si la relation ci-dessous est vérifiée. Avec :

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

$$W_x = \sum \text{Rang}_x$$

$W_x$ : Somme des rangs des sous séries

$$W_{\min} = \left[ \left( \frac{(N_1 + N_2 + 1) \times N_1 - 1}{2} \right) - 1,96x \left( \frac{N_1 \times N_2 (N_1 + N_2 + 1)}{12} \right)^{0,5} \right]$$

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

Le tableau suivant détaille le procédé de Test d'homogénéité pour la station de MCHEDALLAH code (150301) :

**Tableau IV.3 : Test de WILCOXON**

Rang	Série d'origine P (mm)	Série x (mm)	Série y (mm)	TRI (mm)	x union y
1	385.2	385.2	252.1	88.4	X
2	256.4	256.4	212.2	138.1	X
3	334.4	334.4	399.5	183.9	Y
4	396.9	396.9	227.9	212.2	Y
5	251.2	251.2	213.4	213.4	Y
6	273	273	315.3	218.8	Y
7	285.7	285.7	183.9	227.9	Y
8	88.4	88.4	528.6	233.4	X
9	138.1	138.1	461.8	251.2	X
10	233.4	233.4	308.4	252.1	Y
11	381.8	381.8	264.9	256.4	X
12	252.1		410.1	264.9	Y
13	212.2		287.2	273	X
14	399.5		218.8	285.7	X
15	227.9			287.2	Y
16	213.4			308.4	Y
17	315.3			315.3	Y
18	183.9			334.4	X
19	528.6			381.8	X
20	461.8			385.2	X
21	308.4			396.9	X
22	264.9			399.5	Y
23	410.1			410.1	Y
24	287.2			461.8	Y
25	218.8			528.6	Y

D'après les calculs, nous avons:

$$W_x=136$$

$$W_{\min}=106.69$$

$$W_{\max}=179.31$$

$$106.69 < W_x < 179.31$$

La condition de **Mr Wilcoxon** est vérifiée, donc la série des précipitations moyennes annuelle de la station de MCHEDALLAH est homogène.

#### IV.4 Etude de l'échantillon et choix du type de loi

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 sont les suivantes :

- Loi de Gauss ou loi Normale.

##### IV.4.1 Traitement des données

La simulation des apports annuels avec le logiciel HYDROLAB nous donne les résultats suivantes :

##### **Station MCHEDALLAH**

Statistiques de base :

- Nombre d'observations 25 ;
- Minimum 88.4 ;
- Maximum 529 ;
- Moyenne 292 ;
- Ecart-type 102 ;
- Médiane 273.

##### IV.4.2 Ajustement de la série pluviométrique :

On soumet la série pluviométrique annuelle de la station retenue aux ajustements à la loi Normale et la loi log –normale

##### IV.4.2.1 Ajustement à la loi Normale (GAUSS)

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

$$F(u) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^u \text{EXP}\left(\frac{-1}{2x\mu^2}\right) du$$

Pour notre projet, il sera utile de connaître les variations annuelles des précipitations pour une période de retour de 5ans.

Les résultats de l'ajustement de la série des pluies moyennes annuelles de la station de **MCHEDALLAH** est regroupé dans le tableau et la figure suivantes :

**Tableau N°IV-4 : Ajustement à la loi de Gauss**

période de retour T (ans)	probabilité	Précipitation(Pj max)	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)	
100	0.99	529	39.8	451	607
50	0.98	501	36.4	430	573
20	0.95	460	31.6	398	522
10	0.9	423	27.7	368	477
5	0.8	378	23.8	331	425
3	0.6667	336	21.3	294	378
2	0.5	292	20.4	252	332
1.25	0.2	207	23.8	160	253

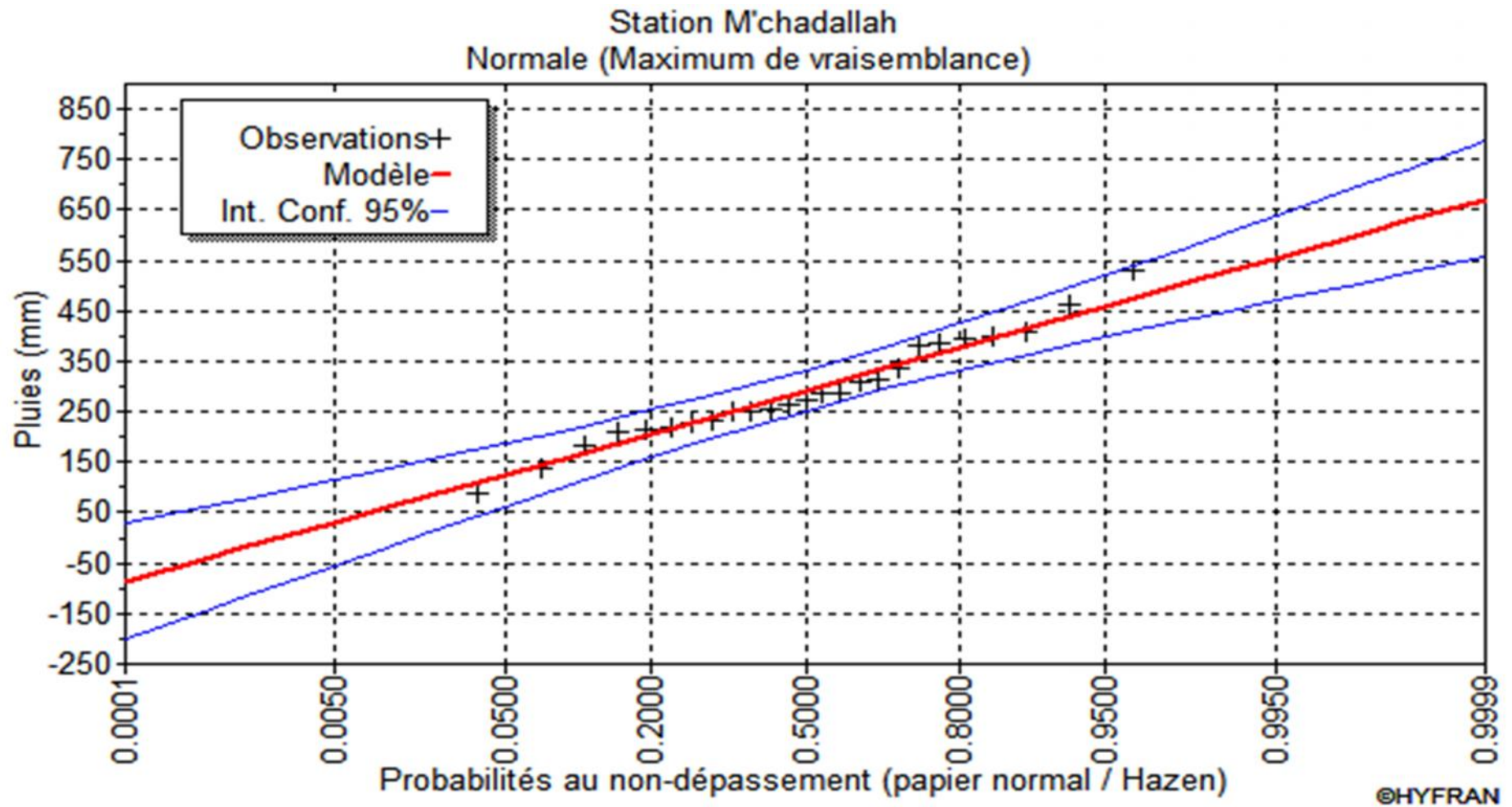


Fig IV-1 : Ajustement des pluies annuelles à une loi normale

#### IV.4.2.1.1 Test de validité de l'ajustement à la loi Normale :

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 calcule  $\chi^2$ .

On calcule le nombre de degré de liberté  $\gamma$  :

On détermine  $\chi^2$  théorique sur la table de Pearson IV (voir tableau IV -5 ci-après)

Avec :  $\chi^2$  théorique = g( $\gamma$ ,  $\alpha$ )

La loi est adéquate pour une erreur  $\alpha = 0.01$  si et seulement si :  $\chi^2$  calculé <  $\chi^2$  théorique

D'après le logiciel HYFRAN, on obtient les résultats suivants:

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

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

$$\chi^2 \text{ théorique} = 13.277$$

$$\chi^2 \text{ calculé} = 3.84 < \chi^2 \text{ théorique} = 13.277$$

Donc l'ajustement est à considérer.

#### IV.5 Détermination de l'année de calcul :

Comme nous sommes dans une région semi aride et que la pratique montre que pour ce type de climat la probabilité de calcul doit être prise entre 75% et 90%.

Nous opterons donc pour l'année de calcul avec une probabilité de 80% et les précipitations totales correspondantes  $X_{80\%}=254,43\text{mm}$  (voir le tableau N°IV-5)

L'année de calcul est obtenue en appliquant la formule suivante :

$$P_{80\%}^{\text{mensuelle}} = P_{\text{moy}}^{\text{mensuelle}} \times \frac{P_{80\%}^{\text{annuelle}}}{P_{50\%}^{\text{annuelle}}}$$

$P_{80\%}=198\text{mm}$ .

$P_{50\%}=274\text{mm}$ .

**Tableau IV.5:** Précipitation moyenne mensuelle de l'année de calcul

mois	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Févr.	Mar.	Avril	Mai.	Jui.	Juil.	Aout.
$P_{i,\text{moy}}$ (mm)	27.77	27.32	37.84	42.51	62.88	40.44	30.99	34.15	27.66	10.2	3.0	7.81
$P_{i,80\%}$ (mm)	20.06	19.74	27.34	30.71	45.43	29.22	22.39	24.67	19.98	7.3	2.16	5.64

**Conclusion :**

Au cours de ce chapitre, de dégager les principales caractéristiques statistiques de la série pluviométrique, retenue comme représentative, de la zone de projet.

Quant à l'ajustement des séries de pluies moyennes annuelles, il faut signaler que le test de Khi carré a montré un ajustement à considérer avec le loi Normale (la loi de Gauss).

Concernant l'ajustement des séries des pluies moyennes annuelles, on constate que la loi de Gauss, adoptée dans notre projet.

Les calculs manuels des expressions statistiques nécessitent plus temps, mais avec l'outil informatique, on parvient aisément aux résultats escomptés. et l'utilisation des logiciels tel que HYFRAN nous a permis l'élaboration des analyses statistiques les plus courantes en hydrologie.



# **Chapitre V**

## **Les besoins en eau des cultures**

## Chapitre V : Besoin en eau

### Introduction

La mise en place d'un système d'irrigation ne s'improvise pas. Une série d'éléments sont à prendre en considération, depuis la conception du projet jusqu'au processus de gestion à long terme des installations. L'objet de ce chapitre a pour but de baliser de manière succincte les différentes démarches à entreprendre. Il s'agira principalement de rappeler quelques notions de base.

Lors de la mise en place d'un système d'irrigation, l'ordre logique des démarches à suivre est le suivant:

- évaluation des besoins en eau des plantes cultivées;
- détermination des doses et de la fréquence des arrosages.

Tout ça pour choisir le dimensionnement et budgétisation du système d'irrigation. Dans ce travail on utilise un logiciel d'aide à la gestion de l'irrigation a été mis au point par la FAO. Ce logiciel permet le calcul des besoins en eau et des quantités d'eau d'irrigation nécessaires aux cultures. Il offre également la possibilité de développer un calendrier d'irrigation en fonction de diverses pratiques culturales, d'évaluer les effets du manque d'eau sur les cultures et l'efficacité de différentes pratiques d'irrigation.

### V.1 Evaluation des besoins en eau des plantes cultivées

Dans un premier temps, la détermination des besoins en eau d'une culture nécessite la connaissance de divers paramètres concernant aussi bien la plante elle-même que les données climatiques ou pédologiques de la région.

- Les données climatiques donneront les indications nécessaires concernant les besoins en eau de la culture ;
- Les paramètres pédologiques permettront d'estimer la réserve en eau utile du sol;
- Les données culturales préciseront la réserve en eau facilement utilisable par la plante.

A l'aide des différents paramètres ci-dessus, on pourra déterminer par la suite les quantités d'eau d'irrigation nécessaires au bon développement de la plante. Celles-ci seront calculées au moyen du logiciel CROPWAT.

#### V.1.2 L'évapotranspiration

On désignera donc par évapotranspiration la somme de deux volumes d'eau qui sont :

- Utilisés par les plantes (eau de constitution, eau de végétation).
- Évaporés par la surface du sol, par la transformation de l'état de l'eau en vapeur (phénomène d'évaporation).

### V.1.3 Evapotranspiration réelle ou de culture (ETR ou ETC)

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

Donc, c'est l'évapotranspiration d'une culture exempte de maladies, poussant dans un champ jouissant de conditions : agronomiques, pédologiques, et climatiques optimales, donnée par l'expression ci-dessous

$$ET_{CLTURE} = K_C * ET_0$$

Avec :

$K_C$  : Représente le coefficient culturale, dépendant du type de la culture et de son stade de développement, et des conditions climatiques qui y règnent.

Pour mieux rationaliser la ressource, nous calculeront l'évapotranspiration de culture "ET culture", après avoir déterminé les coefficients culturaux " $K_C$ ".

### V.1.4 Calcul de l'évapotranspiration potentielle ou de référence

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

Donc pour mieux prédire l'évapotranspiration, on a introduit une valeur de référence que l'on définit comme étant le taux d' l'évapotranspiration d'une surface du Gazon vert, ayant une hauteur uniforme de 8 à 15cm, poussant activement, ombrant complètement le sol et ne manquant pas d'eau.

Il existe plusieurs méthodes d'évaluation de l'évapotranspiration de référence, les plus utilisées, sont :

- Méthodes des lysimètres ;
- Méthodes des stations expérimentales ;
- Méthodes directes de l'évaporation ;
- Méthodes empiriques.

En ce qui concerne les méthodes empiriques, il existe des formules de calcul dont les principales sont :

- Prinstley- Taylor;
- Makkink;
- Turc;
- Hargreaves;
- Blaney – Cridle;
- Thornthwaite ;
- Penman et Monteith modifiée.

En ce qui concerne notre étude, le calcul des besoins en eau des cultures est effectué à l'aide du logiciel CROPWAT version 8, qui permet au passage, l'évaluation de l'évapotranspiration de référence, selon la méthode empirique la plus appropriée de **Penman et Monteith** modifiée.

#### **V.1.5 Méthode de PENMAN ET MONTEITH modifiée**

En Angleterre, précisément en 1948, A a proposé une étude théorique de l'évapotranspiration en reliant inséparablement l'énergie solaire incidente. Cette formule est limitée ou bien incomplète, du fait que cette dernière ne prenne pas en considération l'effet de quelques paramètres météorologiques.

Les expériences ont montrés que la formule telle qu'elle est, s'applique mieux dans les régions humides, non loin de l'océan et essentiellement recouverte de végétation, que dans les zones arides ou semi-arides de faible humidité.

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

L'expérience a montrée que l'expression obtenue, prédit de près, l'évapotranspiration de référence, non seulement dans des régions humides et fraîches comme en Angleterre, mais aussi dans des zones très chaude et semi-aride. La formule de **Penman&Montheit**, modifiée, se présentant comme suite :

$$ET_0 = C * [W * Rn + (1 - W) * F(u) * (ea - ed)]$$

**Où:**

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

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

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

$F(u)$  : Fonction liée au vent.

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

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

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

Dans le tableau **V-1**, nous représentons l'évapotranspiration de référence  $ET_0$ , calculée à l'aide du logiciel **CROPWAT. 8**, selon la formule de **Penman&Monteith**, modifiée.

**Tableau V.1** : Les résultats de l'ET0 obtenir à l'aide du logiciel CROPWAT

<b>Pays : Algérie</b>				<b>Station climatique : MECHADALLAH</b>			
<b>Altitude : 450 m</b>				<b>Coordonnées : 35 LN</b>			
<b>Mois</b>	<b>Temp min °C</b>	<b>Temp max °C</b>	<b>Humidité relative %</b>	<b>Vent (km/ jour)</b>	<b>Insol (heurs)</b>	<b>Radiation (MJ/m2j)</b>	<b>ET0 (mm/jour)</b>
<b>J</b>	4.5	13.2	77.0	224.6	5.4	8.9	1.38
<b>Fe</b>	4.3	14.9	78.0	224.6	6.6	12.3	1.87
<b>M</b>	6.5	18.1	74.0	216.0	7.7	16.6	2.78
<b>A</b>	7.9	20.3	69.0	267.8	8.7	20.8	3.91
<b>Mai</b>	12.3	25.3	65.0	241.9	9.2	23.1	5.04
<b>Jun</b>	16.9	31.9	58.0	241.9	10.7	25.8	6.69
<b>Jlt</b>	19.8	35.2	51.0	233.3	10.7	25.5	7.32
<b>At</b>	20.4	35.0	49.0	216.0	9.9	23.0	6.69
<b>Sep</b>	16.9	29.6	63.0	198.7	8.2	18.2	4.52
<b>O</b>	13.3	25.1	71.0	172.8	7.7	14.4	2.94
<b>N</b>	8.4	17.7	75.0	207.4	5.8	9.8	1.75
<b>D</b>	5.6	14.1	80.0	224.6	5.4	8.3	1.25
<b>Année</b>	11,4	23,37	67,5	222,47	8	17,225	3,845

### V.1.6 Les Coefficients cultureux (Kc) :

Les valeurs du coefficient cultural (Kc) de chaque culture ont été ressorties, en fonction du stade végétatif de la plante ; de la force du vent et de la valeur moyenne de l'humidité moyenne minimale de l'air régnant au niveau de notre périmètre d'étude, à partir du bulletin FAO « irrigation et drainage », N24.

Nous présenterons dans le tableau V.2 ci-après les coefficients cultureux (Kc) des spéculations à envisager dans le périmètre :

**Tableau V.2:** Coefficients cultureux (Kc) des principales cultures

culture	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Fevr	Mars	Avril	Mai	Juin	juil	Août
OLIVIER	0.7	0.69	0.68	0.67	0.66	0.65	0.64	0.7	0.72	0.73	0.74	0.75
Pomme de Terre	0	0	0	0	0	0	0.5	0.7	1.15	0.9	0.75	0
tomate	0	0	0	0	0	0	0.5	0.7	1.1	1.1	0.6	0
blé	0	0	0.4	0.7	0.9	1.05	1.05	0.7	0.2	0	0	0
Pomme de terre A.S	1.15	0.95	0.75	0.60	0	0	0	0	0	0	0	0.75

### V.2.1 La réserve facilement utilisable (RFU) :

La réserve utile c'est la quantité d'eau contenue dans la tranche de sol explorée par les racines, entre le point de ressuage et le point de flétrissement. Mais les plantes ayant d'autant plus de mal à extraire l'eau que l'humidité 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 RU :

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

Y : degré de tarissement des cultures généralement égal à 2/3.

Da : densité apparente du sol.

Z : profondeur d'enracinement mm.

Hcc : humidité à la capacité au champ.

Hpf : humidité au point de flétrissement.

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

### V.2.2 Les profondeurs d'enracinement:

**Tableau V.3** Les profondeurs d'enracinements des différentes cultures

Culture	Janv	Fevr	Mars	Avril	Mai	Juin	juillet	Août	Sept	Octo	Nov	Déc
Blé	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7						0.2	0.3
Pomme de terre		0.2	0.4	0.45	0.5	0.55	0.6					
Tomate			0.2	0.4	0.5	0.7	1					
Pomme de terre A.S								0.3	0.4	0.45	0.5	0.6
Olivier	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2

### V.3 L'occupation des sols et le choix des cultures:

Avant d'évaluer les besoins en eau des cultures de la zone d'étude, il faut d'abord définir l'occupation et la répartition culturelle dans le périmètre, en tenant compte des différentes contraintes (d'ordre climatique, social, agro-pédologique).

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

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

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

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

Les cultures retenues doivent présenter une combinaison harmonieuse entre elles afin de bien conditionner la réussite technique et financière de notre système de culture. Pour notre périmètre les cultures qu'impose l'administration sont les suivants :



### **V.3.1 La céréaliculture:**

La superficie cultivée en céréales est la plus importante, elle occupe 23.13 % de la surface totale enquêtée et cultivée. Les agriculteurs pratiquent le plus souvent la culture de blé dur, soit environ 77.22% de la surface emblavée.

Les céréales qui constituent une denrée de large consommation, sont menées en extensif, en effet elles sont pratiquées en sec.

Les céréales sont cultivées en tête d'assolement, elles sont semées dès les premières pluies du mois d'octobre à novembre.

### **V.3.2 Arboriculture:**

L'arboriculture fruitière est plus ou moins développée, elle a été diversifiée ces dernières années grâce au programme *FNRDA* (Fond National de Régulation et de Développement Agricole), les agriculteurs ont procédé à la création de nouveaux vergers des espèces à pépins à noyau, à la vigne et aux agrumes

L'occupation du sol par l'arboriculture toutes espèces confondues est de 113.86 Ha.

### **V.3.3 Cultures maraîchères:**

Les conditions climatiques de notre aire d'étude convient à une très large gamme d'espèces maraîchères, cependant les agriculteurs les cultivent sur des surfaces très réduites surtout pendant la période estivale où les besoins en eau des cultures sont importants et les ressources hydriques sont très limitées. Sur l'ensemble des exploitations enquêtées, 33.08% pratiquent le maraichage sur leur superficie soit 86.1 Ha au total. Ces cultures sont pratiquées généralement en plein champ.

### **V.3.4 Les pourcentages proposés aux différentes cultures :**

Après détermination de l'assolement et rotation, on a proposé un assolement des cultures dans le tableau dessous :

**Tableau V.4** : Répartition culturelle du périmètre de Machadallah

<b>N° de la parcelle</b>	<b>la culture</b>	<b>superficie des parcelles des sols</b>	<b>Pourcentage %</b>
1	Olivier	113.86 ha	43.73%
2	blé	60.23 ha	23.13%
3	Pomme de terre	50.88 ha	19.54%
4	tomate	35.27 ha	13.54%
		Superficie totale : 260.3ha	100%

**Tableau V.5:** Représentation de l'assolement choisi.

	Culture	Sep	Oct.	Nov.	Déc.	Jan	Fév.	Mar	Avar	Mai	Jiu	juil.	Aou
céréales	Blé												
Cultures maraichères	Tomate												
	Pomme de T												
Arboriculture	Olivier												

### V.4.1 Détermination des Besoins en eau des cultures :

Les besoins théoriques mensuels sont déterminés par le bilan hydrique

$$B = ETP - (Pe_{eff} + RFU)$$

B : besoin en eau d'irrigation (mm)

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

RFU : réserve facilement utilisable

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

Y : degré de tarissement

Da : densité apparente

Z : profondeur d'enracinement mm

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

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

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

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

a : étant un pourcentage de 80.

Pour notre travail on a utilisé les abaques (annexe) pour déterminés Les besoins

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

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

### V.4.2 Pluies efficaces (Pe) :

C'est la fraction des pluies totales réellement utilisée par la culture, elle dépend de la région concernée, de la nature de la pluie et du type de sol.

Plusieurs méthodes permettent de calculer ces pluies, mais ici nous retenons la méthode de pourcentage qui dit que :

$$\text{Pluies efficaces (en mm/mois)} = A \cdot \text{Pluies totales (mm/mois)}$$

Avec :

**A** : coefficient de correction est généralement égal à 0,8

**Tableau V-6** : pluviométries moyennes et efficaces pour chaque mois en mm

mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
P <sub>moy</sub>	45.43	29.22	22.39	24.67	19.98	7.3	2.16	5.64	20.06	19.74	27.34	30.71
P <sub>e</sub>	36.34	23.37	17.91	19.73	15.98	5.84	1.72	4.51	16.04	15.79	21.87	24.56

Les résultats de calcul sont récapitulés sur les tableaux ci-après :

**Tableau V.7:** Résultats de calcul du besoin en eau de l'Olivier.

mois	decade	ET0 (mm/j)	Kc (coef)	ETM (mm/j)	ETM (mm/d)	ETM (mm/m)	P <sub>eff</sub>	RFU	Besoin(m m)
	1	4.6	0.7	3.22	32.2				
septemb r	2	4,6	0,7	3.22	32.2	96.6	16.0	0	70.14
	3	4,6	0,7	3,22	32.2				
	1	3.04	0,69	2,09	20.9				
Octobre	2	3. 04	0,69	2,09	20.9	62.7	15.7	126.7 2	
	3	3.04	0,69	2.09	20.9				
	1	1.84	0,68	1.25	12.5				
Novemb r	2	1,84	0,68	1.25	12.5	37.5	21.8	126.7 2	
	3	1,84	0,68	1.25	12.5				
	1	1,33	0,67	0,89	8.9				
Décemb r	2	1,33	0,67	0,89	8.9	26.7	24.5	126.7 2	
	3	1,33	0,67	0,89	8.9				
	1	1,4	0,66	0,92	9.2				
janvier	2	1,4	0,66	0,92	9.2	27.6	36.3 4	126.7 2	
	3	1,4	0,66	0,92	9.2				
	1	1,94	0,65	1.26	12.6				
fevrier	2	1,94	0,65	1.26	12.6	37.8	23.3 7	126.7 2	
	3	1,94	0,65	1.26	12.6				
	1	2,84	0,64	1.81	18.1				

mars	2	2,84	0,64	1.81	18.1	54.3	17.9	63.36	
	3	2,84	0,64	1.81	18.1				
	1	3,95	0,7	2.76	27.6				
avril	2	3,95	0,7	2.76	27.6	82.8	19.7	63.36	
	3	3,95	0,7	2.76	27.6				
	1	5,05	0,72	3.63	36.3				
mai	2	5,05	0,72	3.63	36.3	108.9	15.9	63.36	14.31
	3	5,05	0,72	3.63	36.3				
	1	6,71	0,73	4.89	48.9				
juin	2	6,71	0,73	4.89	48.9	146.7	5.84	0	139.5
	3	6,71	0,73	4.89	48.9				
	1	7,35	0,74	5.43	54.3				
juillet	2	7,35	0,74	5.43	54.3	162.9	1.72	0	158.58
	3	7,35	0,74	5.43	54.3				
	1	6,76	0,75	5.07	50.7				
Août	2	6,76	0,75	5.07	50.7	152.1	4.51	0	147.59
	3	6,76	0,75	5.07	50.7				
Tot. Annuel.									<b>530.12</b>

**Tableau V.8:** Résultats de calcul du besoin en eau de Blé.

mois	decade	phase	ET0 (mm/j)	Kc (coef)	ETM (mm/j)	ETM (mm/d)	ETM (mm/m)	Peffi	RFU	Besoin(mm)
	1	initiale	1.84	0,4	0.73	7.3				
Nov.	2	initiale	1.84	0,4	0,73	7.3	21.9	21.87	35	
	3	initiale	1.84	0,4	0,73	7.3				
	1	initiale	1.33	0,7	0.93	9.3				
Déc.	2	initiale	1.33	0,7	0.93	9.3	27.9	24.56	70	
	3	deve	1.33	0,7	0.93	9.3				
	1	deve	1,4	0.9	1.4	14				
jan	2	deve	1,4	0.9	1.4	14	42	36.34	70	
	3	deve	1,4	0.9	1.4	14				
	1	deve	1,94	1.05	2.03	20.3				
fév.	2	de/mi	1,94	1.05	2.03	20.3	60.9	23.37	70	
	3	mis	1,94	1.05	2.03	20.3				
	1	mis	2,84	1.2	3.4	34				
mars	2	mis	2,84	1.2	3.4	34	102	17.91	35	19.18
	3	mis	2,84	1.2	3.4	34				
	1	mis	3,95	0.7	2.76	27.6				
avril	2	mi/lat	3,95	0.7	2.76	27.6	82.8	19.73	35	47.93
	3	lat	3,95	0.7	2.76	27.6				
	1	lat	5,05	0.2	1.01	10.1				
mai	2	lat	5,05	0.2	1.01	10.1	30.3	15.98	35	
Tot. Annuel.										<b>67.11</b>



**Tableau V.9:** Résultats de calcul du besoin en eau de pomme de terre.

mois	décade	phase	ET0 (mm/j)	Kc (coef)	ETM (mm/j)	ETM (mm/d)	ETM (mm/m)	Peffi	RFU	Besoin(mm)
mar	2	ini	2.84	0,5	1.42	14.2	28.4	17.91	42.2	
	3	ini	2.84	0,5	1.42	14.2				
	1	ini	3.95	0.7	2.76	27.6				
avril	2	in/dev	3.95	0,7	2.76	27.6	82.8	19.73	47.5	47.93
	3	dev	3.95	0,7	2.76	27.6				
	1	dev	5.05	1.15	5.8	58				
mai	2	dev	5.05	1.15	5.8	58	174	15.98	52.8	142.82
	3	de/mi	5.05	1.15	5.8	58				
	1	mi	6.71	0.9	6.03	60.3				
juin	2	mi	6.71	0.9	6.03	60.3	180.9	5.84	58.1	173.72
	3	mi/lt	6.71	0.9	6.03	60.3				
	1	lat	7.35	0.75	5.51	55.1				
juillet	2	lat	7.35	0.75	5.51	55.1	110.2	1.72	63.4	160.78
Tot. Annuel.										525.25

**Tableau V.10:** Résultats de calcul du besoin en eau de pomme de terre (arrière saison).

mois	décade	phase	ET0 (mm/j)	Kc (coef)	ETM (mm/j)	ETM (mm/d)	ETM (mm/m)	Peffi	RFU	Besoin(mm)
Aou	2	ini	6.76	0,75	5.07	50.7	101.4	4.51	31.7	115.9
	3	ini	6.76	0,75	5.07	50.7				
	1	ini	4.6	1.15	5.29	52.9				
Sep.	2	in/dev	4.6	1.15	5.29	52.9	158.7	16.04	42.2	132.24
	3	dev	4.6	1.15	5.29	52.9				
	1	dev	3.04	0.95	2.88	28.8				
Oct.	2	dev	3.04	0.95	2.88	28.8	86.4	15.79	47.5	8.84
	3	de/mi	3.04	0.95	2.88	28.8				
	1	mi	1.84	0.75	1.38	13.8				
Nov.	2	mi	1.84	0.75	1.38	13.8	41.4	21.87	52.8	
	3	mi/lt	1.84	0.75	1.38	13.8				
	1	lat	1.33	0.6	0.79	7.9				
Déc.	2	lat	1.33	0.6	0.79	7.9	15.8	24.56	63.4	
Tot. Annuel.										256.9

**Tableau V.11:** Résultats de calcul du besoin en eau de tomate.

mois	decade	phase	ET0 (mm/j)	Kc (coef)	ETM (mm/j)	ETM (mm/d)	ETM (mm/m)	Peffi	RFU	Besoin(mm)
Mar.	2	ini	2.84	0,5	1.42	14.2	28.4	17.91	21.1	
	3	ini	2.84	0,5	1.42	14.2				
	1	ini	3.95	0,7	2.76	27.6				
Avr.	2	in/de	3.95	0,7	2.76	27.6	82.8	19.73	73.9	47.93
	3	dev	3.95	0,7	2.76	27.6				
	1	dev	5.05	1.1	5.55	55.5				
Mai	2	dev	5.05	1.1	5.55	55.5	166.5	15.98	105.6	135.24
	3	de/mi	5.05	1.1	5.55	55.5				
	1	mi	6.71	1	6.71	67.1				
Juin	2	mi	6.71	1	6.71	67.1	201.3	5.84	126.7	213.98
	3	mi/lt	6.71	1	6.71	67.1				
	1	lat	7.35	0.6	4.41	44.1				
Juil.	2	lat	7.35	0.6	4.41	44.1	88.2	1.72	158.4	127.7
Tot. Annuel.										<b>524.85</b>

**Tableau V.12:** Besoins en eau des cultures en mm.

Désignation	Pourcentage d'occupation	Besoins mensuel Mois											Total		
		S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt		A	
Blé	23.13							19.8	<b>47.93</b>						<b>67.11</b>
Tomate	13.54								47.93	135.24	<b>213.98</b>	127.7		<b>524.85</b>	
p. Terre(AS)	19.54	<b>132.24</b>	8.84										115.9	<b>256.9</b>	
P. terre	19.54								47.93	142.82	<b>173.72</b>	160.78		<b>525.25</b>	
Olivier	43.73	70.14								14.31	139.5	<b>158.58</b>	147.59	<b>530.12</b>	
<b>Total</b>	<b>260.33 ha</b>	<b>202.39</b>	<b>8.84</b>					<b>19.8</b>	<b>143.78</b>	<b>292.37</b>	<b>527.21</b>	<b>447.07</b>	<b>263.5</b>	<b>3411,238</b>	

### V.5 Calcule du débit caractéristique :

Il est calculé par la formule suivante :

$$Q_{car} = q_s \cdot S$$

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

$S$  : la superficie totales à irriguer = 260.33 ha

-le mois de pointe est Juin et les besoins de pointe sont de 527.21 mm.

Le débit spécifique égal à 2.71 l/s/h supérieur à 1.5l/s/h donc on prend la valeur de débit spécifique de la culture la plus exigeante du mois de pointe.

D'après le tableau V-12  $B_{net}=213.98\text{mm/mois}$

A partir du calcul des besoins en eau on peut déterminer le débit spécifique (mois de pointe) qui se calcule par la formule suivante :

$$q_s = \frac{B_{net} * 10 * 1000}{N_j * N_i * 3600 * E_i} \text{ L/s/ha}$$

$B_{net}$  : besoin net du mois de pointe en mm/mois.

$N_i$  : nombre des heures d'irrigation=24h

$N_j$  : nombre de jours du mois de pointe =30jours

$E_i$  : Efficience d'irrigation  $\approx 75\%$

Le débit spécifique :  $q_s = 1.10 \text{ L/s/ha}$  est inférieur à 1,5 l/s/ha donc le choix reste valable

$Q_{spécifique} = 1.10 \text{ L/s/ha}$ .

$Q_{car} = q_s \cdot S = 1.1 * 260.33 = 286.36 \text{ l/s}$

$$Q_{car} = 0.2863 \text{ m}^3/\text{s}$$

Alors notre débit de consommation journalier est :

$$Q_{jour} = 24736.32 \text{ m}^3/\text{j}$$

Et les besoins totaux pour l'année sont :

$$B_{TOT} = 1.1 * 10^{-3} * 3600 * 24 * 365 = 34689.6 \text{ m}^3 / \text{ha}.$$

**Conclusion**

L'évaluation quantitative des besoins en eau d'irrigation, nécessite de prendre en compte l'information météorologique pédologique et culturale. L'étude des besoins en eau permettra aux agriculteurs de permuter et de diversifier leur plan de cultures, tout en garantissant leur besoins en eau.

# **Chapitre VI**

## **Etude du système d'adduction**

---

## Chapitre VI : Etude du système d'adduction

### Introduction

Un réseau de distribution d'irrigation doit être bien conçu pour pouvoir répondre à certaines exigences topographiques, techniques, hydrauliques et sécuritaires. Le système de distribution doit intégrer tous les aspects aussi bien opérationnels qu'hydrauliques, de manière à satisfaire aux exigences énoncées ci-dessus.

### VI.1 Description des différents modes d'irrigation

Les principaux modes d'irrigation existant sont :

1. Irrigation de surface.
2. Irrigation par aspersion.
3. Irrigation localisée (goutte à goutte).

#### VI.1.1 Choix du mode d'irrigation

La technique que nous choisirons, doit être plus au moins bien adaptée aux différents contextes agronomique et socio- économiques, caractérisant notre projet.

Il est prévu que le choix se fera principalement entre :

- Irrigation de surface ;
- Irrigation par aspersion ;
- Irrigation goutte a goutte.

Ces trois méthodes sont pratiquées actuellement dans M'chadallah.

### VI.2 Variante d'aménagement du périmètre d'étude

Pour l'aménagement du périmètre de Mechedallah, vu le passage de la conduite de Transfert, deux variantes s'imposent :

#### Variante 01 :

Dans cette variante, le périmètre est alimenté à partir d'un piquage direct sur la conduite de transfert de la station de pompage (Transfert barrage Tichy haf- Tilesdit)

Dans ce cas, le périmètre d'irrigation projeté est constitué de :

D'un réseau de conduites en PEHD PN 10, alimentant les bornes d'irrigation comprenant une ou plusieurs sorties, chaque borne d'irrigation est conçue pour irriguer un ilot comprenant une ou plusieurs parcelles.

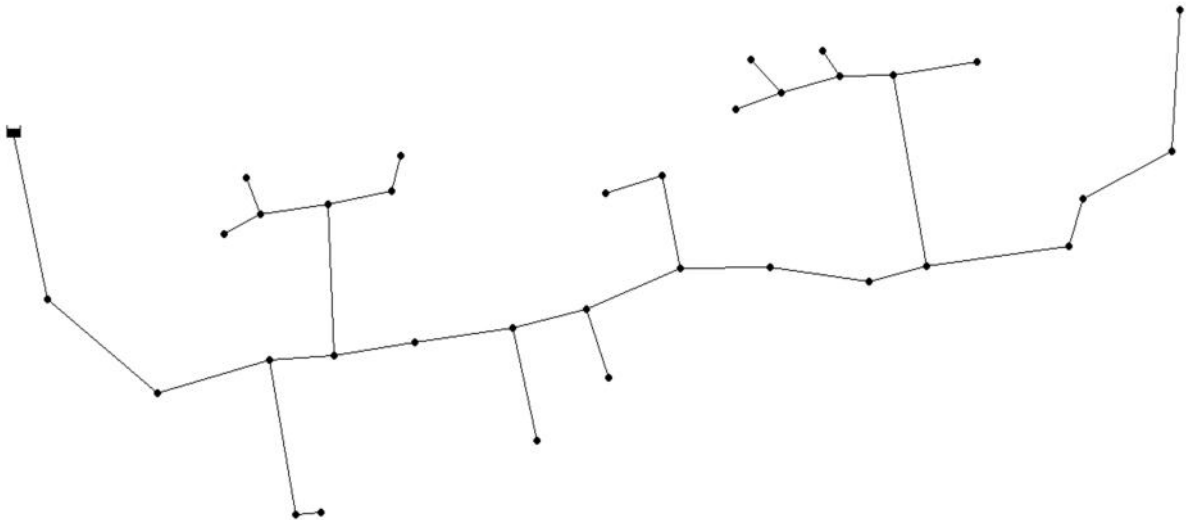


**Variante 2 :**

C'est une variante relativement classique, qui consiste en la réalisation d'un périmètre d'irrigation classique constitué de :

- D'un réservoir de mise en charge
- Une conduite de distribution gravitaire en PEHD issue du réservoir de mise en charge sur un même linéaire et se raccordant au réseau d'irrigation
- Avec une station de pompage à côté du point de piquage ; cette station de pompage sera équipée de groupe électropompes
- Une conduite de refoulement en PEHD reliée à un réservoir.

La distribution à partir d'un réservoir de mise en charge est proposée pour couvrir toute la superficie du périmètre et pour éventuellement pratiquer l'irrigation par aspersion. L'implantation d'un brise charge sur le point de piquage P est indispensable afin de minimiser la pression de 25 bars (250 m) au 8 bars (80m) pour assurer une pression qui ne dépasse pas les 10 bars au niveau des conduites.

**VI.3 schéma de distribution**

**Fig VI.1 :** schéma de distribution et d'adduction

#### **VI.4 Ilot d'irrigation :**

L'îlot d'irrigation est la plus petite entité hydraulique desservie par une borne d'irrigation. Le terme « îlot d'irrigation » décrit l'unité hydro-agricole alimentée par une borne d'irrigation. Chaque îlot est desservi par d'une borne à une ou plusieurs prises. Elle est placée généralement sur la partie ayant la plus haute cote afin de surplomber l'îlot et d'assurer une irrigation de surface des différentes parcelles de l'îlot.

Une borne d'irrigation comprend :

- Une vanne collective sur le corps ;
- Un compteur pour chaque prise ;
- Un limiteur de débit adapté à la surface souscrite à l'irrigation.

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

- laisser passer ou arrêter le débit ;
- Régler ce débit, ou plus exactement le limiter au module ;
- Régler la pression ;
- Assurer le comptage de l'eau livrée.

##### **VI.4.1 Découpage des îlots d'irrigation :**

Le réseau d'irrigation du périmètre M'chedallah est de type ramifié. Le périmètre est partagé en îlots d'irrigation, chaque îlots est desservi par une borne d'irrigation, les bornes sont alimentées par des conduites secondaire, en suite le réseau secondaire est alimenté par un réseau principale de l'adduction.

La taille des îlots d'irrigation a été établie en fonction des contraintes foncières et topographiques. Environ 26 îlots ont été établis et tracés dans le périmètre. La taille des îlots varie entre 3.63 et 16.91 hectares en formant deux modèles d'exploitation, les îlots dont la superficie est inférieure à 15 hectares, et les îlots supérieurs à 15 hectares.

### VI.4.2 Tracé du réseau de distribution:

Pour l'établissement du tracé du réseau, plusieurs méthodes

#### VI.4.2.1 Tracé par proximité :

Nous rechercherons tout d'abord, le tracé de longueur minimum, ayant pour sommet les seules bornes du réseau.

Dans certains cas, on utilise l'algorithme de M<sup>r</sup> Kruskal, dans l'aspect général est décrit comme suit :

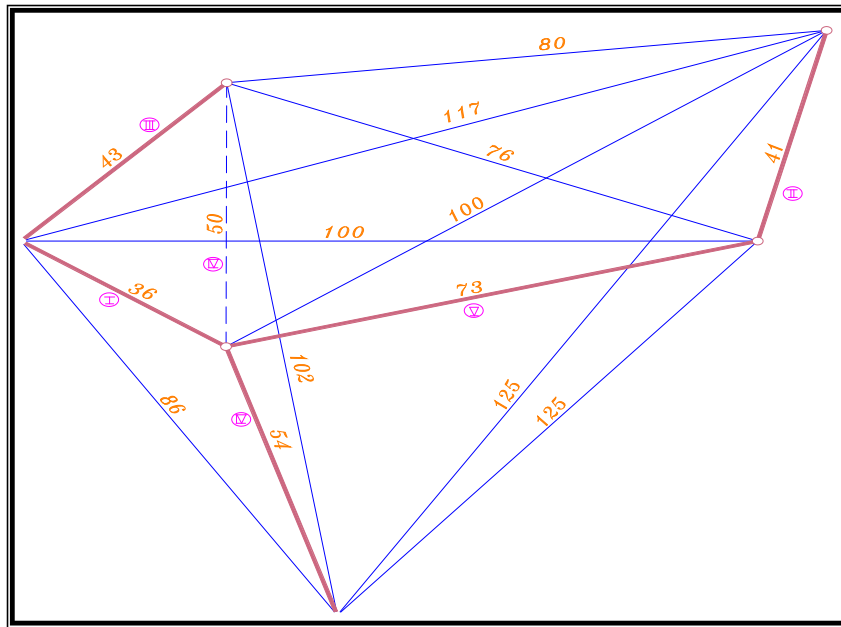


Fig. VI.2 : application de l'algorithme de Kruskal

#### VI.4.2.2 Tracé à 120° :

Dans ce tracé, les bornes d'irrigation sont reliées par deux segments, formant entre eux un angle de 120°.

**VI.4.2.3 Le tracé économique :** il s'agit d'un tracé semblable au précédent, mais la longueur des conduites des diamètres importants est réduite au dépend des conduites ayant un petit diamètre.

### VI.4.3 Modalités de fourniture de l'eau

Il est indispensable de maîtriser les débits sur l'ensemble du périmètre d'irrigation entre la source d'eau et les parcelles.

Trois schémas de distribution d'eau peuvent être présentés :

#### **VI.4.3.1 Distribution continue**

L'eau est fournie aux exploitants de manière continue dans le temps. Ce type de distribution correspond à la capacité maximum, mais il faut avoir recours stockage de l'eau.

#### **VI.4.3.2 Distribution par rotation ou par tout d'arrosage**

Elle est inspirée du mode de desserte spécifique des réseaux d'irrigation de surface avec réseau collectif constitué de canaux à ciel ouvert dont le débit transité par chaque tertiaire correspond au module d'irrigation et cela successivement pour tous les îlots dépendant de ce tertiaire.

**Rotation par tour fixe** : l'eau est disponible aux exploitants pendant une période fixe.

**Rotation programmée** : ce mode d'irrigation est utilisé lorsque le périmètre est divisé en plusieurs parcelles. L'horaire et la quantité d'eau dépendent de la superficie de l'exploitation et de l'assolement.

#### **VI.4.3.3 Distribution à la demande**

Avec ce système, l'exploitant dispose en permanence d'un débit supérieur auquel il aurait droit dans le cas par rotation, sans contraintes horaires ou de durée.

### **VI.5 Mode du tracé et implantation des bornes**

L'emplacement des bornes d'irrigation est le premier problème auquel doit s'attaquer le projecteur. Le réseau étant en effet destiné à amener l'eau en un certain nombre de points, il serait erroné d'étudier d'abord les tracés des conduites et de placer les bornes entre elles.

La position de chaque borne résulte d'un compromis entre l'intérêt économique qu'il y a à limiter le nombre de bornes et le désir d'une utilisation facile par l'agriculteur.

En effet une forte densité améliore les conditions de travail des agriculteurs en diminuant les longueurs de canalisation mobile de surface, mais il en résulte une augmentation importante des frais d'installation du réseau fixe. Une trop faible densité accroît le travail de montage et de transport de canalisation mobiles.

On admet généralement que l'implantation des bornes répond aux critères suivant :

- Pour les zones de petites et moyennes exploitations :
  - une prise par îlot d'exploitations ;
  - (02) prises maximum sur une même borne ;
  - bornes implantées en limites d'îlots ;
  - prend en considération la possibilité d'une modification de la structure foncière.
- pour les zones a grande exploitation
  - La borne se situe au centre de la parcelle ;
  - 2 à 4 prises sur la même borne .

### **VI.5.1 Rôle et fonction de la borne d'irrigation**

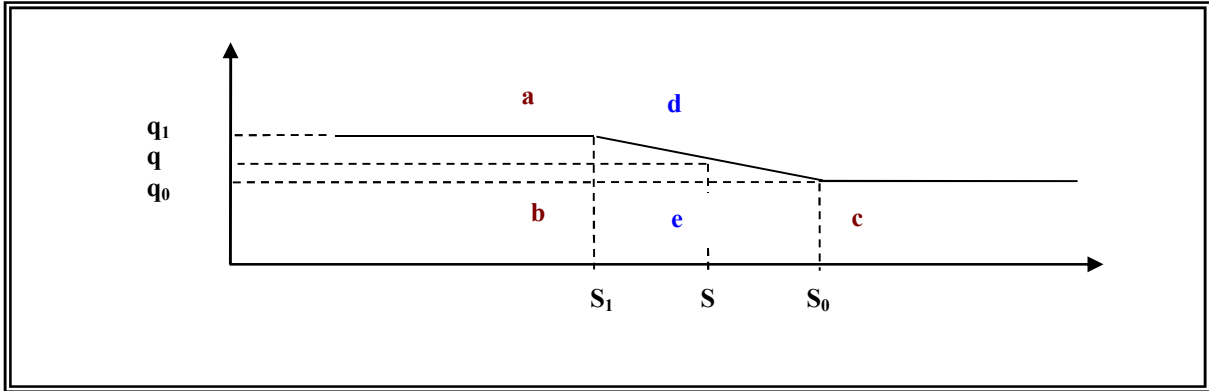
La borne assure quatre fonctions :

- Le vannage ;
- La stabilisation de la pression ;
- La limite du débit ;
- Le comptage du volume d'eau délivré.

### **VI.6 Loi de débit :**

Dans le cadre d'une irrigation à la demande, le débit affecté à chaque prise, sera fonction des caractéristiques de la parcelle à desservir ; Les paramètres de la loi de débit sont définis, ci-après :

- la conception des modèles ;
- l'évaluation des besoins en eau du périmètre ;
- l'analyse de la trame technique et hydraulique ;
- la définition des tailles des îlots d'irrigation ;
- Conformément à la figure VI.3, la loi des débits est donnée sous la forme suivante :



**Fig.VI.3 :** Représentation graphique de la loi de débit.

**Pour**  $S \leq S_1$  : On a :  $q = q_1$ ,

**Pour**  $S_1 < S \leq S_0$  :

En appliquant la théorie des triangles semblables [  $\triangle abc$  et  $\triangle dec$  ], on aura :

$$\frac{(q_1 - q_0)}{(q - q_0)} = \frac{(S_0 - S_1)}{(S_0 - S)}$$

$$\text{D'où : } q = q_0 + (q_1 - q_0) * \frac{(S_0 - S)}{(S_0 - S_1)}$$

**Pour**  $S > S_0$  : On a :  $q = q_1$ .

Dans lesquelles :

$q_1$  : Débit caractéristique du modèle le plus exigeant.

$q_0$  : Débit caractéristique moyen des modèles (débit du mois de pointe).

$S_1$  : Surface occupée par le modèle le plus exigeant sur la plus longue branche.

$S_0$  : Surface occupée par les modèles dont le débit caractéristique est supérieur au débit moyen des modèles.

### VI.7 calcul du débit fictif continu

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.

$$qs = 1.10/s/ha$$

### VI.8 Calcul des débits des bornes

Le débit de chaque borne alimentant l'îlot, est donné par l'expression suivante :

$$q_c = q_s * S$$

Avec :  $q_c$  = Débit caractéristique (l/s)

$q_s$  = Débit spécifique moyen (l/s/ha)

$S$  = Superficie de l'îlot (ha)

#### Données de base du dimensionnement :

Le débit spécifique est évalué à **1.10 l/s/ha**.

La surface du périmètre est égale à 260.33 ha,

Donc le besoin de la totalité du périmètre est estimé à :

$$q = 1.10 * 260.33 = \mathbf{286.36 \text{ l/s}}$$

Les caractéristiques des bornes et les îlots d'irrigation sont donnés par le tableau ci-dessous :

**Tableau VI.1** : Caractéristiques des îlots.

N° de l'îlot d'irrigation	Superficie m <sup>2</sup>	N° de la parcelle	Superficie (ha)	débit des prises (l/s)	débit des îlots (l/s)
1	83881,16		8.39	9.22	9.22
2	66854,05		6.69	7.35	7.35
3	141863,41	03-a	7	7.7	15.6
		03-b	7.19	7.90	
4	84461,14		8.45	9.29	9.29
5	53342,34		5.33	5.86	5.86
6	78325,01		7.83	8.61	8.61
7	88920,08		8.89	9.77	9.77
8	64723,84		6.47	7.11	7.11
9	73736,37		7.37	8.10	8.10
10	128799,42	10-a	6	6.60	14.16
		10-b	6.88	7.56	

11	120099,83	11-a	6	6.60	13.21
		11-b	6.01	6.61	
12	107249,52	12-a	5	5.50	11.79
		12-b	5.72	6.29	
13	50099,34		5.01	5.51	5.51
14	71444,96		7.14	7.85	7.85
15	88780,55		8.88	9.76	9.76
16	70700,41		7.07	7.77	7.77
17	134299,82	17-a	7	7.70	14.77
		17-b	6.43	7.07	
18	139899,75	18-a	7	7.70	15.38
		18-b	6.99	7.68	
19	93399,44		9.34	10.27	10.27
20	139209,50	20-a	8	8.80	15.38
		20-b	5.92	6.58	
21	120299,32	21-a	6	6.60	13.23
		21-b	6.03	6.63	
22	169109,10	22-a	5	5.50	18.6
		22-b	5	5.50	
		22-c	6.91	7.60	
23	36299,72		3.63	3.99	3.99
24	144732,71	24-a	7	7.70	15.91
		24-b	7.47	8.21	
25	110599,39	25-a	5	5.50	12.16
		25-b	6.06	6.66	
26	141559,82	26-a	7	7.70	14.16
		26-b	7.16	7.87	
Totale			260.33	285.25	285.25



### VI.9.1. Calcul hydraulique des canalisations

Le choix du matériau utilisé est en fonction de la pression supportée, de l'agressivité du sol et de l'ordre économique.

Parmi les matériaux utilisés on peut citer : la fonte, le PVC, le PEHD et Béton précontraint. Nous utiliserons les conduites en PEHD (polyéthylène à haute densité) pour les conduites dont le diamètre est inférieur ou égal à 400 mm et inférieur à 25 Bars, et la fonte pour les conduites dont le diamètre est supérieur ou égal à 600 mm.

#### ➤ Conduite en fonte

Présentent plusieurs avantages :

- Bonne résistance aux forces internes ;
- Bonne résistance à la corrosion ;
- Très rigides et solides.

#### ➤ 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 ;

### VI.9.2 Dimensionnement des canalisations

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

#### **vitesses admissibles**

La fixation d'un seuil de vitesse permet de lutter

- Contre l'érosion des matériaux en cas de vitesses importantes
- Contre les dépôts solides dans le cas de vitesse faibles.

La vitesse admissible varie entre 0.5 m/s, comme vitesse minimale, et 2.0 m/s comme vitesse maximale.

Dans notre étude, on prend une vitesse dans la conduite égale à 1.25 m/s

**VI.9.3 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

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q \times 0.001}{\pi \times V}} \times 1000$$

Avec :

- $Q$  : débit, exprimé en  $m^3/s$  ;
- $D$  : diamètre exprimé en mm.
- $V$  : vitesse qui donne le diamètre économique est de 1.25 m/s

#### VI.9.4 Calcul des pertes de charge :

Les pertes de charge unitaires, ont été définies par la formule de Lechapt et Calmon, Qui est donnée par la formule suivante (CLEMENT et GALAND, 1979):

$$h_{pu} = \frac{L \times Q^M}{D^N} \times C$$

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

$Q$  : débit en  $m^3/s$

$D$  : diamètre de la conduite considérée

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

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

singulière

$$J = L \times Q^M / D^N$$

**Tableau VI.02:** Paramètres des pertes 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 PEHD

La rugosité équivalente  $K=0,1mm$ ,

L=1.2

M=1.89

N=5.01

**Tableau VI.03 : diamètres des conduites de distribution du périmètre**

<b>N° du tronçon</b>	<b>Longueur du tronçon L(m)</b>	<b>Le débit Q (l/s)</b>	<b>Diamètre de la conduite D (mm)</b>	<b>Diamètre normalisée D(mm)</b>
P1-B1	402	286.36	535.13	600.00
B1-B2	448	277.14	526.44	600.00
B2-A	295	269.79	519.41	600.00
A-B3	315	24.89	157.77	160.00
B3-B4	30	9.29	96.38	110.00
A-Z	251	244.9	494.87	500.00
Z-Z1	187	31.35	177.06	200,00
Z1-Z11	158	14.47	120.29	125.00
Z11-B5	26	5.86	76.55	90.00
Z11-B6	123	8.61	92.79	110.00
Z1-B7	230	16.88	129.92	160.00
B7-B8	19	7.11	84.32	90.00
Z-B9	100	213.55	462.11	500.00
B9-C	275	205.45	453.24	500.00
C-B10	170	14.16	119	125.00
C-D	302	191.29	437.37	500.00
D-B11	45	13.21	114.93	125.00
D-E	234	178.08	422	500.00
E-B12	165	17.3	131.53	160.00
B12-B13	201	5.51	74.23	90.00
E-B14	280	160.78	400.97	400.00
B14-B15	435	152.93	391.06	400.00
B15-F	600	143.17	378.38	400.00

F-F1	371	87.63	296.02	315.00
F1-F2	193	72.86	269.93	315.00
F2-B19	23	10.27	101.34	110.00
F2-F3	389	47.21	217.28	250.00
F3-B21	25	13.23	115.02	125.00
F3-B22	223	18.6	136.38	160.00
F1-B17	16	14.77	121.53	125.00
F-B23	303	47.77	218.56	250.00
B23-B24	46	43.78	209.24	250.00
B24-B25	583	27.87	166.94	200.00
B25-B26	105	14.16	199	200.00

### VI.9.5 Simulation du réseau de distribution par le logiciel Epanet

Les calculs hydrauliques du réseau sont établis pour un réseau de type ramifié. Après détermination du diamètre, on utilise le logiciel EPANET pour déterminer la vitesse et les pertes de charge au niveau des conduites de distribution. Après détermination du diamètre, on utilise le logiciel EPANET pour déterminer la vitesse, les pressions et les pertes de charge au niveau de la conduite principale et le réseau de distribution pour les variantes 1 et 2. Le calcul des pertes de charge a été effectué selon la formule de Hazan-Williams:

$$Hf = 10.675 \cdot L \left( \frac{Q}{Chw} \right)^{1.852} \frac{1}{D^{4.87}}$$

Chw : est le coefficient de perte de charge qui dépend du type de matériau il varie entre 130 et 150 pour le PEHD et la fonte. Dans notre cas,

Selon les pressions des bornes, les diamètres des canalisations seront modifiés si la pression n'est pas suffisante.

Les résultats des calculs pour la variante 1 (Piquage direct) sont présentés dans la figure et les tableaux ci-dessous :

Les résultats des calculs sont présentés par secteur dans les tableaux N° 10 et 11.

Le Schéma des tronçons du réseau de distribution est présenté comme suit :

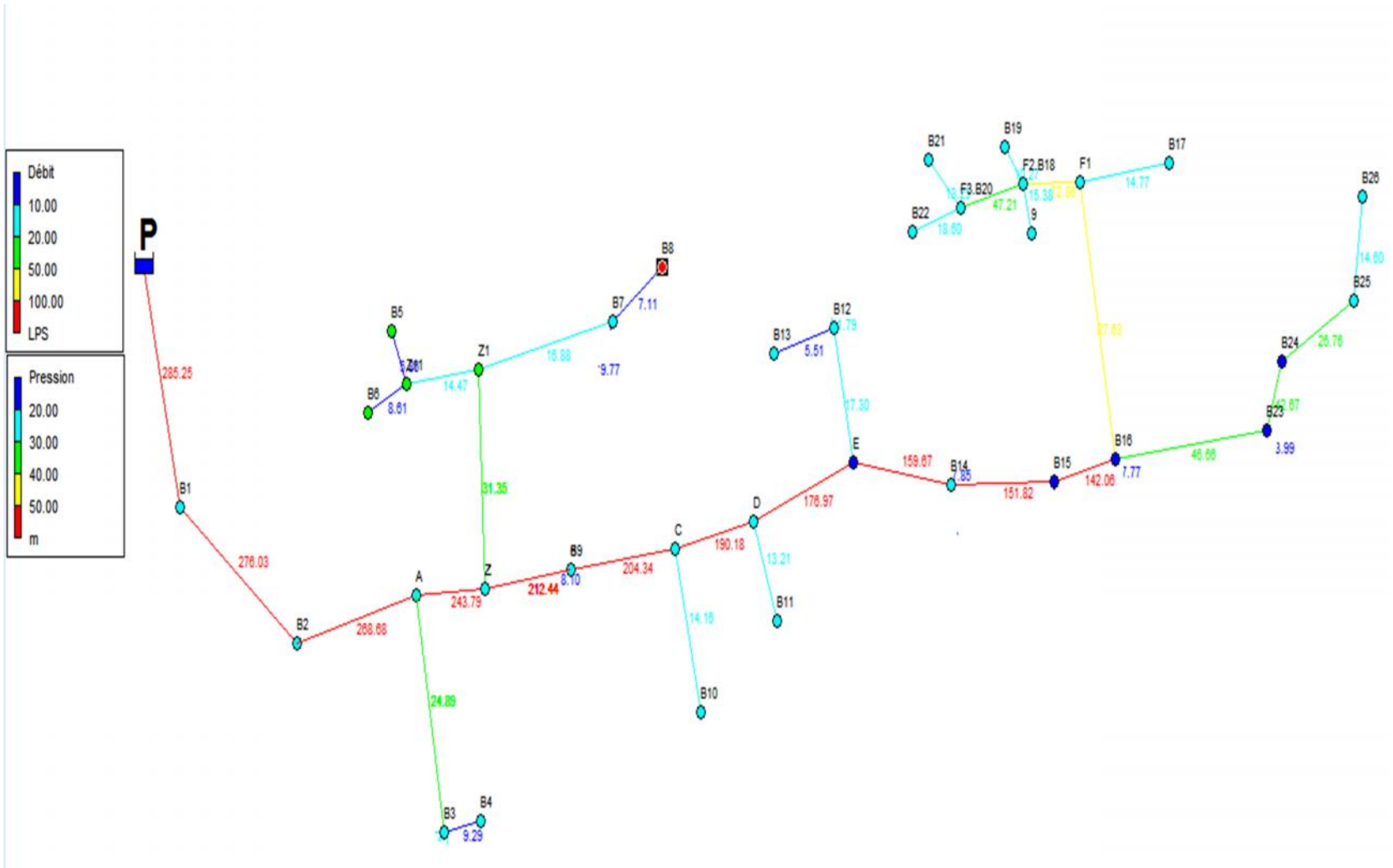


Figure VI.4: Schéma des tronçons de réseau de distribution

Les résultats des calculs sont présentés dans les tableaux ci-dessous :

**Tableau VI.4 :** Tableau des pressions au niveau des bornes

ID Noeud	Altitude (m )	Demande Base (L/S )	Charge (m )	Pression (m )
Noeud B13	425	5.51	453.82	28.82
Noeud B12	430	11.79	455.81	25.81
Noeud B26	425	14.6	449.48	24.48
Noeud B25	428	12.16	449.6	21.6
Noeud B24	434	15.91	451.67	17.67
Noeud B23	436	3.99	451.8	15.8
Noeud B16	437	7.77	452.81	15.81
Noeud F1	427	87.63	451.52	24.52
Noeud B19	427	10.27	450.78	23.78
Noeud B21	424	13.23	449.48	25.48
Noeud B15	437	9.76	454.39	17.39
Noeud B22	424	18.6	448.5	24.5
Noeud B14	435	7.85	455.68	20.68
Noeud F2.B18	428	15.38	451.05	23.05
Noeud F3.B20	427	15.38	449.73	22.73
Noeud E	438	178.08	456.6	18.6
Noeud D	433	191.29	456.9	23.9
Noeud B11	435	13.21	456.46	21.46
Noeud C	431	205.45	457.35	26.35
Noeud B10	435	14.16	455.42	20.42
Noeud B9	431	8.1	457.82	26.82
Noeud Z	434	244.9	458.01	24.01
Noeud Z1	425	31.35	457.11	32.11
Noeud B7	428	9.77	456.06	28.06
Noeud B8	429	7.11	455.75	26.75
Noeud Z11	424	14.47	455.24	31.24

Noeud B5	423	5.86	454.95	31.95
Noeud A	431	269.79	458.6	27.6
Noeud B3	437	24.89	458.36	21.36
Noeud B4	437	9.29	458.07	21.07
Noeud B2	434	7.35	458.94	24.94
Noeud B1	438	9.22	459.48	21.48
Noeud B6	422	8.61	454.21	32.21
Noeud B17	426	14.77	451.33	25.33

D'après le tableau précédent, on remarque que les pressions sont relativement bonnes, et ne présentent aucune contrainte pour l'irrigation. Les pressions varient entre 1.5 et 3.2 bars.

**Tableau VI.5 :** Tableau des vitesses dans les conduites de distribution

ID Arc	Débit L/S	Vitesse m/s	Pert.Charge m/km	Longueur m	Diamètre mm
B18-B20	47.21	0.96	3.41	389	250
B20-B22	18.6	0.93	5.48	223	160
B20-B21	13.23	1.08	9.97	25	125
B18-B19	10.27	1.08	11.74	23	110
F1-B18	72.86	0.93	2.44	193	315
B12-B13	5.51	0.87	9.9	201	90
D-B11	13.21	1.08	9.94	45	125
B9-C	204.34	1.04	1.71	275	500
Z1-B7	16.88	0.84	4.56	230	160
B7-B8	7.11	1.12	16.09	19	90
Z1-Z11	14.47	1.18	11.83	158	125
Z11-B5	5.86	0.92	11.13	26	90
A-B3	24.89	1.24	9.57	24.89	160
B3-B4	9.29	0.98	9.7	30	110
Z11-B6	8.61	0.91	8.39	123	110
P-B1	285.25	1.01	1.29	402	600
B1-B2	276.03	0.98	1.21	448	600
B2-A	268.68	0.95	1.15	295	600
A-Z	243.79	1.24	2.4	251	500
Z-Z1	31.35	1	4.81	187	200
Z-B9	212.44	1.08	1.84	100	500
C-B10	14.16	1.15	11.35	170	125

C-D	190.18	0.97	1.49	302	500
D-E	176.97	0.9	1.3	234	500
E-B12	17.3	0.86	4.78	165	160
E-B14	159.67	1.27	3.28	280	400
B14-B15	151.82	1.21	2.98	435	400
B15-B16	142.06	1.13	2.62	600	400
B16-F1	87.63	1.12	3.47	371	315
B16-B23	46.66	0.95	3.34	303	250
B23-B24	42.67	0.87	2.81	46	250
B24-B25	26.76	0.85	3.56	583	200
B25-B26	14.6	0.46	1.14	105	200
F1-B17	14.77	1.2	12.31	16	125

**Tableau VI.6 : Etat quantitatif des conduites**

Le tableau suivant donne les longueurs de conduite principale par diamètres :

<b>Diamètre (mm)</b>	600	500	400
<b>Longueur en m</b>	1145	1162	1315

**Simulation de la variante N02 :**

La variante 2 impose l'établissement d'un réservoir de régulation et de stockage. Dans ce qui suit, nous présentons les résultats de simulation après insertion d'un réservoir d'eau.

Données générales :

Cote du réservoir : 440m

Volume du réservoir : 2000m<sup>3</sup>



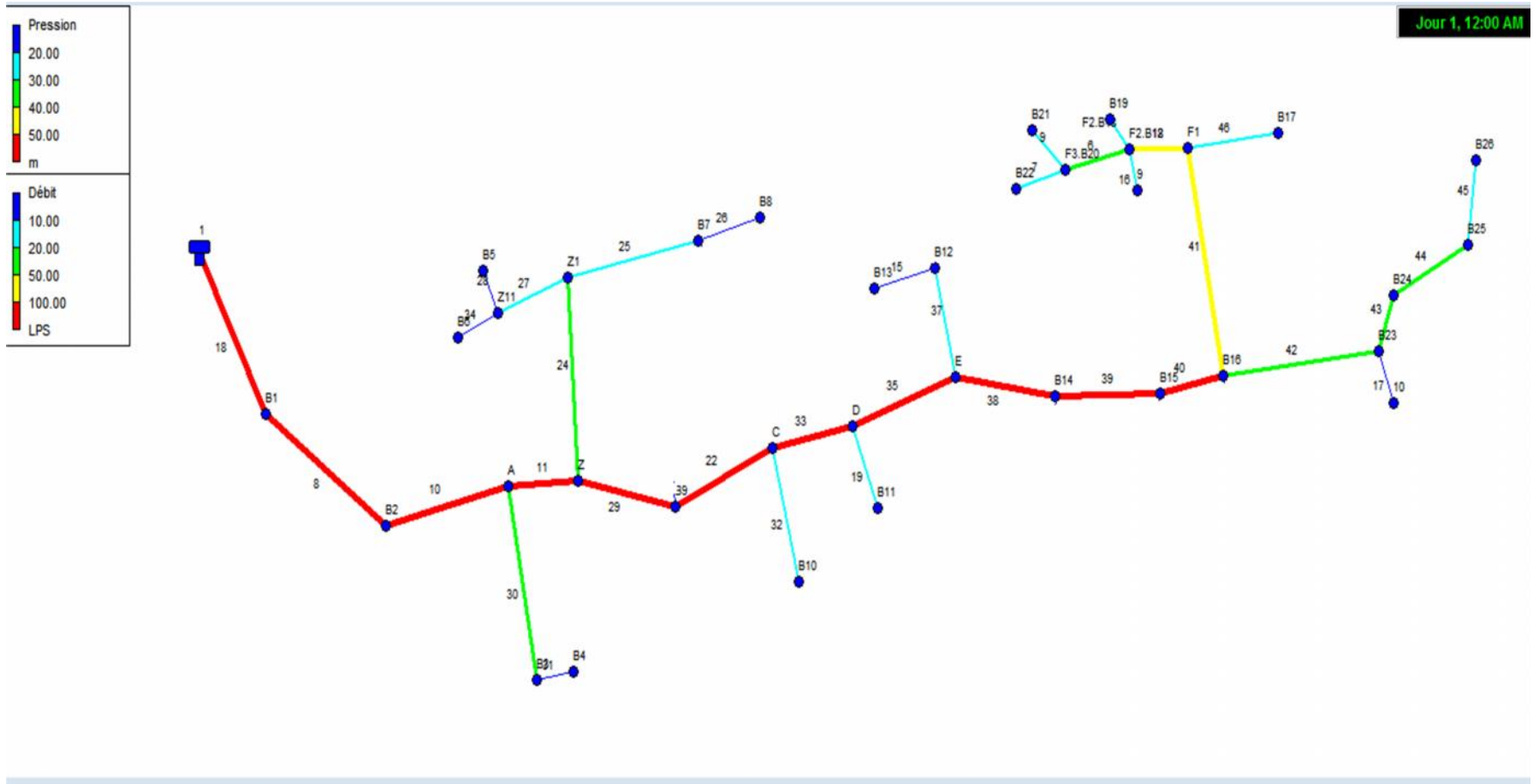


Figure VI.5 : Le Schéma des tronçons du réseau de distribution avec réservoir

**Tableau VI.07:** Tableau des pressions au niveau des bornes

ID Noeud	Altitude (m )	Demande Base (L/S )	Charge (m )	Pression (m )
Noeud B13	425	5.51	438.68	13.68
Noeud B12	430	11.79	440.67	10.67
Noeud B26	425	14.6	434.34	9.34
Noeud B25	428	12.16	434.4	6.45
Noeud B24	434	15.91	436.53	2.53
Noeud B23	436	3.99	436.66	0.66
Noeud B16	437	7.77	437.67	0.67
Noeud F1	427	87.63	436.52	9.38
Noeud B19	427	10.27	435.78	8.64
Noeud B21	424	13.23	434.48	10.3
Noeud B15	437	9.76	439.39	2.34
Noeud B22	424	18.6	433.5	9.3
Noeud B14	435	7.85	440.68	5.54
Noeud B18	428	15.38	435.05	7.91
Noeud B20	427	15.38	434.73	7.59
Noeud E	438	178.08	456.6	3.46
Noeud D	433	191.29	441.9	8.76
Noeud B11	435	13.21	441.46	6.32
Noeud C	431	205.45	442.35	11.21
Noeud B10	435	14.16	440.42	5.28
Noeud B9	431	8.1	442.82	11.68
Noeud Z	434	244.9	443.01	16.97
Noeud Z1	425	31.35	442.11	12.92
Noeud B7	428	9.77	441.06	11.61
Noeud B8	429	7.11	440.75	16.10
Noeud Z11	424	14.47	440.24	16.81

Noeud B5	423	5.86	439.95	12.47
Noeud A	431	269.79	443.6	6.32
Noeud B3	437	24.89	443.36	5.94
Noeud B4	437	9.29	443.07	9.81
Noeud B2	434	7.35	443.94	6.35
Noeud B1	438	9.22	444.48	17.07
Noeud B6	422	8.61	439.21	10.19
Noeud B17	426	14.77	436.33	10.60
Réservoir	440	/	445	5

D'après le tableau précédent, on remarque que les pressions sont très faibles, Les pressions varient entre 0.06 et 1.7 bars. On remarque donc que pour cette variante, plusieurs bornes présentent des pressions faibles voir négatives.

On conclut que la variante 2 (variante avec pompage et réservoir) n'est pas compatible avec les exigences du système d'irrigation de M'chadallah. Cette variante est donc exclue de l'aménagement du périmètre.

## Conclusion

Dans ce chapitre nous avons abordé les variantes d'aménagement du système d'adduction ainsi que les calculs relatifs aux bornes d'irrigation.

La simulation par Epanet des variantes d'aménagement, variante 1 (piquage direct sur la conduite de transfert) et 2 (Alimentation à partir d'un réservoir) ont donné des résultats nettement différents. Pour la variante 1, la simulation donne des pressions aux bornes satisfaisantes pour l'élaboration d'un aménagement avec différents systèmes d'irrigation (aspersion par exemple). Pour la variante 2 qui est une variante avec réservoir de mise en charge n'a pas aboutit aux exigences d'un système d'irrigation tel que par aspersion par exemple, et cela quelque soit la position du réservoir projeté.

Nous retenons donc la variante 1 qui va alimenter le périmètre de M'chadallah par un piquage direct sur la conduite de transfert Tichy haf-Tilesdit.

# **Chapitre VII**

## **Etude des technique d'irrigation**

## Chapitre VII : Etude des techniques d'irrigation

### Introduction

Le choix de la méthode d'irrigation dans un périmètre est toujours problématique du fait de plusieurs contraintes : topographiques, hydrauliques, édaphiques et socio-économiques.

Dans ce chapitre, on détaille les principales techniques d'irrigation, leurs avantages et inconvénients, en essayant d'en tirer les meilleures conclusions quant à l'utilisation d'une technique d'irrigation.

### VII.1 Les différentes techniques d'arrosages:

Les techniques d'arrosages peuvent être regroupées en trois (03) classes, soit :

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

#### VII.1.1 L'irrigation de surface :

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

On distingue :

##### VII.1.1.1 Irrigation par ruissellement ou par planche

Dans cette technique, on divise la surface à irriguer en bandes rectangulaires prise dans le sens de la plus grande pente. En général, la longueur des planches varie de 5 à 30 m. et leur largeur de 50 à 800 m.

L'irrigation par planches convient le mieux aux pentes inférieures à 0,5 %. Cependant, les pentes longitudinales maximales des planches peuvent atteindre 4 % à 5 %. Les sols convenant le mieux à cette technique sont les sols moyennement filtrants.

L'irrigation par planches s'applique aux cultures telles que les prairies, les céréales et les vergers.

La préparation des planches est minutieuse et coûteuse, et exige une main-d'œuvre qualifiée et des équipements de terrassement performants. Les pertes par percolation profonde et en colature est importante. L'efficiency d'irrigation ne dépasse pas 50%.

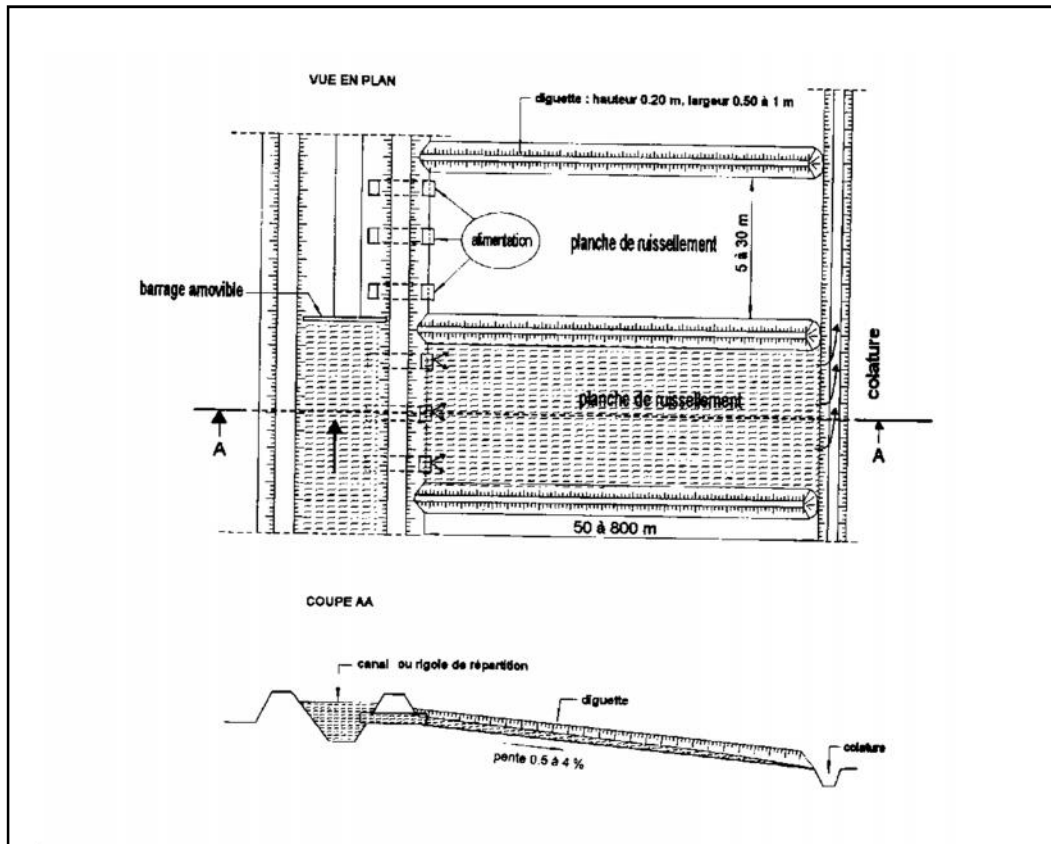


Fig.VII.1. Irrigation par planche de ruissellement

### VII.1.1.2 L'arrosage à la raie

Consiste à amener l'eau à la plante, par une série plus au moins dense (espacement d'environ 0,75 à 1 m.) de petits fossés à ciel ouvert à pente faible mais régulière.

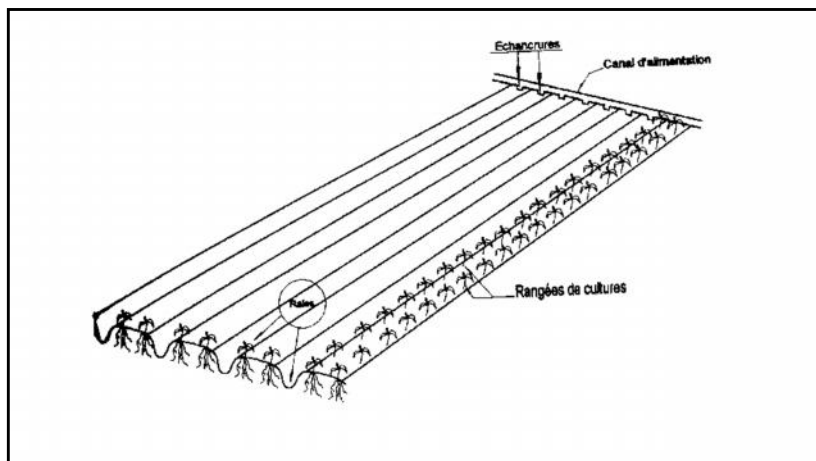
Les raies sont tracées suivant la ligne de plus grande pente du terrain pour des pentes  $< 02\%$ . Pour des pentes  $> 02\%$  les raies sont orientées obliquement par rapport à la ligne de plus grande pente.

La forme des sections des raies peut être triangulaire, trapézoïdale avec :

- Largeur : 25 à 40 cm.
- Profondeur : 15 à 30 cm.

L'arrosage à la raie se pratique sur les terrains d'environ 0,5 à 4 % de pente et convient à toutes les cultures de céréales et de plantes sarclées (Maïs, Coton, Pomme de terre etc. ....).

Cette technique exige une main d'œuvre abondante et qualifiée pour la conduite des arrosages. L'efficacité des arrosages telle qu'elle est constatée peut se situer entre 40 % et 50 %.



**Fig. VII.2.** Irrigation à la raie

### VII.1.1.3 Irrigation par submersion :

L'eau submerge le terrain et s'y infiltre. Dans la pratique de la submersion, l'eau est apportée et répandue aussi vite que possible sur l'ensemble de la parcelle à irriguer avant la phase d'infiltration proprement dite. La pratique de la submersion, nécessite l'aménagement du terrain en bassins de submersion, avec des petites digues de 30 à 40 cm. de hauteur et une revanche minimum de 10 cm.

L'irrigation par submersion est une technique d'arrosage appliquée de préférence en terrain presque plat (moins de 0,1 % de pente).

L'uniformité de l'arrosage est directement liée à trois (03) facteurs :

- 1). Faible perméabilité (terrain très peu ou moyennement perméable)
- 2). Qualité du nivellement.
- 3). Fort débit d'apport.

La nécessité du nivellement implique généralement des travaux de terrassement importants et coûteux. Ce système d'irrigation s'emploie généralement dans les rizicultures. L'efficacité de la technique d'irrigation en submersion se situe entre 45 et 60%

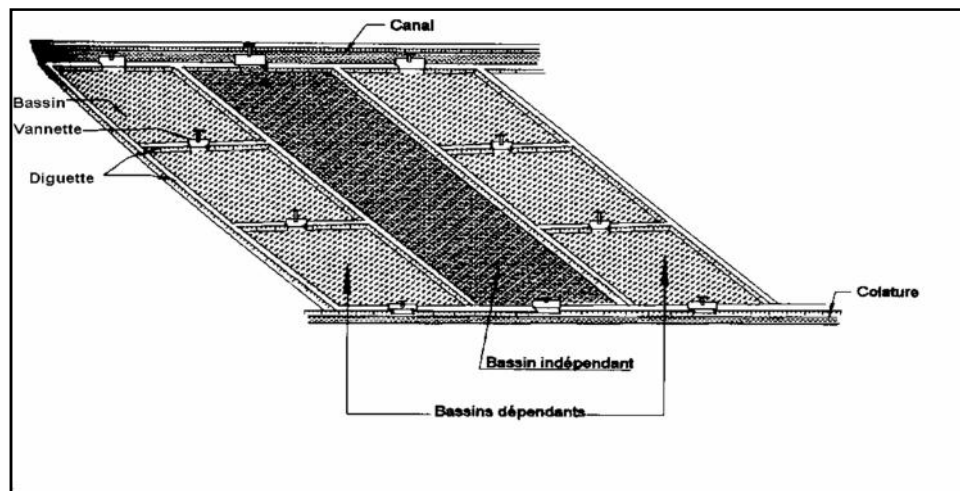


Fig.VII.3. Irrigation par submersion

#### VII.1.1.4 L'irrigation mixte (par intermittence):

Il s'agit d'un ruissellement suivi d'une submersion. Les dispositions générales de ce mode d'irrigation sont identiques à celles que nous avons vu, mais lorsque l'eau atteint le niveau voulu dans le bassin, on continue à les alimenter en prenant soin d'évacuer les surplus. L'avantage de ce système est que l'eau est plus aérée apporte plus de matières nutritives et présente une température plus régulière ce qui peut être intéressant pour les cultures.

#### VII.1.2. L'irrigation par aspersion

En irrigation par aspersion, l'eau parvient aux cultures sous forme de gouttes de pluie, grâce à l'utilisation de divers appareils de projection, alimentés sous pression.

Pour cette technique d'irrigation aucun nivellement de la surface n'est nécessaire. Cependant, la pente générale du sol ne doit pas en principe dépasser 10% pour les machines à irriguer.

Pour ce qui est de type de sol, l'irrigation par aspersion s'adapte à tous les types de sols ayant une bonne capacité d'infiltration ( $I > 4$  mm /h pour sols peu perméables, jusqu'à  $I < 50$  mm /h pour sols perméables). Dans le cas de sols très argileux et très peu perméables, l'irrigation par aspersion est déconseillée.

L'irrigation par aspersion présente une bonne efficacité située entre 65% à 85 %, essentiellement en fonction de la maîtrise technique des irrigants.

L'irrigation par aspersion est utilisée pour l'arrosage des cultures les plus diverses :



Fourragères, maraîchères, céréales, vergers, vigne, etc.

Les techniques d'arrosage appliquées en irrigation par aspersion dépendent du matériel utilisé. Elles se divisent en deux grandes catégories :

- L'aspersion simple (rampes perforées, asperseurs, canons)
- Les machines à irriguer (rampes frontales, pivots, enrouleurs, etc.....)

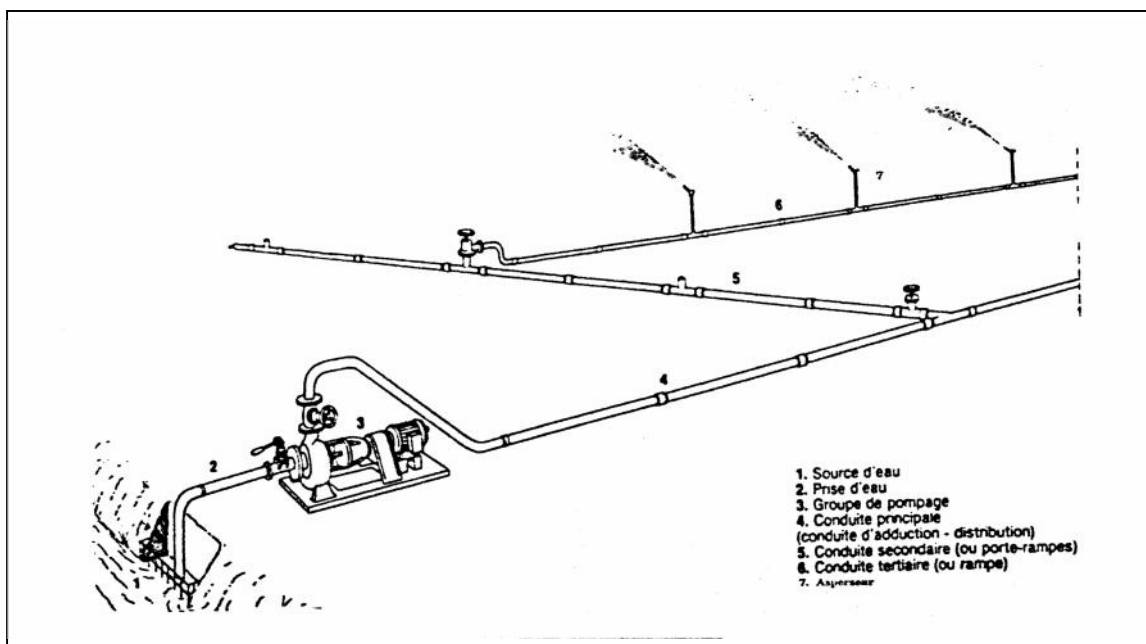


Fig.VII.4. Exemple d'une installation en aspersion

### VII.1.3.1 L'irrigation localisée

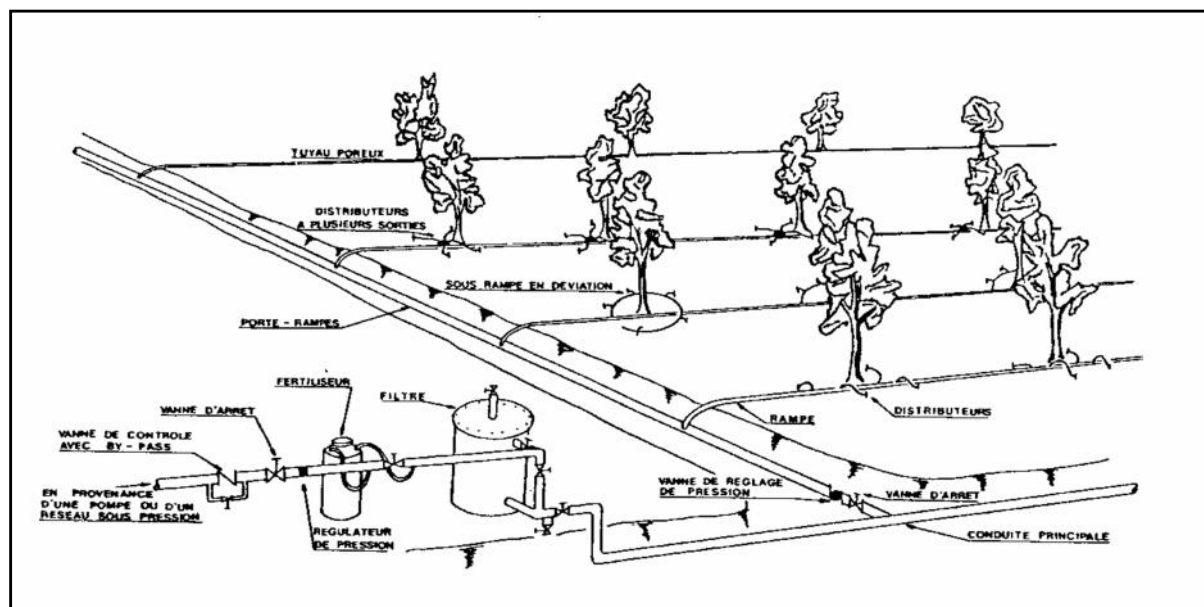
L'irrigation localisée ou micro-irrigation, est une méthode qui regroupe plusieurs systèmes de distribution de l'eau à la parcelle. Elle se caractérise par :

- La mise en place sur la parcelle d'un réseau de canalisation.
- Une discontinuité des points d'apport permettant de n'irriguer que les zones utiles à la plante.
- Des débits faibles généralement inférieurs à 100 l/h.
- Une distribution fréquente pour maintenir un certain volume d'eau à un niveau voisin de la capacité au champ.

Selon le type de distribution utilisé, l'eau se localise par points (goûteurs, gaines) , par lignes (tubes poreux) ou par surface plus au moins grandes (muni diffuseurs, micro-asperseurs).

L'efficacité de l'irrigation localisée est excellente. Elle est située entre 80% à 95%.

L'irrigation localisée est surtout pratiquée en cultures maraîchères ou fruitières.



FigVII.5. Partie essentielle d'une installation localisée

### VII.1.3.2 Composition D'une installation du système goutte à goutte

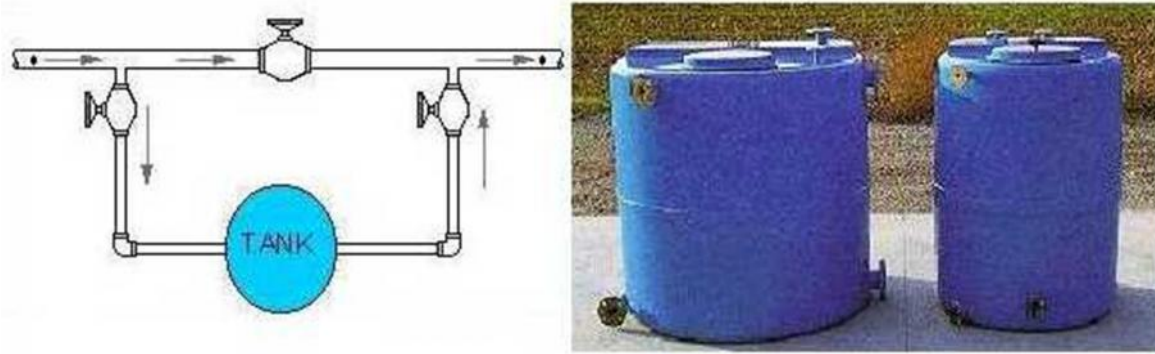
#### VII.1.3.2.1 point de fourniture d'eau :

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.

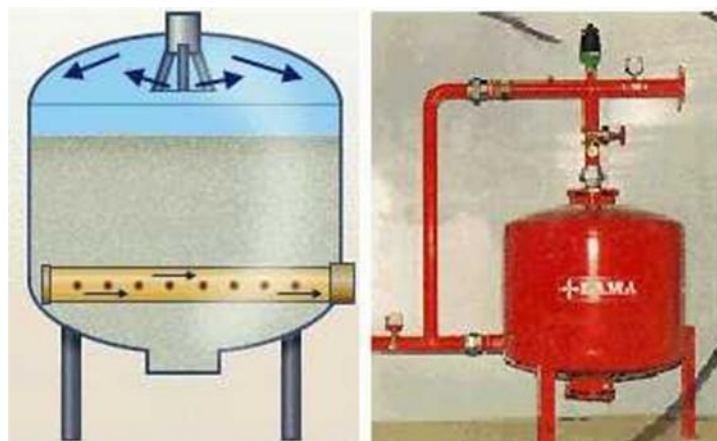
#### VII.1.3.2.2 L'unité de tête :

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 portes rampes ou même des rampes.

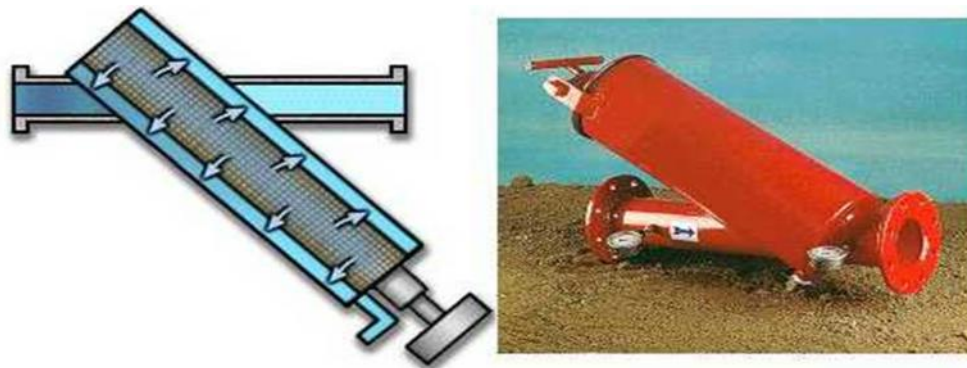
Pour introduire des éléments fertilisants, on utilise le plus souvent un réservoir que l'on remplit d'engrais solubles (généralement l'azote) : c'est un petit récipient sous pression avec une entrée et une sortie. Une fraction du débit est dérivée de la conduite principale, envoyée dans le réservoir, s'y enrichit en engrais puis est réinjectée dans la conduite principale. Le filtre à sable (ou à gravier), avec vannes permet un nettoyage par contre-courant. Quand l'eau contient beaucoup de sable, on doit installer des filtres spéciaux, appelés dessableurs, qui fonctionnent suivant le principe au vortex.



**Fig. VII.6:**Dilueur d'engrais



**Fig. VII.7.2** Filtre à gravier



**Fig. VII.8:**Filtre à tamis

### VII.1.3.2.3 Description des conduites et rampes

Le système d'irrigation est composé de canalisations suivantes :

➤ **La conduite principale :**

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

➤ **Le porte-rampes :**

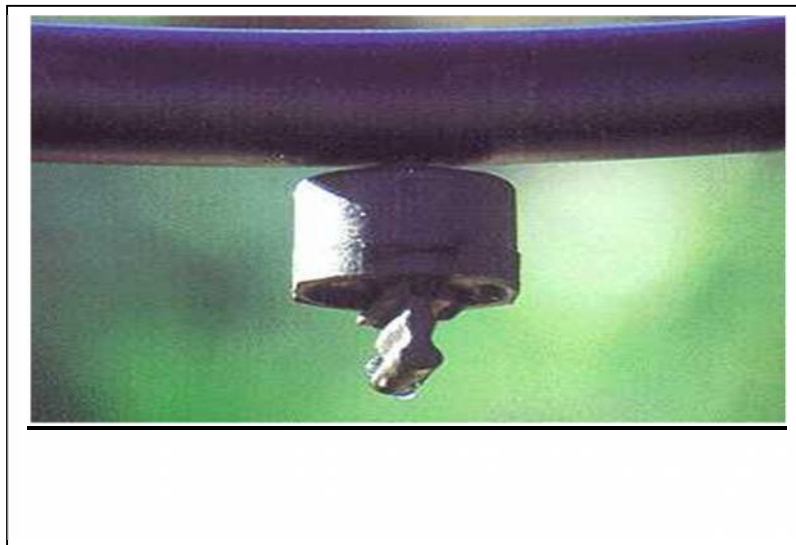
C'est la conduite qui alimente les rampes d'un seul côté ou des deux côtés. Ils peuvent être soit en polyéthylène moyenne densité (PE), soit en chlorure de polyvinyle rigide (PVC).

➤ **Les rampes :**

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

➤ **Les distributeurs :**

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



**Figure VII.9: Exemple d'un Goutteur**

#### VII.1.3.2.4 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 arboricoles. 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.

#### VII.1.3.2.5 Qualité de l'eau:

Elle représente un élément essentiel en micro-irrigation, car le colmatage des distributeurs est le premier risque que doit affronter l'ingénieur. Les eaux de mauvaise qualité sont généralement issues des eaux de surface (rivière, canaux lacs, bassins) riches en impuretés sous forme minérale ou organique. Si les éléments les plus gros sont retenus par une filtration efficace, les éléments très fins par contre traversent les filtres et se déposent à l'intérieur des distributeurs entraînant peu à peu une diminution de leur débit.

Dans ce cas, on utilisera essentiellement des goutteurs en ligne à cheminement long non uniforme, ayant un débit de 4 l/h.

### VII.2 Choix de la technique d'arrosage

Pour pouvoir choisir la technique d'irrigation convenable, il est nécessaire de connaître toutes les contraintes de chaque type d'arrosage.

Une analyse multicritères des techniques d'arrosage basée sur différentes contraintes est nécessaire pour aboutir au choix de la technique d'irrigation la plus adéquate pour la zone considérée, notre analyse est détaillée comme suit :

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

Contraintes	Irrigation de surface Par Rigole	Irrigation par Aspersion	Irrigation localisée
▪ Evaporation	+	+ +	+ +
▪ Vent (1.9 m/s)	+ + +	+	+ + +
▪ Texture (argileux-limoneuse)	+ +	+ +	+ + +
▪ Perméabilité (bonne)	+ + +	+ + +	+ + +
▪ Pente	+ + +	+ + +	+ + +
▪ Qualité d'eau (bonne)	+ + +	+ + + + +	+ + + □
• Cultures			
▪ Maraîchage	+ + +	+++	+ + +
▪ céréales	x	+ + +	x
▪ arbres	+ + +	x	+ + +
• Contraintes économique			
▪ économie d'eau	x	+ +	+ + +

**Remarque :**

x: inadéquat ou déconseillé ; +: Adapté avec réserve;

+ + : Adapté ; + + + : Très Adapté

**Conclusion**

Il existe une multitude de système d'irrigation que l'ingénieur doit analyser et choisir. Dans notre projet, compte tenu des critères détaillés dans le tableau précédent, on opte pour le système d'irrigation par aspersion et par goutte à goutte, ces deux systèmes présentent la meilleure efficacité en eau, indispensable dans une zone aride (wilaya Bouira) et permettent de meilleurs rendements des cultures.

# **Chapitre VII**

## **Estimation du projet**



## Chapitre VIII Calcul technico-économique

### Introduction

L'étude du devis quantitatif et estimatif nous permet d'avoir une idée sur le coût de réalisation du projet d'irrigation projeté, ce calcul consiste à déterminer les quantités de tout le matériel ainsi que les différentes opérations à effectuer sur le terrain. Pour notre projet on a les travaux suivants :

- Le réseau de distribution.
- Le réseau d'irrigation.
- La conduite d'adduction.

L'objectif de ce chapitre est donc l'évaluation du coût estimatif de notre projet, il sera fait exclusivement pour l'irrigation goutte à goutte.

### VIII.1. Devis du réseau d'irrigation localisée.

Le quantitatif total des pièces est présenté 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)
TubeØ110 PEHD	m/l	176	632,3	111284.8
TubeØ125 PEBD	m/l	414	1132,24	468747.36
TubeØ160 PEBD	m/l	933	1361,17	1269971.61
TubeØ200 PEHD	m/l	875	2932,06	2565552.5
TubeØ250 PEHD	m/l	738	3519,72	2597553.36
TubeØ315 PEBD	m/l	564	4508,21	2542630.44
TubeØ400 PEHD	m/l	315	6007,06	1892223.9
TubeØ500 PEHD	m/l	1162	8117,61	9432662.82
TubeØ600 PEBD	m/l	1145	11980,53	13717706.85
Vanne Ø110	U	1004	12000	12048000
Vanne Ø150	U	82	14000	1148000
Vanne Ø90	U	12	4500	54000
Goutteur réglable	U	6344	6,13	38888.72
Asperseur	U	12	600	7200
Filtre à tamis métallique	U	1	13500	31200
Manomètre glycérine 10bars	U	1	832,92	13500
<b>TOTAL 1</b>				<b>47908755.28</b>

## VIII.2. Factures pro-forma de réseau d'irrigation, conduite principale et réseau distribution

### VIII.2.1 Calcul du volume de terrassement

#### VIII.2.1.a. Largeur du fond de la tranchée

La largeur d'ouverture de tranchée est obtenue par la formule :

$$B = d + (0.5-1.2)$$

Avec :

B : largeur de la tranchée (m)

d : diamètre de la conduite (m)

#### 2.1. b. profondeur de la tranchée

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

2

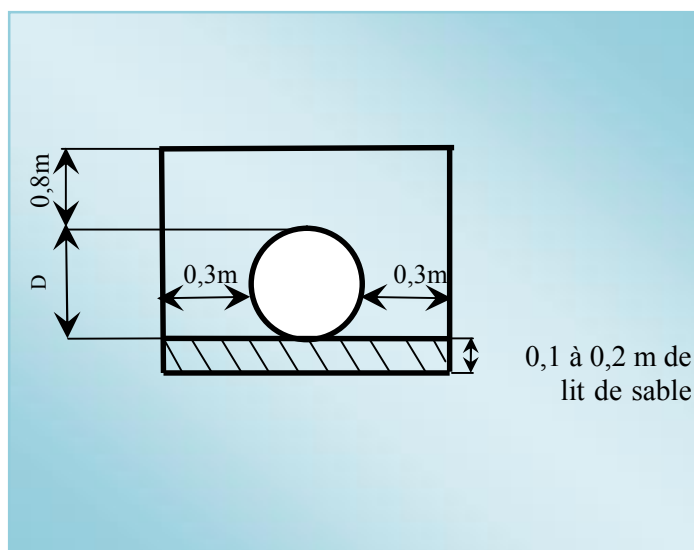


Figure VIII.1 : Schéma d'une tranchée

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

Avec :

H : profondeur de la tranchée. (m)

e : hauteur de lit de pose. (m)

d : diamètre de la conduite. (m)

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

## VIII.2.2 la conduite principale

### VIII.2.2.1. Calcul du volume de déblai

La surface à calculer est la surface rectangulaire

$$S=B*H$$

$$B = d + (0.5-1.2)$$

$$\text{Donc : } B=1+ \emptyset$$

$$H= 1+ \emptyset \text{ m}$$

Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau V-2

**Tableau VIII.2:** calcul du volume de déblai

Diamètre (mm)	Longueur	largueur	Hauteur de	Volume de déblai
	de la conduite (m)	d'une tranchée b :(m)	La tranchée(m)	(m3)
600	1145	1	1.2	1374

### VIII.2.2.2. Calcul du volume de lit de sable

Ce lit correspond à une couche de sable de 12cm sur le fond de la tranché, donc c'est une surface constante le long de la tranchée, on calcule cette surface en utilisant la formule suivante

$$V= e*b*L$$

**Tableau VIII.3.**calcul du volume de sable

Hauteur (m)	Longueur(m)	Largeur(m)	Volume (m 3)
0.12	1145	1	137.4

### VIII.2.2.3. Calcul du volume de remblai

Ce volume est déduit à partir du volume du déblai, c'est le volume qu'occupe la conduite et le volume occupé par le lit de sable ;

$$V_r = V_d - (V + V_s)$$

$V_r$  : Volume du remblai compacté (m<sup>3</sup>)

$V_d$  : Volume du déblai (m<sup>3</sup>)

$V_s$  : Volume du sable

$V$  : Volume occupé par la conduite (m<sup>3</sup>) ;  $V = L * (\frac{\pi D^2}{4})$

L : Longueur de la conduite

D : Diamètre de la conduite.

Dont les volumes des travaux pour la conduite sont représentés dans le tableau V-4.

**Tableau VIII.4 .Calcul du volume de remblai**

Diamètre (mm)	Déblai (m3)	Conduite (m3)	Sable (m3)	Remblai (m3)
600	829.2	575.248	137.4	116.552

### VIII. 2.3. Devis estimatif pour le terrassement de la conduite principale

**Tableau VIII.5.**Factures pro-forma terrassement, conduite principale, réseau distribution et système d'addiction.

Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire DA	Montant DA
1) déblai en terrain	m3	1374	300	412200
2) lit de sable	m3	137.4	800	109920
3) remblaiement de la tranchée	m3	116.552	200	23310,4
TOTAL 02				545430.4

### VIII.2.4.Devis estimatif total

$D = \text{total 01} + \text{total 02} = 48454185.68 \text{ DA}$

#### **N.B**

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

**Conclusion**

On constate que le coût de la projection du réseau d'irrigation localisée est élevé, comme c'était déjà cité cette élévation de coût est due aux équipements qui sont relativement onéreux (système de fertilisation et filtration). Cependant, on doit noter que le réseau goutte à goutte est rentable à moyen terme.

## Conclusion générale

Au terme de ce travail, il ressort que le dimensionnement d'un réseau d'adduction et de distribution n'est pas simple.

En effet beaucoup de contraintes aussi bien techniques qu'administratives peuvent influencer sur le tracé du réseau.

Nous avons choisi un tracé qui a pu gravitairement assurer des pressions assez conséquentes au niveau des bornes d'irrigation. De plus, il a fallu, dans la mesure du possible, respecter le foncier afin de maintenir un certain degré de liberté quant à l'utilisation des prises d'eau.

L'aspect économique demeure aussi un point essentiel car minimiser le tracé de ce réseau permet de faire des économies sur le coût du projet.

Malgré ces contraintes on a proposé un tracé qui bien entendu peut être critiquable.

L'intérêt de ce projet est immense car l'irrigation va permettre une diversification des cultures en places, un accroissement des rendements surtout pour la céréaliculture.

L'introduction de l'arboriculture est bénéfique à plus d'un point ; Elle permet d'améliorer la stabilité du sol donc moins d'érosion, créer un micro climat et surtout développer de petites industries de transformation.

La projection de systèmes d'irrigation modernes tels que l'aspersion et le goutte à goutte permettent une meilleure gestion de la ressource en eau et une meilleure conservation du sol.

**REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

**BULLTIN DE FAO N° 36**, L'irrigation localisée (Calcul, mise en place exploitation, contrôle du fonctionnement).FAO 1983.p33

**BULLTIN DE FAO N° 24** Les besoins en eau des cultures, 1975 (A C\* E F)

**CLEMENT.R et GALAND.A**, Irrigation par aspersion et réseaux collectifs de distribution sous pressions (ED.EYROLLES, paris, 1979).p62

**Tiercelin Jean Robert**, Traité de l'irrigation (Technique et documentation 1998).p19

**DANIEL VESCHAMBRE et PIERRE VAYSSE, 1980** : Mémento goutte à goutte, guide pratique de la micro irrigation par goutteurs et diffuseurs. Edition C.T.I.F.L, INRA ;

**Ollier, Ch, Poirée, M, 1983**. Les réseaux d'irrigation théorie, technique et économie des arrosages, Paris. 500P;

**MESSAHEL MEKKI, 1988** : Irrigation au goutte à goutte (Régime d'irrigation) Edition O.P.U.Alger .p89

**CEMAGREF**, Guide pratique de l'irrigation 1992.p55

# Annexes



# Annexe 1

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 à 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
Maraiçage	0,35	0,50	0,65	0,75	0,80	0,82	0,80	0,75	0,65	0,50
Melons	0,45	0,50	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	0,90	1,10	1,05	0,95	0,80	0,70	0,60
Tomates	0,45	0,45	0,50	0,65	0,85	1,00	1,02	0,95	0,85	0,75

## Annexe 2

### 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	0.68	0.70	0.71	0.72	0.72	0.73	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	0.50	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	0.95	0.90	0.80	0.60
Avocats	0.25	0.40	0.60	0.70	0.77	0.82	0.77	0.70	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	0.90	0.85	0.80	0.65	0.55
Noyers	0.10	0.15	0.20	0.45	0.70	0.85	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



### Annexe 3

Caractéristiques hydriques de quelques sols

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

## Annexe 4

### 5. RESERVE D'HUMIDITE FACILEMENT UTILISABLE (RFU)

DONNEES GENERALES SUR LA PROFONDEUR D'ENRACINEMENT DES CULTURES EN PHASE DE PLEIN DEVELOPPEMENT, FRACTION DE L'EAU UTILISABLE (p) ET RESERVE FACILEMENT UTILISABLE (p.Sa) POUR DIFFERENTS TYPES DE SOLS (en mm/m de profondeur) QUAND ET<sub>cult</sub> = 5-6 mm/jour

Cultures	Profondeur d'enracinement (d) m	Fraction (p) de l'eau utilisable <sup>1</sup>	Réserve d'eau facilement utilisable (p.Sa) mm/m <sup>2</sup>		
			T. fin	T. moyennes	T. grossières
Luzerne	1.0-2.0	0.55	110	75	35
Banane	0.5-0.9	0.35	70	50	20
Orge <sup>2</sup>	1.0-1.5	0.55	110	75	35
Haricot <sup>2</sup>	0.5-0.7	0.45	90	65	30
Betterave	0.6-1.0	0.5	100	70	35
Chou	0.4-0.5	0.45	90	65	30
Carotte	0.5-1.0	0.35	70	50	20
Céleri	0.3-0.5	0.2	40	25	10
Agrumes	1.2-1.5	0.5	100	70	30
Triflè	0.6-0.9	0.35	70	50	20
Carao		0.2	40	30	15
Coton	1.0-1.7	0.65	130	90	40
Courcoubes	0.7-1.2	0.5	100	70	30
Daté	1.5-2.5	0.5	100	70	30
Fruitiers café.	1.0-2.0	0.5	100	70	30
Lin <sup>2</sup>	1.0-1.5	0.5	100	70	30
Céréales <sup>2</sup>	0.9-1.5	0.6	120	80	40
Céré. d'hiver <sup>2</sup>	1.5-2.0	0.6	120	80	40
Vigne	1.0-2.0	0.35	70	50	20
Gazon	0.5-1.5	0.5	100	70	30
Arachide	0.5-1.0	0.4	80	55	25
Laine	0.3-0.5	0.3	60	40	20
Maïs <sup>2</sup>	1.0-1.7	0.6	120	80	40
Maïs-onstage		0.5	100	70	30
Melon	1.0-1.5	0.35	70	50	25
Olivier	1.2-1.7	0.65	130	95	45
Oignons	0.3-0.5	0.25	50	35	15
Palmier	0.7-1.1	0.65	130	90	40
Pois	0.6-1.0	0.35	70	50	25
Poivron	0.5-1.0	0.25	50	35	15
Ananas	0.3-0.6	0.5	100	65	30
Porcine de terre	0.4-0.6	0.25	50	30	15
Carthame <sup>2</sup>	1.0-2.0	0.6	120	80	40
Sisal	0.5-1.0	0.8	155	110	50
Sorgho <sup>2</sup>	1.0-2.0	0.55	110	75	35
Soja	0.6-1.3	0.5	100	75	35
Epinard	0.3-0.5	0.2	40	30	15
Fraisier	0.2-0.3	0.15	30	20	10
Betterave sucr.	0.7-1.2	0.5	100	70	30
Cane à sucre <sup>2</sup>	1.2-2.0	0.65	130	90	40
Tournefort <sup>2</sup>	0.6-1.5	0.45	90	60	30
Potato douce	1.0-1.5	0.65	130	90	40
Tabac - init.	0.5-1.0	0.35	70	50	25
lard		0.65	130	90	40
Tomate	0.7-1.5	0.4	180	60	25
Légumes	0.3-0.6	0.2	40	30	15
Blé	1.0-1.5	0.55	105	70	35
maturité		0.9	180	130	55
Volume total d'eau de sol disponible (Sa) (mm/m)			200	140	60

<sup>1</sup> Quand ET<sub>cul</sub> < 3 mm/jour, augmenter les valeurs de 30 % ; quand ET<sub>cul</sub> > 8 mm/jour, réduire les valeurs de 30 %. Ceci suppose des conditions non salines (CE < 2 ds/m).

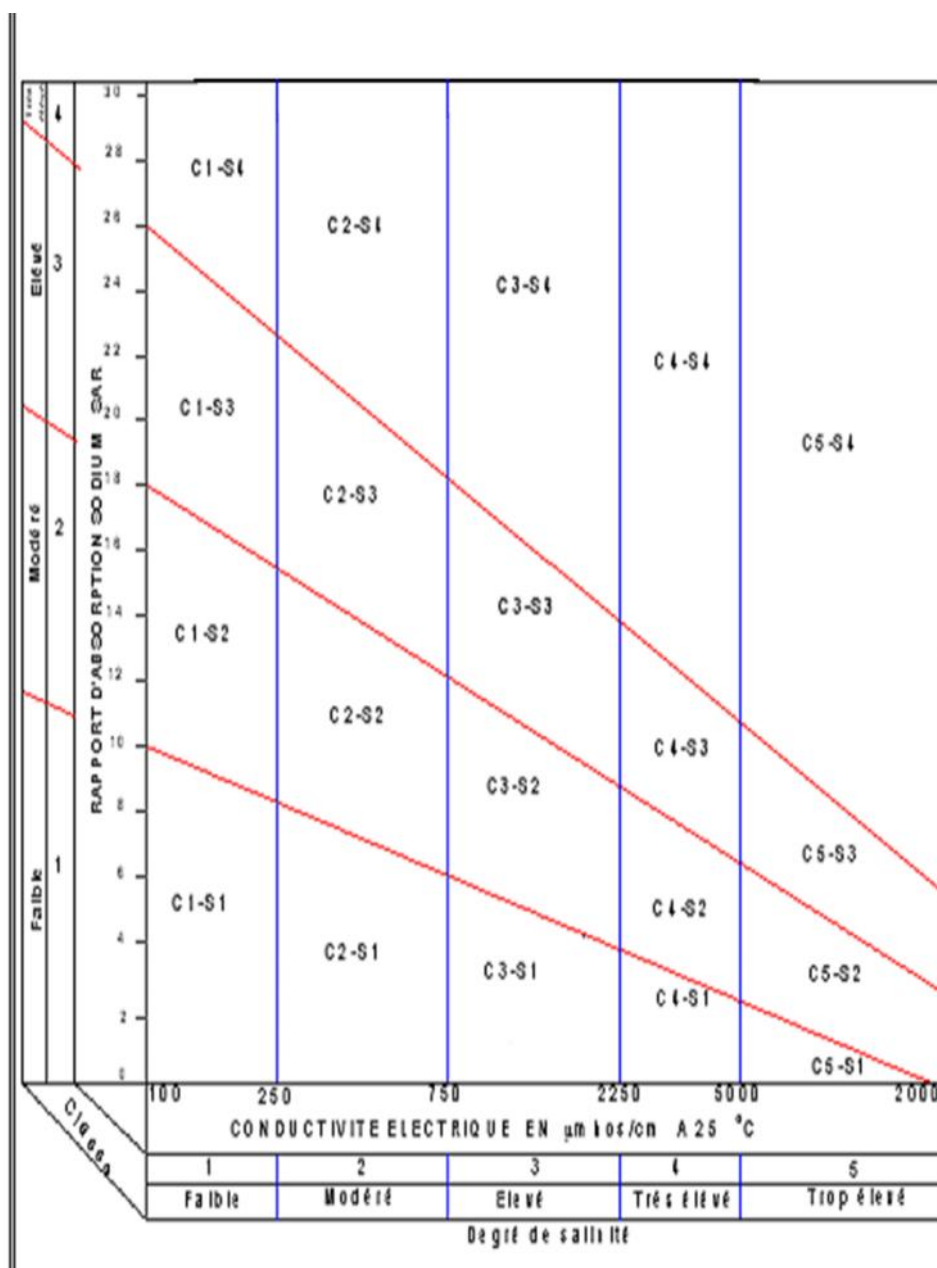
<sup>2</sup> Des valeurs supérieures à celles indiquées ici sont observées durant la maturation.

Sources: Taylor (1965), Stuart et Hagan (1972), Sahar et Goods (1967), Rijssen (1965), etc.

Source: Bulletin FAO d'Irrigation et Drainage N° 24, Tableau 39 (nouvelle version).



## Annexe 5



**ANNEXE 05 : Diagramme de classification des eaux d'irrigation**