

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHESCIENTIFIQUE  
ECOLE NATIONALESUPERIEURE D'HYDRAULIQUE- ARBAOUI Abdellah-

**DEPARTEMENT GENIE DE L'EAU**

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

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

**Option : Conception Des Systèmes d'Irrigation et de Drainage**

### **THEME :**

**AMENAGEMENTHYDRO-AGRICOLE DE LA PLAINE  
DE TELEGHMA SECTEUR EST (W. MILA) D'UNE  
SUPERFICE DE 2273 ha A PARTIR DU BARRAGE  
RESEVOIR D'OUED EL-ATMANIA**

### **Présenté par :**

**M<sup>r</sup> KESIKES MOURAD**

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

<b>Nom et Prénom</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
<b>M<sup>r</sup> T.KHETTAL</b>	<b>MC.A</b>	<b>Président</b>
<b>M<sup>me</sup> O.AZIEZ</b>	<b>MA.A</b>	<b>Examinatrice</b>
<b>M<sup>me</sup> D.DJODAR</b>	<b>MA.A</b>	<b>Examinatrice</b>
<b>M<sup>r</sup> D.KOLIAI</b>	<b>Ing en chef</b>	<b>Examineur</b>
<b>M<sup>me</sup> S.LEULMI</b>	<b>MA.A</b>	<b>Examinatrice</b>
<b>M<sup>me</sup> L.S.BAHBOUH</b>	<b>M A.A</b>	<b>Promotrice</b>

**Septembre-2013**

# ∞ REMERCIEMENTS ∞

*Mes Remerciements vont, tout d'abord, à Mon Promoteur  
Mr : BOUFEKANE, qui a accepté de diriger mon travail. Il  
S'est montré Compréhensif et particulièrement Sensible  
Aux divers problèmes que j'ai rencontré, et ceci, malgré  
Ses taches d'Enseignement. Qu'il 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 Mme : BAHBOUH pour son  
aide au laboratoire*

*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 voudrai souligner les contributions efficaces de tous  
mes Proches et Amis qui, à des titres 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*

*KESSIKES Mourad*

## *Dédicace*

*Je dédie ce travail à ma mère et à mon père, envers lesquels  
je ne saurai exprimer ma reconnaissance et ma gratitude,*

*Que dieu tout puissant les garde pour moi.*

*A mes frères : Brahim, Youcef, Salah eddine, et Amine ainsi que  
ma sœur pour leur amour et leur soutien inconditionnel,*

*A tous mes amis, surtout Hamza, Sief, Mouhamed, Bilal, Kamel  
, Tark, youcef, Abd arezak, Mounir, Boualem, Moussa*

*Sans oublier AbdALKHALKE.*

*.....Mourad KESSIKES.....*

## ملخص

إنَّ الهدف من إنجاز مذكرة نهاية دراسة يندرج ضمن السياسة الحالية المتعلقة بتسيير المساحات المسقية، والذي يسعى إلى تحقيق مردود معتبر من ناحية الاستثمار، مُعبراً عن أفضل فعالية لتقنيات السقي من جهة، تسيير أنجع و محافظاً على الموارد المائية و نوعية التربة من جهة أخرى وهذا لن يتأتى إلا بتبني أنظمة سقي حديثة و التي فرضت فعاليتها، نذكر على سبيل المثال: السقي بالتقطير و السقي بالرش للتقدم العلمي و التكنولوجي. و من بين ما تتميز به هذه الأنظمة من مَحاسن هو تحقيقها لاقتصاد معتبر للمياه. وهذا من أجل توفير مياه السقي لمنطقة التلاغمة ولاية ميلة

## Résumé :

L'objectif de mon mémoire de fin d'études rentre dans le caractère de la politique actuelle de la gestion des périmètres irrigués; de façon à atteindre un rendement élevé de l'investissement, traduisant une meilleure efficacité du système d'irrigation d'une part, une meilleure gestion et préservation des potentialités : ressources en eau et ressources en sol d'autre part. Cela par adoption des systèmes d'irrigation modernes qui ont imposé leur fiabilité, à savoir : l'irrigation localisée, avec l'évolution de la science et de la technologie. Ces systèmes présentent de multiples avantages, comme l'importante économie d'eau.

## Abstract :

The aim of my present work has an aspect of the actual policy of the irrigated areas management in a way to attain a high investment feedback, showing a better efficiency of the irrigation system from one part, and a better management and potentialities preservation: water resource and ground resources from the other part. This by adoption of modern irrigation system which their reliability, i.e: localized irrigation, with the evolution of science and technology. These systems present many advantages like the important water saving.

## SOMMAIRE

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

Introduction .....	2
I.1.Situation du périmètre d'irrigation .....	2
I.1.2. Le cadre topographique et géomorphologique.....	2
I.1.3. Situation géographique de la zone d'étude .....	3
I.2. Climatologique.....	6
I.2.1. La pluviométrie.....	6
I.2.2. Température de l'air .....	6
I.2.3. Humidité relative .....	7
I.2.4. Evaporation .....	8
I.2.5. Le vent .....	9
I.2.5.1. Les vitesses moyennes mensuelles du vent .....	10
I.2.6. Siroco .....	10
I.2.7. Insolation .....	11
I.2.8. Gelée blanche.....	11
I.2.9. La Neige .....	11
I.2.10. Classification du climat .....	12
I.2.11. le diagramme ombrothermique de Gaussen .....	14
I.3. Géologie .....	15
I.3.1.Conditions Géologiques .....	15
I.3.1.1.Pliocène- Villafranchien .....	16
I.3.1.2. Dépôts quaternaires .....	16
I.3.2. Conditions hydrogéologiques .....	17
I.4. Les ressource en eau.....	17
I.4.1. Barrage de BENI-HAROUN .....	17
I.4.2. Réservoir d'Oued El Athmania.....	19
Conclusion.....	20

### CHAPITRE II : Etude hydrologique

Introduction .....	21
II.1. Réseau pluviométrique .....	21
II.2.Choix de la station représentative de la zone d'étude .....	21
II.3. Homogénéité de la série pluviométrique .....	23
II.4. Etude de l'échantillon et choix du type de loi .....	25

II.4.1. Traitement des données.....	25
II.4.2. Ajustement de la série pluviométrique .....	25
II.4.2.1. Ajustement à la loi de Gauss (loi Normale) .....	25
II.4.2.2. Ajustement à la loi de Galton (loi log-Normale) .....	29
II.4.2.3. Test de validité d'un ajustement .....	31
II.4.2.3.1. Test de validité de l'ajustement à la loi Normale.....	32
II.4.2.3.2. Test de validité d'ajustement à la loi log-Normale .....	32
II.5 Détermination de l'année de calcul .....	32
Conclusion .....	33

### **CHAPITRE III : besoins en eau des cultures**

Introduction.....	34
III.3. Types d'exploitations moyennes du périmètre par classes de superficie et les principaux types d'assolement en situation projetée .....	36
III.2. Besoin en eau du périmètre .....	36
III.2.1. Evapotranspiration réelle ou de culture (ETR ou ETC) .....	36
III.2.2. Calcul de l'évapotranspiration potentielle ou déréférence .....	37
III.2.2.1. Méthode de M <sup>R</sup> PENMAN&MOTHEIT modifiée.....	38
III.2.3. La pluie efficace.....	40
III.2.4. Efficacité de l'irrigation.....	40
III.2.5) Besoins nets en eau d'irrigation_.....	41
Conclusion .....	47

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

Introduction .....	48
IV.1.Historique.....	48
VI.2. Définition de l'irrigation au goutte à goutte .....	48
IV.3.Principe .....	49
IV.4. Avantages et inconvénients de l'irrigation au goutte à goutte.....	49
IV.4.1. Les avantages du système goutte à goutte.....	49
IV.4.2. Inconvénients du goutte à goutte.....	51
1-Colmatage physique .....	51
2-Colmatage biologique .....	51
3-Colmatage chimique .....	51
b- Accumulation des sels .....	51
c- Difficulté à déterminer le volume minimal de sol à humidifier.....	52

IV.5. Champ d'application du goutte à goutte .....	52
IV.6. Description d'un réseau d'irrigation au goutte à goutte .....	52
IV.6.1. Groupe de pompage .....	53
IV.6-2. Filtre à sable .....	56
IV.6.3. Filtre a tamis .....	56
IV.6.4. Régulateur de pression .....	56
IV.6.5 Les goutteurs .....	56
IV.6.5.1. Classification des goutteurs .....	56
IV.6.5.1.1. Type de fonctionnement hydraulique .....	57
IV.6.5.1.2. Régularité de fabrication et sensibilité au bouchage .....	57
IV.7. Les distributeurs .....	58
IV.7.1. Choix du distributeur .....	58
IV.8. Les conduites.....	58
IV.8.1. Les rampes.....	59
IV-8.2. Les porte- rampes .....	59
IV.8.3. Les conduites principales .....	59
<b>CHAPITRE V : Réseaux d'adduction et distribution et calcul hydraulique</b>	
Introduction.....	60
V.1. Découpage du périmètre en ilots d'irrigation.....	60
V.1.1 Géométrie des ilots d'irrigation.....	60
V.1.2.Découpage de la zone étudiée.....	60
V.2. Système d'adduction d'eau.....	61
V.3. Calcul des débits à transiter par le réseau collectif.....	63
V.3.1. Débits spécifiques et module d'arrosage.....	64
V.3.1.Calcul du débit spécifique.....	64
V.3.2. Loi de débit .....	65
V.4 .Calcul des diamètres .....	66
V.5. Calcul des pertes de charge .....	66
V.6.Choix du type de borne .....	67
V.7. Matériaux de construction des canalisations .....	73
V.7.1 Choix du matériau des conduites .....	73
V.8.Etablissement du profil en long de la conduite principale .....	73
V.9. Equipement hydromécanique .....	74
V.9.1. Ventouses ou soupapes d'échappement .....	74

V.9.3.Vanne de sectionnement .....	74
V.10. Ouvrages aux points de piquage des conduites principales à la conduite de Transfert.....	74
Conclusion.....	75

## **CHAPITRE VI : Dimensionnement de parcelle d'irrigation**

Introduction.....	76
VI.1. Généralité.....	76
VI.2. Les différents systèmes d'irrigation.....	76
VI.3. Description d'un réseau d'irrigation goutte à goutte.....	76
VI.3.1.Critères de choix de la méthode de micro-irrigation .....	77
VI.3.2.Champ d'application de la micro irrigation.....	77
VI.3.3. Composition d'une installation d'irrigation goutte à goutte.....	77
VI.3.3.1. Groupe de pompage.....	78
VI.3.3.2 Filtre à sable.....	78
VI.3.3.3. Filtre à tamis.....	79
VI.3.3.4. Régulateur de pression.....	79
VI.3.3.5 Les goutteurs.....	79
VI.3.3.6. Les distributeurs.....	79
VI.3.3.7. Les rampes et les portes rampes.....	79
a- Les rampes.....	80
b- Les porte-rampes.....	80
VI.3.3.8. Les conduites principales.....	80
VI.4. Données générales.....	81
VI.5. Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée.....	81
VI.5.1. Influence du taux de couverture du sol.....	81
VI.5.2. Besoins d'irrigation brute $B_{brut}$ .....	82
VI.5.2. Pourcentage de sol humidifié.....	82
VI.5.3.Fréquence d'arrosage .....	83
VI.5.4. Durée d'arrosage.....	84
VI.5.5.Calcul de l'installation.....	84
VI.6. Calcule du nombre de postes.....	84
VI.6.1. Surface d'un poste.....	84
VI.6.2. Choix des goutteurs dans notre zone d'étude la densité des cultures.....	84
VI.6. Calcul hydraulique .....	85



VI.6.1 Conditions hydrauliques.....	85
VI.6.2. Calcul de la rampe.....	86
Débit de la rampe.....	86
Le diamètre.....	86
La perte de charge.....	87
VI.6.3. Calcul de la porte-rampe.....	87
Débit de la porte-rampe.....	87
Le diamètre.....	87
La perte de charge.....	87
VI.6.4. La conduite principale.....	87
Le débit.....	88
La longueur .....	88
Le diamètre .....	88
La perte de charge.....	88
La vitesse .....	89
VI.8.Choix de la pompe.....	90
Débit de la pompe.....	90
Hauteur d'élévation.....	90
V.9 Capacité du bassin d'irrigation.....	90
Conclusion.....	91

## **CHAPITRE VII : calcul technique économique**

Introduction.....	92
VII.2. Coût Des Conduites .....	92
VII.2. Devis estimatif et quantitatif des pièces spéciales .....	93
VII.3.1. Devis estimatif et quantitatif des bornes d'irrigation .....	93
VII.3.2. Devis estimatif et quantitatif de vidange .....	94
VII.3.3 Devis estimatif et quantitatif des vannes et chambres des vannes .....	95
VII.3.4. Devis estimatif et quantitatif de brise vent .....	96
VII.3.5. Devis estimatifs des équipements .....	96
VII.4. Coût de terrassement de réseau de distribution.....	96
VII.5. Devis global .....	97
Conclusion .....	98

# LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau I-2</b> situation topographique de la zone d'étude (wilaya d'Oum El Bouaghi).....	2
<b>Tableau I-3</b> Répartition des précipitations en % .....	6
<b>Tableau -I-4:</b> Répartition mensuelle $T_{max}$ et $T_{min}$ .....	6
<b>Tableau- I-5.</b> Humidité relative de l'air en %.....	7
<b>Tableau -I-6:</b> Répartition mensuelle de l'évaporation.....	8
<b>Tableau -I-7</b> Distribution fréquentielle du vent à la station de Constantine (1994-2003) .....	9
<b>Tableau -I-8</b> Vitesse du vent en m/s.....	10
<b>Tableau I-9:</b> Nombre de jours de sirocco.....	10
<b>Tableau I-10 :</b> Distribution fréquentielle de la durée d'insolation totale (en heure) (1994-2003) .....	11
<b>Tableau I-11 :</b> Nombre de jour de gelée.....	11
<b>Tableau I-12</b> Nombre de jours avec de la neige et une couche de neige.....	12
<b>Tableau I-13:</b> Classification du climat.....	13
<b>Tableau I-14 :</b> les valeurs moyennes mensuelles des températures et des pluies.....	14
<b>Tableau I-15:</b> Caractéristiques du barrage de Beni Haroun.....	18
<b>Tableau I-16-</b> Volume d'eau pour irrigation.....	19
<b>Tableau II-1 :</b> Caractéristiques de la station pluviométrique de FOURCHI.....	21
<b>Tableau II-2:</b> Pluies moyennes mensuelles observées à la station FOURCHI (100511)....	22
<b>Tableau II-3 :</b> détaille du procédé de Test d'homogénéité pour la station de FOURCH code (100511).....	24
<b>Tableau II-4 :</b> Ajustement a la loi de Gauss (loi normale).....	26
<b>Tableau II-5:</b> Ajustement a la loi de Galton (loi Log-normale) .....	28
<b>Tableau II-6 :</b> Précipitation moyenne mensuelle de l'année de calcul.....	33
<b>Tableau III-1</b> Répartition de la superficie occupée du périmètre d'irrigation Teleghma par cultures .....	35
<b>Tableau III-2</b> Répartition des parcelles par classes d'exploitation et par secteurs.....	36
<b>Tableau III-3</b> L'évapotranspiration de référence $ET_0$ .....	39
<b>Tableau III-4 :</b> calcul la pluie efficace.....	40

<b>Tableau III-5-</b> Besoins nets.....	41
<b>Tableau III-6.</b> Les besoins nette des déffirents culture.....	48
<b>Tableau III-7 :</b> Calcul les besoins brut.....	48
<b>Tableau V-1</b> Répartition de la surface totale équipée par secteurs et par wilaya.....	61
<b>Tableau V-2</b> Les vitesse de différents diamètres.....	63
<b>Tableau V-3 :</b> Paramètres L, M, N en fonction de la rugosité.....	66
<b>Tableau V-4 :</b> Calcul des débits de bornes.....	72
<b>Tableau V-5 :</b> répartition de débit par les tronçons.....	75
<b>Tableau V-6:</b> Répartition de la pression sur la conduite principale.....	78
<b>Tableau VI-1 :</b> Caractéristiques générales du réseau localisé.....	91
<b>Tableau VI-2 :</b> Caractéristiques générales du réseau localisé.....	94
<b>Tableau VII-1 :</b> les prix des conduites.....	98
<b>Tableau VII.2</b> Devis estimatif et quantitatif des bornes d'irrigation (fourniture, transport, pose et terrassement.....	99
<b>Tableau VII.3</b> Devis estimatif et quantitatif des vidanges direct .....	100
<b>Tableau VII.4</b> Devis estimatif et quantitatif des chambres des vannes .....	101
<b>Tableau VII.5</b> Devis estimatif et quantitatif des ventouses.....	101
<b>Tableau VII.6</b> Devis estimatif et quantitatif de brise vent.....	102
<b>Tableau VII-7 :</b> Devis estimatif des équipements.....	102
<b>Tableau VII-8 :</b> déférente prix des travaux réalise de la conduite .....	102
<b>Tableau VII.9:</b> Devis estimatif global.....	103

# LISTE DES FIGURES

<b>Figure-I-1</b> : Situation générale.....	4
<b>Figure-I-2</b> : réseau hydrographique de la zone d'étude.....	5
<b>Figure-I-3</b> Répartition mensuelle de la température.....	7
<b>Figure-I-4</b> Humidité relative.....	8
<b>Figure-I-5</b> Evaporation.....	9
<b>Figure-I-8</b> Diagramme Ombrothermique de la région Teleghma.....	14
<b>Figure-I-9</b> : Barrage de Beni-Haroun.....	18
<b>Figure -I-10</b> : digue en terre et la du réservoir d'Oued Athmenia.....	19
<b>Figure-II-1</b> .Ajustement à la loi de normale.....	27
<b>Figure II-2</b> Ajustement à la loi Log-normale.....	29
<b>Figure IV-1</b> : Forme du bulbe au dessous de goutteur.....	49
<b>Figure IV-2</b> : Groupe Motopompe à Anneau.....	53
<b>Figure IV-3</b> : Parties essentielles d'un réseau d'irrigation localisée (FAO).....	54
<b>Figure IV-4</b> : Installation de tête type (FAO).....	57
<b>Figure IV-5</b> : Différent types de goutteurs.....	59
<b>Figure. V-1</b> : Transfert Athmania – Schéma d'ensemble.....	62
<b>Figure.V.1</b> . Représentation graphique de la loi de débit.....	65
<b>Figure VI-1</b> : Parties essentielles d'un réseau de micro-irrigation (Vermeirenet al 1983).....	84
<b>Figure VI-2</b> : Zone du sol humidifié.....	89
<b>Figure V-3</b> : La pression en tête de l'installation (schéma).....	96

# LISTE DES PLANCHES

**PLANCHE.1.**PLAN SITUATION DU PERIMETRE D'IRRIGATION DE TELEGHMA  
SECTEUR EST (W. MILA)

**PLANCHE.2.** RESEAUX D'ADDITION DU DISTRIBUTION PERIMETRE  
D'IRRIGATION DE TELEGHMA SECTEUR EST (W MILA)

**PLANCHE.3.**PROFIL EN LONG DE LA CONDUITE PRINCIPALE DE TELEGHMA  
SECTEUR EST (W.MILA)

**PLANCHE.3.**SCHEMA DE L'EQUIPEMENT D'UN SYSTEME DE GOUTE A GOUTE  
PARCELLE TYPE 5ha OCCUPEE PAR POMMIERS

## INTRODUCTION GENERALE

L'extension des superficies irriguées joue un rôle déterminant dans le processus de développement économique et social d'un pays.

Un tel objectif permet d'espérer un accroissement du revenu national, une économie de devises, une augmentation des revenus des exploitants, une création d'emplois ainsi qu'une consolidation de la sécurité alimentaire.

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre mémoire de fin d'étude. En effet le périmètre de la Teleghma (W. de MILA) est une riche entité agricole où l'on pratique une agriculture de type agropastorale. Cependant seule la céréaliculture prédomine et quelques cultures vivrières sont pratiquées faute d'eau.

La mobilisation de l'eau au niveau du barrage d'oued Athemania peut permettre actuellement la mise en place d'un système d'adduction et de distribution d'eau à travers l'ensemble du périmètre.

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 :***  
***ANALYSE DES CONDITION***  
***NATURELLES ET AGRICOLES***

## Introduction

Notre périmètre d'étude se situe dans la wilaya d'Oum El Bouaghi. Cette étude de l'aménagement hydro-agricole du périmètre (secteur est) sera réalisée sur une superficie de 2 273,4 ha.

### I.1. Situation du périmètre d'irrigation

Le périmètre d'irrigation de Teleghma est situé dans la partie nord-est de l'Algérie sur le territoire des wilayas de Mila et Oum El-Bouaghi au sud-ouest de la ville de Constantine, à une distance de 30 km environ. La ville de Teleghma est localisée au centre de ce périmètre. Le périmètre d'étude se trouve entre deux wilayas, sur :

- La wilaya de Mila (Oued Athmenia, Oued Seguin, M'chira) : 6 000 ha.
- La wilaya d'Oum El Bouaghi (Oued-Hamla, Ain Mlila) : 2 000 ha.

Dans notre étude nous avons choisi la partie est du périmètre.

#### I.1.1 Le cadre topographique et géomorphologique

Les coordonnées géographiques de la localisation de la plaine sont matérialisées par les localités suivantes :

- ✓ Au Nord, par la commune d'Oued Athemania (36° 15' N et 6° 17' E).
- ✓ Au centre, par la commune de Teleghma (36° 8' N et 6° 26' E).
- ✓ Au Sud Est, par la commune d'Ain M' Lila (36° 3' N et 6° 35' E).

**Tableau. I.1 : Situation topographique de la zone d'étude**

Communes	Pente %				Altitude (m)		
	0 - 3	3 - 12.5	12.5 - 25	+ de 25	500-1000	1000-1200	1200-1500
Ain M'lila	12 733	8 149	3 051	/	23 933	/	/
Ouled Hamla	12 720	2 136	687	/	15 542	/	/

Source : Rapport « fares » Orographie in Schéma d'aménagement agricole d'Oum El Bouaghi, mai 2002



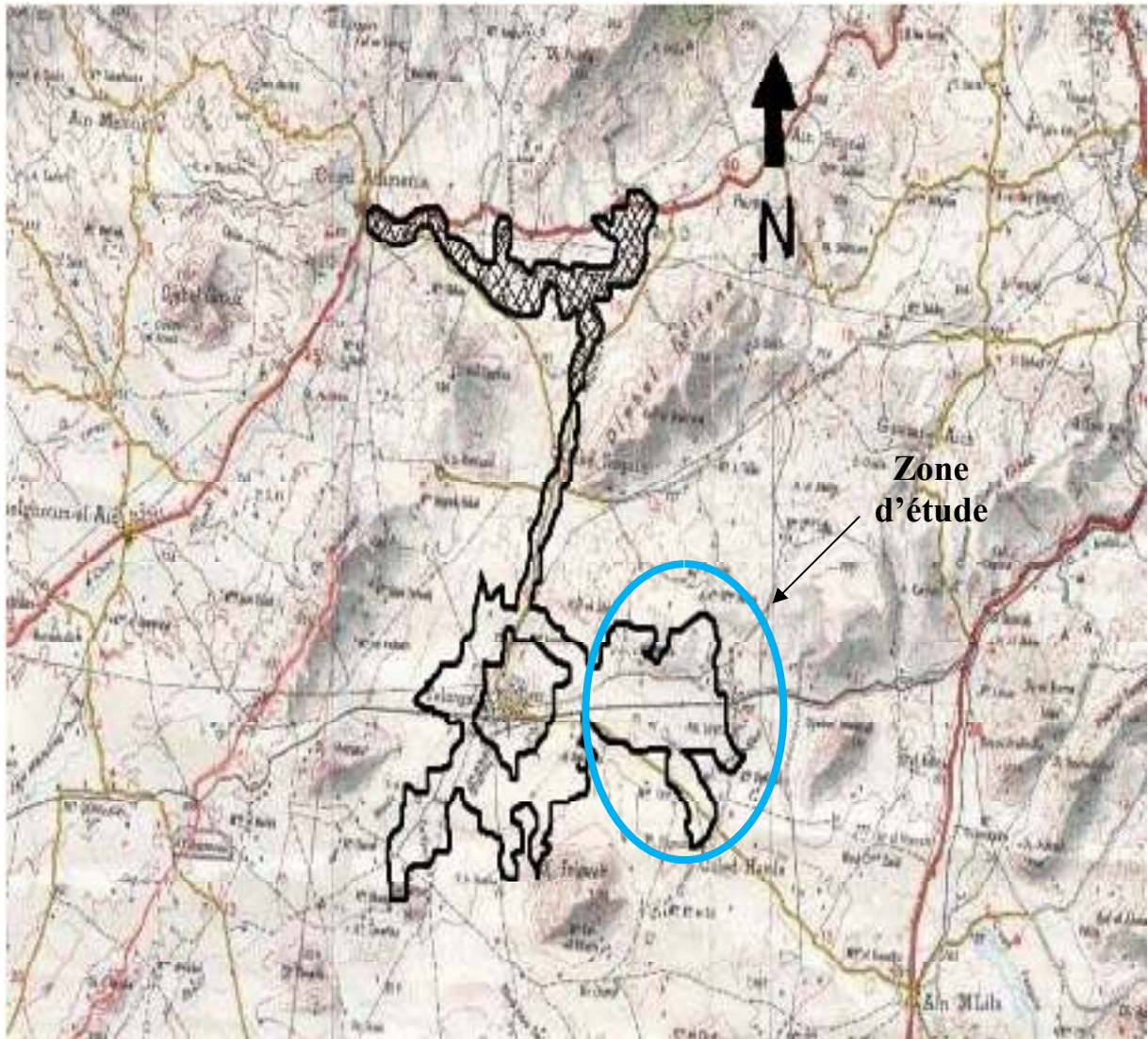
### **I.2.2 Situation géographique de la zone d'étude**

La partie sud du périmètre est également orientée de l'ouest à l'est et se trouve dans les vallées des oueds El Rhedir et oued Mekhalfa. Au niveau de la confluence de ces oueds se trouve la ville de Teleghma.

Les parties nord et sud du périmètre sont reliées par la partie centrale située dans la vallée de l'Oued Seguin.

La zone d'étude se trouve dans la haute plaine entre les chaînes montagneuses de l'Atlas Tellien et l'Atlas Saharien. Les terres aptes à l'irrigation sont serrées entre les monts et les collines ayant les pentes du relief empêchant la pratique de l'irrigation sans causer de l'effet négatif sur l'environnement. La zone d'étude être divisée approximativement en trois parties: nord, centrale et sud.

La voie ferrée traverse la zone d'étude dans la direction longitudinale. Les localités principales se trouvant dans la zone de projet sont : Oued Athmania, Oued Seguin, Teleghma, M'Chira, Oued Hamla qui sont les chefs-lieux des communes homonymes. Il est noté aussi, que la ville et la commune d'Oued Hamla entrent administrativement à la wilaya d'Oum El Bouaghi. Les autres l'étant à la wilaya de Mila. La ville de Téléghma est localisée au centre du périmètre d'irrigation.



**Ech:1/50000**

**Fig(I.1) : Situation géographique 1/50000**

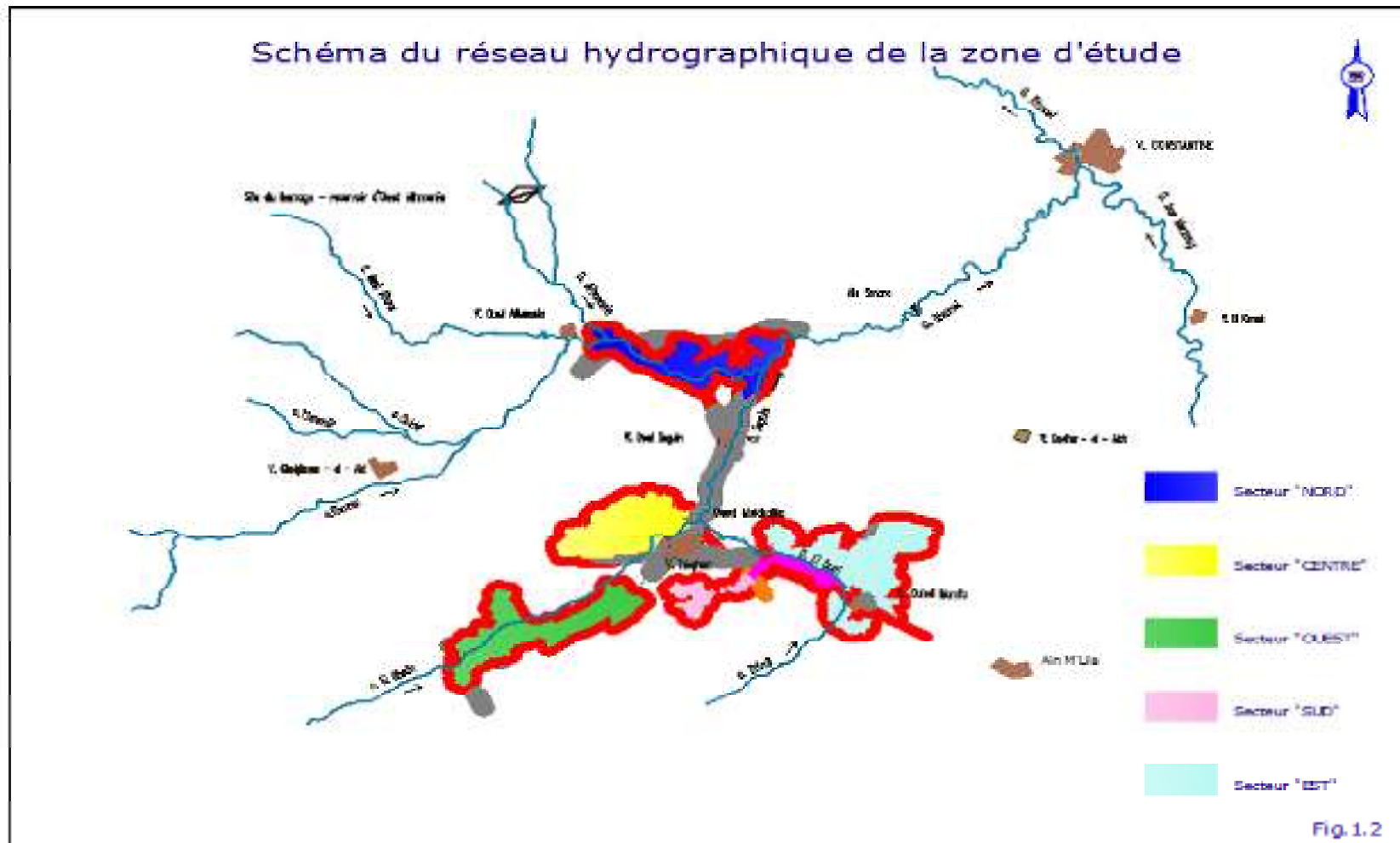


Fig. I.2 : Schéma du réseau hydrographique de la zone d'étude

## I.2. Climatologique

Les conditions climatiques de la zone d'étude sont formées sous l'influence des masses d'air du Sahara avec son climat sec et chaud et celles de la Méditerranée avec un climat plus tempéré et plus humide.

### I.2.1. La pluviométrie

Le minimum de précipitations est enregistré en juillet et le maximum en décembre. La répartition des précipitations à l'intérieur de l'année est caractérisée par la présence de deux périodes : humide (novembre – avril) pendant laquelle il tombe 70 % de précipitations annuelles et sèche (Juillet – Août) dont la quantité ne dépasse pas les 8 % de précipitations annuelles.

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

**Tableau. I.2 :** Répartition mensuelle moyenne des précipitations de la station de Fourchi (1985-2009)

Dénomination	Mois												Année Total
	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	
Précipitations (mm)	45	27	32	43	39	28	40	40	45	23	11	17	<b>388</b>

Source : Office Nationale d'irrigation et de drainage (ONID) Alger

### II.2.2. Température de l'air

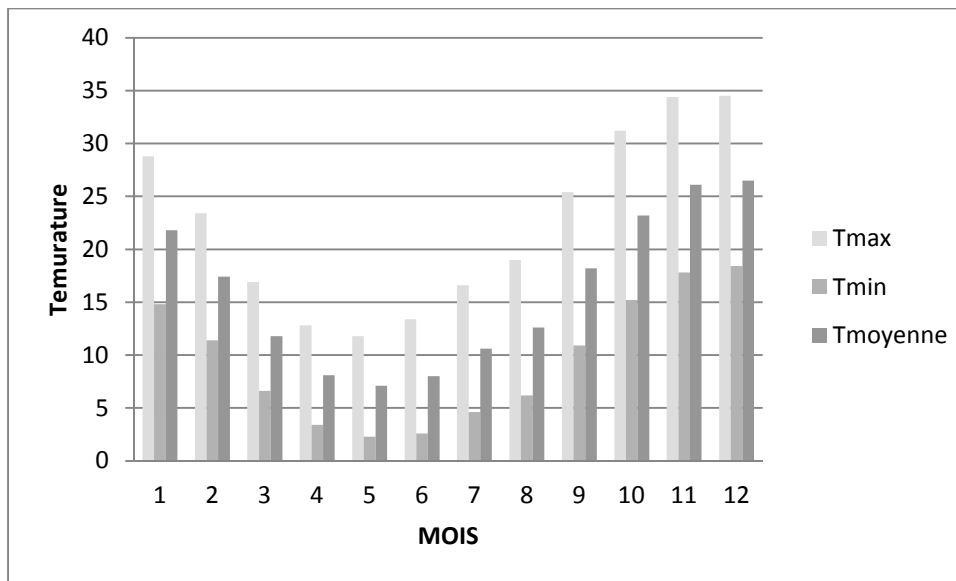
Le régime de température dans la région du périmètre de l'irrigation Teleghma, se caractérise par un été sec et très chaud et un hiver froid et humide.

Les températures d'air moyennes et extrêmes moyennes, mensuelles dans la région étudiée, sont présentées dans le tableau ci-après.

**Tableau. I.3 :** Répartition mensuelle des  $T_{max}$  et  $T_{min}$  à la station à la station de Constantine (1994-2003)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	année
$T_{max}$	28,8	23,4	16,9	12,8	11,8	13,4	16,6	19,0	25,4	31,2	34,4	34,5	22.35
$T_{min}$	14,8	11,4	6,6	3,4	2,3	2,6	4,6	6,2	10,9	15,2	17,8	18,4	9.52
Moyenne	21,8	17,4	11,8	8,1	7,1	8,0	10,6	12,6	18,2	23,2	26,1	26,5	15.95

Source : Office Nationale d'irrigation et de drainage (ONID) Alger



**Fig. I.3 :** Répartition mensuelle de la température à la de station de Constantine (Période : 1994-2003)

Le régime de la température est caractérisé par un été sec et chaud et un hiver relativement doux. La température moyenne annuelle est de 16 °C. En été, la température moyenne mensuelle varie de 23 °C à 27 °C, les maxima absolus étant entre 25 °C et 35°C. Août est le mois le plus chaud.

En hiver, la température moyenne mensuelle varie de 7 °C à 8 °C, les maxima absolus étant entre 12°C et 17°C et minima absolus étant entre 2 °C et 5 °C. Janvier est le mois le plus froid.

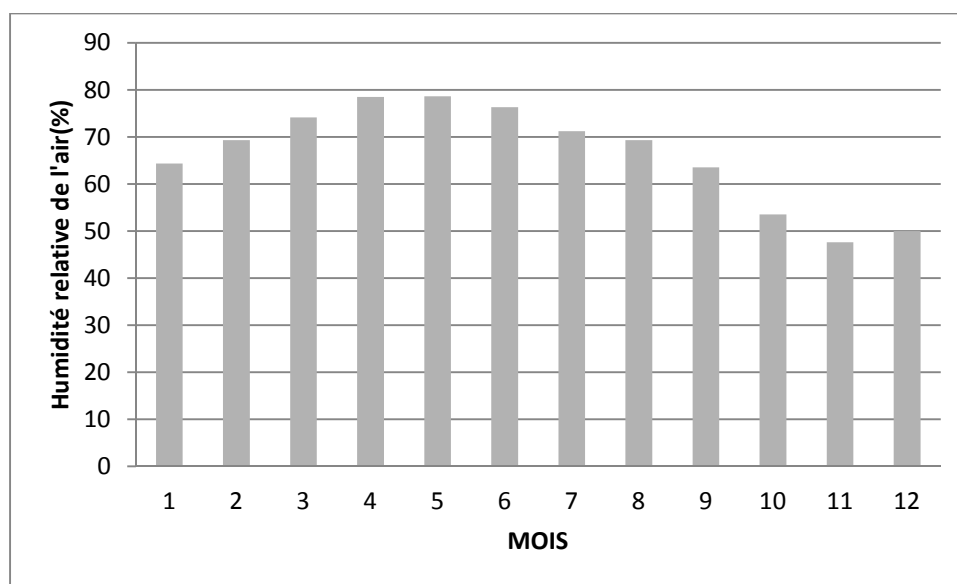
### II.2.3. Humidité relative

L’humidité relative de l’air est un élément de cycle hydrologique qui contrôle l’évaporation du sol et la couverture végétale. Les valeurs de l’humidité relative sont reportées dans le tableau suivant.

**Tableau. I.4 :** Humidité moyenne mensuelle à la station climatique de Constantine

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Année
<b>Humidité relative de l’air (%)</b>	64.3	69.3	74.1	78.5	78.6	76	71	69.3	64	54	48	50	<b>66.4</b>

Source : ANRH (Constantine)



**Fig. I.4 :** Répartition moyenne mensuelle de l'humidité relative

Les valeurs minimales se produisent en Juillet-Août et les maximales généralement en Décembre et Janvier.

Le mois le plus sec est juillet dont l'humidité relative moyenne est de l'ordre de 48 %, les mois les plus humides étant décembre et janvier dont l'humidité relative moyenne varie dans les limites de 78-79 %.

Dans la région envisagée, l'humidité relative moyenne mensuelle varie dans les limites de 47-54 % au cours de la saison chaude et de 76-79 % au cours de la saison froide. Ainsi, le climat y est tempéré humide de novembre à mars, très sec de juin à août et sec tempéré le reste de l'année.

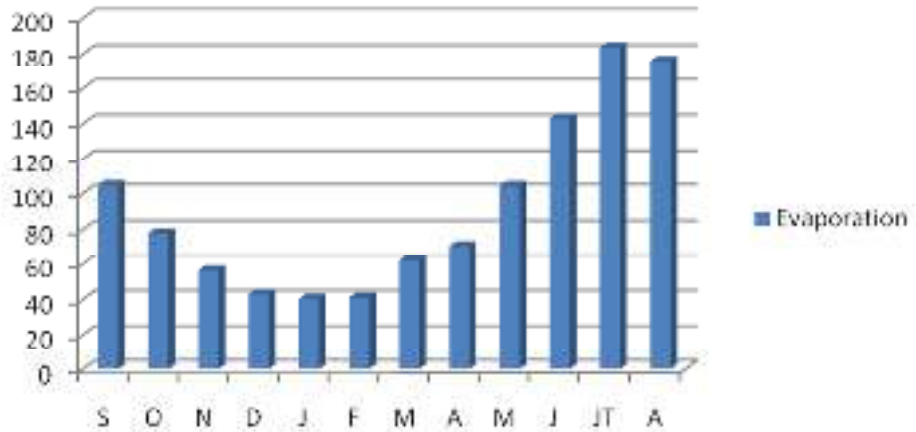
#### I.2.4. Evaporation

Les valeurs de l'évaporation du plan d'eau libre sont adoptées d'après les données des données d'observation mesurées sous abri avec l'évaporomètre PICHE au niveau de la station météorologique de Constantine. Elles sont données par le tableau ci-dessous.

**Tableau. I.5 :** Evaporation mensuelle et annuelle à la station climatique de Constantine

		S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JT	A	Total
<b>Evaporation</b>	mm	104.7	77.9	56.4	42.9	40.1	41	61.9	70.6	104.3	143	183.7	175.9	<b>1102.5</b>
	%	9.55	7.07	5.12	3.89	3.64	3.72	5.61	6.4	9.46	12.97	16.66	15.96	<b>100</b>

Source : ANRH (Constantine)



**Fig. I.5 :** Répartition moyenne mensuelle de l'évaporation

L'examen du tableau montre que l'évaporation est importante durant les mois de mai à septembre correspond à un volume évaporé de 64.54 % et faible du mois de novembre à mars où le volume évaporé est de 21.98 %.

Les valeurs moyennes minimales et maximales de la tension de vapeur d'eau se situent respectivement en mois de février et au mois d'août.

### II.2.5. Le vent

Le vent se détermine par sa vitesse et sa direction. C'est l'un des éléments les plus caractéristiques du climat, car il favorise l'évapotranspiration. Son étude nous semble nécessaire pour l'orientation et l'implantation des brises vents.

La fréquence moyenne inter-annuelle des vents par leur direction de la station de Constantine figure dans le tableau suivant.

**Tableau. I.6 :** Distribution fréquentielle du vent à la station de Constantine (1994-2003)

Direction du vent	N	N-E	E	S-E	S	S-W	W	N-W	Vent calme	Total
Pourcentage par direction	11.68	2.55	2.40	3.06	4.64	8.13	10.23	13.82	43.39	100

Source : ANRH (Constantine)

### II.2.5.1. Les vitesses moyennes mensuelles du vent

Selon les données de la station expérimentale de Hamma Bouziane sont récapitulées au tableau. I.7.

**Tableau. I.7 :** Vitesse de vent à la station climatique de Hamma Bouziane

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Année
Vitesse du vent (m/s)	1.2	1.5	1.5	1.7	1.7	1.7	1.7	1.6	1.3	1.2	1.1	1.1	1.4

Source : ANRH (Constantine)

La vitesse moyenne annuelle du vent est de 1,4 m/s. La vitesse moyenne mensuelle minimale du vent est de 1,1 m/s (juillet-août), la vitesse moyenne mensuelle maximale du vent est de 1,7 m/s (décembre-mars).

### II.2.6. Sirocco

Les vents nommés « sirocco » peuvent être observés à tout mois de l'année. Le nombre moyen mensuel de jours avec sirocco, selon les données de la station météo de Constantine, figure au tableau. I.8.

**Tableau. I.8 :** Nombre moyen mensuel des jours du sirocco à la station climatique de Constantine

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Année
Nombre de jours avec sirocco	2.6	1	1.1	0.1	0.1	0.5	1.1	1.8	1.9	1.2	3.8	6	24

Source : ANRH (Constantine)

Le nombre maximum de jours avec sirocco est enregistré en juin-septembre. En moyenne, au cours de l'année il est observé 24 jours avec sirocco.



### II.2.7. Insolation

Les valeurs maximales de l'ensoleillement sont observées au mois de juin et juillet. La durée d'ensoleillement descend à un minimum en décembre. Cette diminution est liée à la nébulosité pendant l'hivernage.

**Tableau. I.9 :** Distribution fréquentielle de la durée d'insolation totale (en heure)  
(Période 1994-2003)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A	moy
Station Constantine	243.7	223.9	168.7	159.4	157.07	185.9	238.6	250.9	289.3	318.4	350.9	295.2	<b>240.2</b>

Source : ANRH (Constantine)

L'examen de ce tableau montre que la durée d'insolation est importante durant les mois de mars à octobre et moins importante du mois de novembre à février.

### II.2.8. Gelée blanche

La gelée blanche est nuisible pour les cultures et peut causer des dégâts mécaniques et biochimiques vis à vis des rendements agricoles.

Le nombre moyen mensuel de jours avec les températures négatives (gèle) fourni par la station expérimentale de Hamma Bouziane (Constantine).

**Tableau. I.10 :** Nombre moyen mensuel de jours de gèle à la station  
de Hamma Bouziane

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Année
Nombre de jours avec gèle	-	-	0,7	1,8	3,4	2,0	1,5	0,1	-	-	-	-	9,5

Source : Office Nationale d'irrigation et de drainage (ONID) Alger

### II.2.9. La Neige

Le nombre moyen mensuel de jours avec de la neige tombante et avec une couche de neige, selon les données de la station météo de Constantine), figure au tableau I.11.

**Tableau. I.11 :** Nombre moyen mensuel de jours de la neige  
à la station de Constantine

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Année
Nombre de jours avec de la neige	0	0	0.6	0.4	1.7	2	1	0.7	0	0	0	0	6.4
Nombre de jours avec une couche de neige	0	0	0.3	0	1	0.8	0.3	0.3	0	0	0	0	2.7

Source : Office Nationale d'irrigation et de drainage (ONID) Alger

La neige peut tomber en période novembre – avril. Le plus souvent elle est observée en février et la couche de neige tient le plus longtemps en janvier. Le nombre moyen de jours avec de la neige tombante est de 6,4 jours par an et celui avec une couche de neige est de 2,7 jours par an.

#### II.2.10. Classification du climat

D'après l'indice d'aridité MARTONNE ( $I_A$ ) :

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

Avec p: précipitation annuelle en mm.  $\Rightarrow$  p = 330,00 mm

T: Température moyenne en (°c).  $\Rightarrow$  T = 15,95 °c

$$\text{AN: } I_A = \frac{P}{T + 10} = \frac{330 .00}{15 .95 + 10} = 12 .71$$

**Tableau. I.12 :** Classification du climat

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

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

**\* Quotient pluviométrique D'Emberger**

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

$$Q = \frac{1000 P}{\frac{M+m}{2}(M-m)}$$

Où

Q : coefficient pluviométrique d'EMBERGER.

P : précipitation moyenne annuelle en (mm).

M : moyenne des maximas du mois le plus chaud (en °K).

m : moyenne des minimas du mois le plus froid (en °K).

Pour:

$$P = 330 \text{ mm} ; \quad M = 22.35 \text{ °C} ; \quad m = 9.52 \text{ °C}$$

D'où  $Q = 89.02$

En portant la valeur de (Q) dans le diagramme bioclimatique d'EMBERGER, et en fonction de la température moyenne minimale du mois le plus froid, on peut confirmer que notre

D'après le diagramme bioclimatique notre région se trouve :

- L'étage bioclimatique : Semi Aride
- Sous étage : Hiver tempéré.
- Et on se référant au diagramme bioclimatique la valeur de Q situe notre zone d'étude.

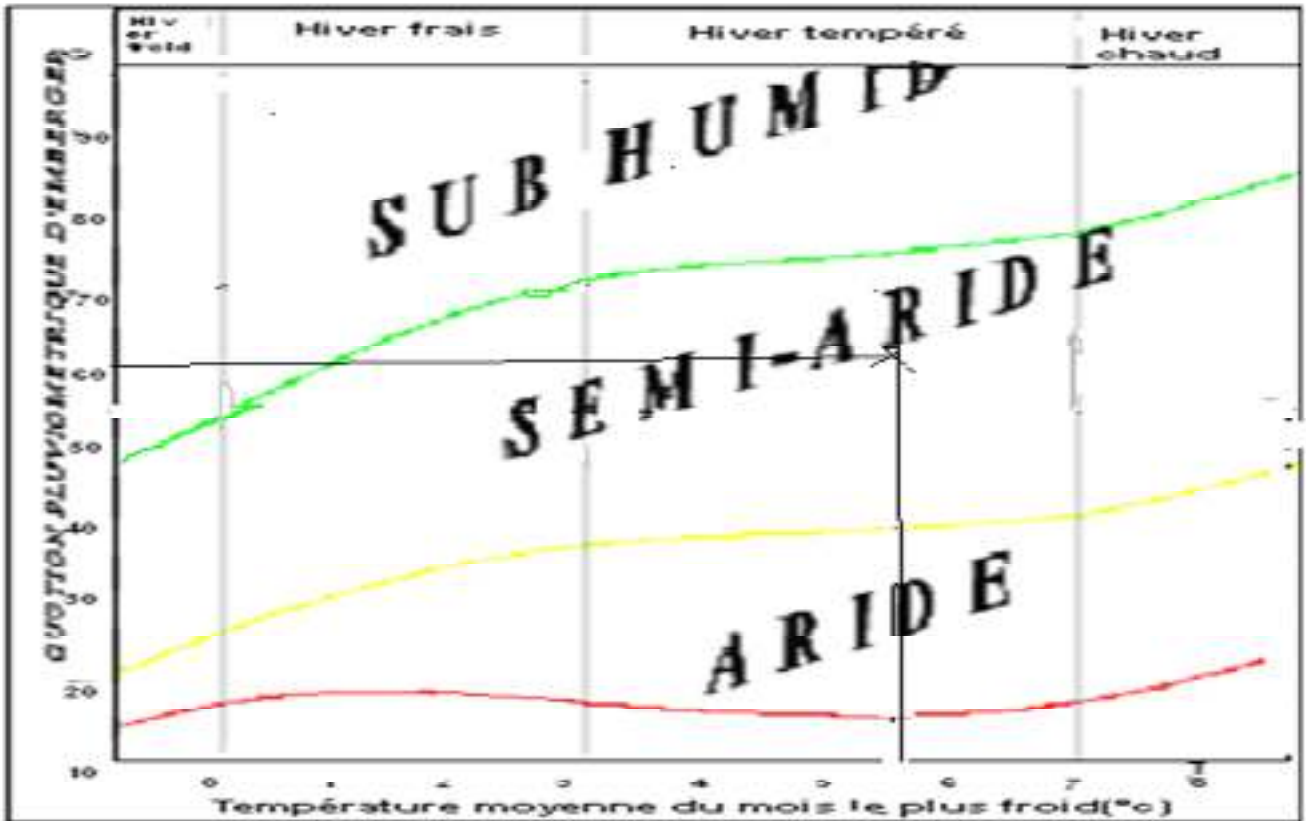


Fig. I.6 : Diagramme bioclimatique

### II.2.11. Diagramme ombrothermique de Gaussen

Le graphe est construit en mettant en abscisse les mois et en ordonné les valeurs moyennes mensuelles des températures et des pluies.

Lorsque la courbe des températures dépasse celle des précipitations, il y'a sécheresse totale, cette période d'après le graphe:

Une période sèche qui dure 3 mois allant du mois de juin jusqu'au moi de aout, et une période humide qui dure 6 mois allant du mois d'Avril jusqu'au mois de Novembre.

On remarque qu'au mois de Mars il y a un déficit important en pluviométrie

Tableau. I.13 : Valeurs moyennes mensuelles des températures et des pluies

	Mois											
	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JU	A
Pmoy	22	28	32	45	43	39	36	32	28	13	4	8
T°moy	21,8	17,4	11,8	8,1	7,1	8,0	10,6	12,6	18,2	23,2	26,1	26,5

Source : Office Nationale d'irrigation et de drainage (ONID) Alger

Dans notre cas, l'irrigation est indispensable à partir de la fin du mois d'avril jusqu'à le début du mois d'octobre comme le montré la figure I.7.

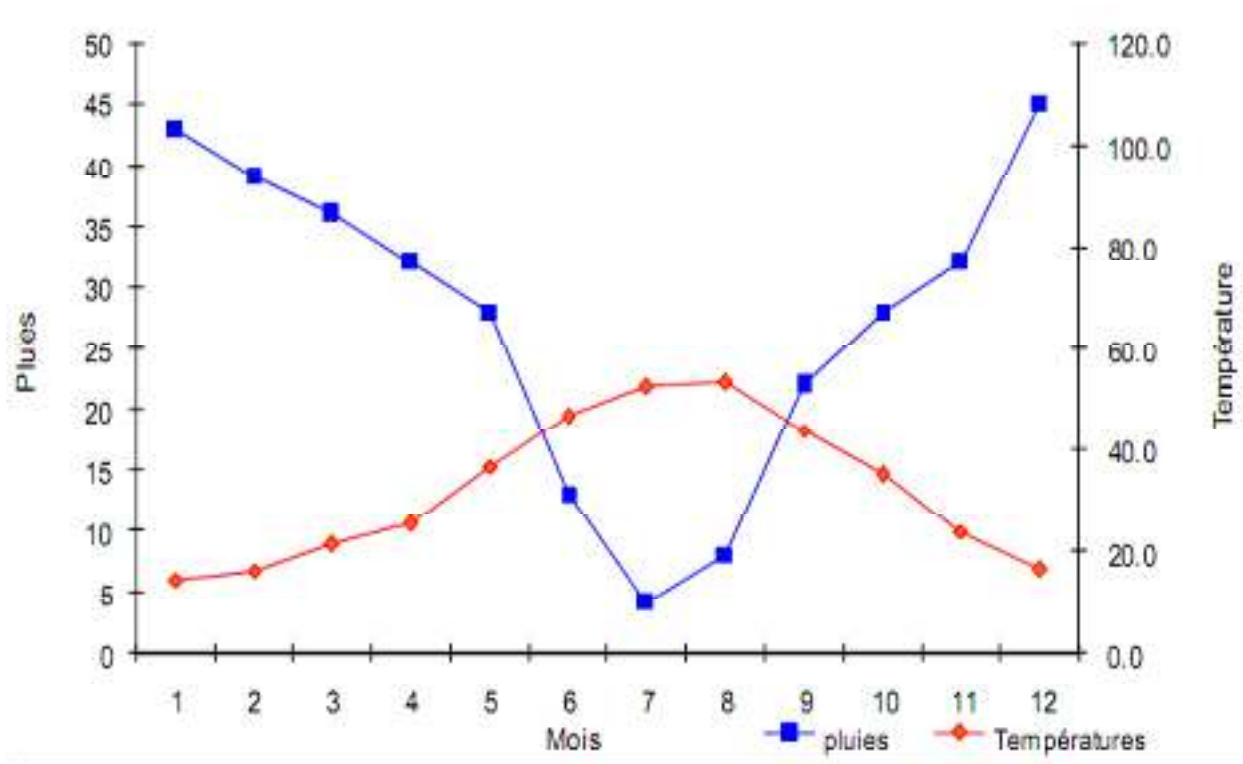


Fig. I.7 : Diagramme Ombrothermique de Gaussen

### III.3. Géologie

#### III.3.1. Conditions géologiques

L'ensemble des formatons géologiques au niveau du périmètre constituent des dépôts continentaux du Néogène (Miocène supérieur, Pliocène, Villafranchien) et dépôts alluvionnaires du Quaternaire.

Les dépôts continentaux du Néogène constituent les matériaux de remblaiement des anciennes dépressions topographiques. Ils correspondent à une période de forte érosion qui nivela sensiblement les reliefs par usure des montagnes « primaires » (régions anticlinales) et comblement des vallées primaires (régions synclinales).

Le Miocène supérieur affleure au Nord de Oued Athménia (longeant à peu près la Route nationale Oued Athménia – Mila), constitue à la base une série de marnes grises à intercalations dans la partie inférieure quelques bancs de grès calcaires, au sommet ce sont des calcaires.

A environ 7 Km à l'Est de Oued Athménia, sur la rive droite de Oued Rhumel, le Miocène supérieur constitue un affleurement d'environ 2 Km qui consiste en couches marneuses gris-noirs alternant avec des bancs de calcaires concrétionnés.

### **III.3.1.1. Pliocène-Villafranchien**

Le Pliocène–Villafranchien occupe de grandes surfaces constituées par différents faciès :

Au Nord de la route nationale n°5 (Oued Athmenia – Constantine), on distingue deux faciès :

Marnes ou argiles rouges et croûtes calcaires, calcaires lacustres qui occupent en général des reliefs mous.

Calcaires lacustres et croûtes calcaires plus récentes

Au niveau de la vallée d'Oued Seguin, on distingue :

Argiles rouges dominantes avec grès et sables sur la rive gauche en aval du village Oued Seguin.

Conglomérats et argiles rouges de piedmont sur la rive droite.

A l'amont du village Oued Seguin, ce sont des calcaires lacustres, marnes ou argiles avec croûtes calcaires.

Au niveau de la plaine Ain Mlila–Teleghma, le Pliocène–Villafranchien, constitue des conglomérats rougeâtres et marnes rougeâtres passant latéralement en s'éloignant des reliefs à des marnes rouges avec calcaires marneux.

### **I.3.1.2. Dépôts quaternaires**

Les dépôts quaternaires constituent les alluvions actuelles et récentes et alluvions Caillouteuses des plateaux.

Les alluvions actuelles et récentes sont plus importantes au niveau d'Oued Rhumel où elles atteignent en certains endroits une largeur de 1,5 Km.

Les alluvions caillouteuses des plateaux sont d'affleurements restreints qui constituent des Cailloux roulés, conglomérats et graviers.

### I.3.2. Conditions hydrogéologiques

Concernant les nappes aquifères au niveau du périmètre d'irrigation, on distingue deux nappes :

- Au Nord, la nappe alluviale d'Oued Athmania au niveau d'Oued Rhumel.
- La nappe Mio-Pliocène au Sud au niveau de la plaine Ouled Hamla-Teleghma qui est de grande extension. Actuellement, elle est exploitée pour l'irrigation avec quelques forages pour l'alimentation en eau potable de Teleghma.

### I.4. Les ressource en eau

Le périmètre d'irrigation de Teleghma sera alimenté par les apports régularisés du bassin de l'Oued El Kebir et accumulés par les retenues Bou Siaba et Beni-Haroun. Le système de transfert d'eau à partir de la retenue Beni-Haroun est destiné à l'alimentation en eau de 6 wilayas situées en majeure partie au sud de la retenue: Batna, Khenchela, Mila, Oum El Bouaghi, Constantine et Jijel (la région d'El Milia).

Le système de transfert d'eau comprend :

- ✓ retenue Bou Siaba ;
- ✓ retenue Beni-Haroun ;
- ✓ retenue intermédiaire El Athmenia ;
- ✓ retenue intermédiaire Talizardane ;
- ✓ retenue intermédiaire Koudiat Medaour ;
- ✓ conduites de transfert et d'amenée d'eau.

#### ➤ Barrage de Beni-Haroun

Le système de transfert d'eau à partir de la retenue Beni-Haroun est destiné à la satisfaction des besoins de l'alimentation en eau potable, industrielle et d'irrigation.

Le barrage Beni-Haroun se trouve sur l'oued El Kebir à 3 km en aval de la confluence des oueds Rhumel et Endja. La retenue Beni-Haroun, en plus d'accumulation et de régularisation des apports est destinée à l'écrêtement de crues exceptionnelles.

D'après le projet du barrage Beni-Haroun, pour l'irrigation du périmètre Teleghma l'eau sera prise en volume de  $504 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  par an et transférée dans la retenue intermédiaire El Athmenia. Le volume total alloué à l'irrigation est de  $69,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  par an.

La retenue intermédiaire El Athmenia se trouve au sud de la wilaya de Mila, dans le cours amont de l'Oued El Athmenia sur son affluent de la rive droite –l'oued El Kaim, juste près de la partie nord-ouest du périmètre d'irrigation. Le volume total de la retenue est  $33,6 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ , la superficie du plan d'eau au niveau normal est de 270 ha.

**Tableau. I.14 :** Caractéristiques du barrage de Beni Haroun

Barrage		
Type de barrage		Barrage poids en BCR
Cote de la crête du barrage	NGA	216,6
Longueur de la crête du barrage	M	710
Largeur de la crête du barrage	M	8
Hauteur maximale sur TN / sur fondation	M	120
Fruit du parement amont Vertical		Vertical
Fruit du parement aval		0,8 H / 1V
Volume dont :	m3	1.206.000
• Béton compacté au rouleau		148 200
• Béton conventionnel		330.000



**Fig. I.8 :** Barrage de Beni-Haroun



➤ **Réservoir d'Oued El Athmania**

La retenue intermédiaire El Athmenia se trouve au sud de la wilaya de Mila, dans le cours amont de l'Oued El Athmenia sur son affluent de la rive droite qui est l'Oued El Kaim, dans la partie nord- ouest du périmètre d'irrigation. Le volume total de la retenue est de 33,6 M.de m<sup>3</sup>, la superficie du plan d'eau au niveau normal est de 270 ha.

D'après le projet du barrage Beni-Haroun, les eaux seront allouées aux usagers et réparties dans les proportions suivantes:

- Alimentation en eau potable et industrie : 50 %.
- irrigation 50 %.

On prévoit les déficits admissibles suivants:

- Pour l'irrigation : en temps de 10 %, en volume de 5 %. Il en suit que sur le périmètre d'irrigation de Teleghma dans les conditions habituelles il sera amené à partir de la retenue d'El Athmenia les volumes d'eau suivants :

**Tableau. I.15 : Volume d'eau pour irrigation**

Volume Pour irrigation mln.de m <sup>3</sup>	Mois												Année
	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	
	6,26	5,56	5,56	5,56	5,56	5,56	5,56	5,56	5,56	6,26	6,26	6,26	69,5

Source : Agence Nationale des Barrages et des Transferts



**Fig. I.19 : Réservoir d'oued El Athmenia**

### **Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons traité les principaux données qui nous aiderons à connaître la nature du climat de la zone d'étude, et on a déterminé les paramètres de calculs des besoins en eaux du périmètre.

***CHAPITRE II:***  
***ETUDE HYDROLOGIQUE***

## Introduction

Le présent chapitre a pour but de déterminer les caractéristiques des pluies de fréquences données, qui conditionnent l'étude de notre projet d'aménagement hydro-agricole, tels que :

- Le calcul des besoins des cultures a projetées dans le périmètre.
- Le dimensionnement de réseau de distribution.

### II.1. Réseau pluviométrique

La région d'étude dispose d'une station pluviométrique gérée par l'Agence Nationale des Ressources Hydriques (ANRH).

Le tableau II-1, décrit ci-dessous, nous indique la position de cette station, et la figure II.1 montre sa répartition spatiale.

**Tableau. II.1 :** Caractéristiques de la station pluviométrique de Fourchi

Nom de la station	Code	Coordonnées en Lambert		Altitude (m)	Période d'observation	Nombre d'années observées
		X (Km)	Y (Km)			
FOURHI	100511	849.85	346.60	775	1985-2009	25

### II.2. Choix de la station représentative de la zone d'étude

Notre choix se pose sur la station pluviométrique de Fourch. Cela, étant lié à une série de facteurs tel que :

- La localisation géographique, celle-ci étant très proche au périmètre.
- Les relevés de la station s'étalent sur une période d'observation acceptable (25 ans d'observations).
- L'altitude de la station pluviométrique à une valeur proche de l'altitude moyenne de la zone d'étude.

La série des précipitations moyennes mensuelles de la station pluviométrique de Fourch est donnée dans le tableau ci-après.

**Tableau. II.2 :** Pluies moyennes mensuelles observées à la station de FOURCHI (100511)

	<b>Sept</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Déc</b>	<b>Jan</b>	<b>Fév</b>	<b>Mars</b>	<b>Avr</b>	<b>Mai</b>	<b>Juin</b>	<b>Juil</b>	<b>Aout</b>	<b>annuel</b>
1985	33.9	16	20	20.6	23.5	10.5	77.3	21.7	32.9	1.8	3	12	273.2
1986	108.1	20.8	34.6	36.1	18.3	67.1	46.9	16.4	48.5	2.7	18.2	2.7	420.4
1987	6.9	15.7	25.8	9.2	22	26.6	27.4	25.2	43.6	44.8	4.6	3.5	255.3
1988	14.8	4	22.3	70.6	16.5	30	22.8	41.1	11.9	47	17.5	9.2	307
1989	50.1	33.5	1.6	7.1	47	26	21.7	34.7	25	16	10.5	9.2	282.4
1990	33.4	3	65.4	41.5	10.1	20.5	71.9	60.4	77.4	8.9	10	1.6	404.1
1991	29	80	17.5	15.2	34.1	43	70.7	67.5	79.1	7	15.3	5	463.4
1992	10.5	6.5	79.7	125.6	23.6	36.6	35.7	9	39.4	13.6	15	10	405.2
1993	5	11.5	9.3	81.2	32.5	20.3	13.2	31.4	14.4	0	0	6	224.8
1994	30.2	72.3	4.5	23	85	9	52.5	15.5	11.8	62	0	4	369.8
1995	188.7	37	32	22	122	136	46	58	66	35	34	15	791.7
1996	8	9	2.5	12	30.2	10	34	40.3	6	26.5	4	4.5	187
1997	35.6	50.8	72.6	50.2	3.3	23.9	28	47.8	48.7	23	0.6	17.7	402.2
1998	69	23.5	94	24	43.2	9.5	17	26	8	33.6	2.7	25.9	376.4
1999	55	12	17.8	18	7.6	5	15	13.7	87	39	0	44	314.1
2000	46.5	19.5	10.1	45.1	50.5	10.5	12	36.5	36	0	0	4	270.7
2001	122	27	18	13.5	14	33.3	41	29	103	12	28	102.4	543.2
2002	30.5	43	131	81	150.5	37	59	74.5	45.5	36.5	14	9	711.5
2003	29.5	49.5	15	60.5	43.6	5	71.4	37.6	102.7	89.9	6.8	30.5	542
2004	8	23.8	86	153	41.5	51.7	23.1	35	9	17.5	17.5	0	466.1
2005	3.2	9	4	41.5	48.3	37.5	17.5	24	58.5	6.5	15.8	0	265.8
2006	21.8	16.5	6.5	52.1	11	11	55	111.3	24.3	8.6	1	4	323.1
2007	84.8	17.2	9	54.2	6	13	69	6	75.5	0	49	71	454.7
2008	47.5	29.2	14.3	14	37	15.7	38.9	82.6	46.5	2.5	0	32.5	360.7
2009	53.5	34.2	5.5	9.8	43	10	33.5	50.5	28.4	15.7	1	7.7	292.8
<b>Pmoy</b>	<b>45.02</b>	<b>26.58</b>	<b>31.96</b>	<b>43.24</b>	<b>38.572</b>	<b>27.948</b>	<b>40.02</b>	<b>39.828</b>	<b>45.16</b>	<b>22.9</b>	<b>10.74</b>	<b>17.256</b>	<b>388.304</b>

Dans ce tableau on a relevé les précipitations pendant la période 1985-2009. On a remarqué que la répartition des précipitations est irrégulière et variable suivant les mois et les années. Ces pluies sont nettement insuffisantes pour les mois de juin, juillet et août. Elles sont moyennes au printemps et maximales en hiver.

L'étude de la série s'effectue à l'aide du logiciel (de l'hydrologie) **HydroLab**, ainsi que son diagramme de dispersion et son traitement. Il fait son ajustement aux lois théoriques (log normale et normale).

### II.3. Homogénéité de la série pluviométrique [1]

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 suivant:

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  $N_1 > N_2$

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

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

Avec :

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

$$W_x = |Rang|_x$$

$W_x$  : Somme des rangs de sous séries.

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

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

**Tableau. II.3 :** Détail du procédé du test d'homogénéité à la station de Fourchi code (100511)

Rang	Série d'origine	Séries-X (mm)	Série-Y (mm)	TRI (mm)	Y U X
1	273.2	270.7	273.2	791.7	Y
2	420.4	543.2	420.4	711.5	X
3	255.3	711.5	255.3	543.2	X
4	307	542	307	542	X
5	282.4	466.1	282.4	466.1	X
6	404.1	265.8	404.1	463.4	Y
7	463.4	323.1	463.4	454.7	X
8	405.2	454.7	405.2	420.4	Y
9	224.8	360.7	224.8	405.2	Y
10	369.8	292.8	369.8	404.1	Y
11	791.7		791.7	402.2	Y
12	187		187	376.4	Y
13	402.2		402.2	369.8	Y
14	376.4		376.4	360.7	X
15	314.1		314.1	323.1	X
16	270.7			314.1	Y
17	543.2			307	Y
18	711.5			292.8	X
19	542			282.4	Y
20	466.1			273.2	Y
21	265.8			270.7	X
22	323.1			265.8	X
23	454.7			255.3	Y
24	360.7			224.8	Y
25	292.8			187	Y

$$W_x = 197$$

$$W_{\min} = 95$$

$$W_{\max} = 295$$

$$95 < W_x < 295$$

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

## II.4. Etude de l'échantillon et choix du type de loi [1]

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.
- Loi de Galton ou loi log –Normale.
- Loi de Gumbel.

### II.4. 1. Traitement des données

La simulation des apports annuels avec le logiciel **Hydrolab** nous donne les résultats suivants :

#### ➤ Station de FOURCHI

Statistiques de base.

- Nombre d'observations : 25
- Minimum : 187
- Maximum : 791.7
- Moyenne : 388.3
- Ecart-type : 144
- Médiane : 388
- Coefficient de variation (Cv) : 0.371

### II.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.

#### II.4. 2.1. Ajustement à la loi de Gauss (loi Normale)

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

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

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



## CHAPITRE II : Etude hydrologique

Les résultats de l'ajustement de la série des pluies moyennes annuelles de la station de Fourchi sont regroupés dans le tableau .II.4 et la figure .II.1.

**Tableau. II.4 : Ajustement à la loi de Gauss (loi normale)**

Taille n =25      Moyenne=388.304

Ecart type=143.996845

I.C.à(en%)=80

U Gauss=1.2817

Valeurs de départ	Valeurs classées	Ordre de classement	Fréq expé	Variable réduite	Valeur expé	Valeur théorique	Borne inférieure	Borne supérieure
273.2	187	1	0.02	-2.054	187	92.507	15.152	149.765
420.4	224.8	2	0.06	-1.555	224.8	164.375	100.039	213.496
255.3	255.3	3	0.1	-1.282	255.3	203.739	145.959	248.979
307	265.8	4	0.14	-1.08	265.8	232.737	179.422	275.481
282.4	270.7	5	0.18	-0.915	270.7	256.509	206.569	297.494
404.1	273.2	6	0.22	-0.772	273.2	277.143	229.883	316.849
463.4	282.4	7	0.26	-0.643	282.4	295.711	250.638	334.492
405.2	292.8	8	0.3	-0.524	292.8	312.849	269.583	350.989
224.8	307	9	0.34	-0.412	307	328.974	287.204	366.712
369.8	314.1	10	0.38	-0.305	314.1	344.379	303.841	381.931
791.7	323.1	11	0.42	-0.202	323.1	359.286	319.748	396.853
187	360.7	12	0.46	-0.1	360.7	373.876	335.123	411.649
402.2	369.8	13	0.5	0	369.8	388.304	350.137	426.471
376.4	376.4	14	0.54	0.1	376.4	402.732	364.959	441.485
314.1	402.2	15	0.58	0.202	402.2	417.322	379.755	456.860
270.7	404.1	16	0.62	0.305	404.1	432.229	394.677	472.767
543.2	405.2	17	0.66	0.412	405.2	447.634	409.896	489.404
711.5	420.4	18	0.7	0.524	420.4	463.759	425.619	507.025
542	454.7	19	0.74	0.643	454.7	480.897	442.116	525.970
466.1	463.4	20	0.78	0.772	463.4	499.465	459.759	546.725
265.8	466.1	21	0.82	0.915	466.1	520.099	479.114	570.039
323.1	542	22	0.86	1.08	542	543.871	501.127	597.186
454.7	543.2	23	0.9	1.282	543.2	572.869	527.629	630.649
360.7	711.5	24	0.94	1.555	711.5	612.233	563.112	676.569
292.8	791.7	25	0.98	2.054	791.7	684.101	626.843	761.456

Fréquence	U.Gauss	Val.théo.	Borne inf.	Borne sup.	Valeur	Fréq. théo.	Pér. Ret.
0.2	-0,001	267.1369	218.6084	307.433	267.1369	0,000	0,1
0.5	0,000	388.304	350.137	426.471	388.304	0,001	0,2
0.8	0,001	509.4711	469.1754	558	509.4711	0,001	0,5

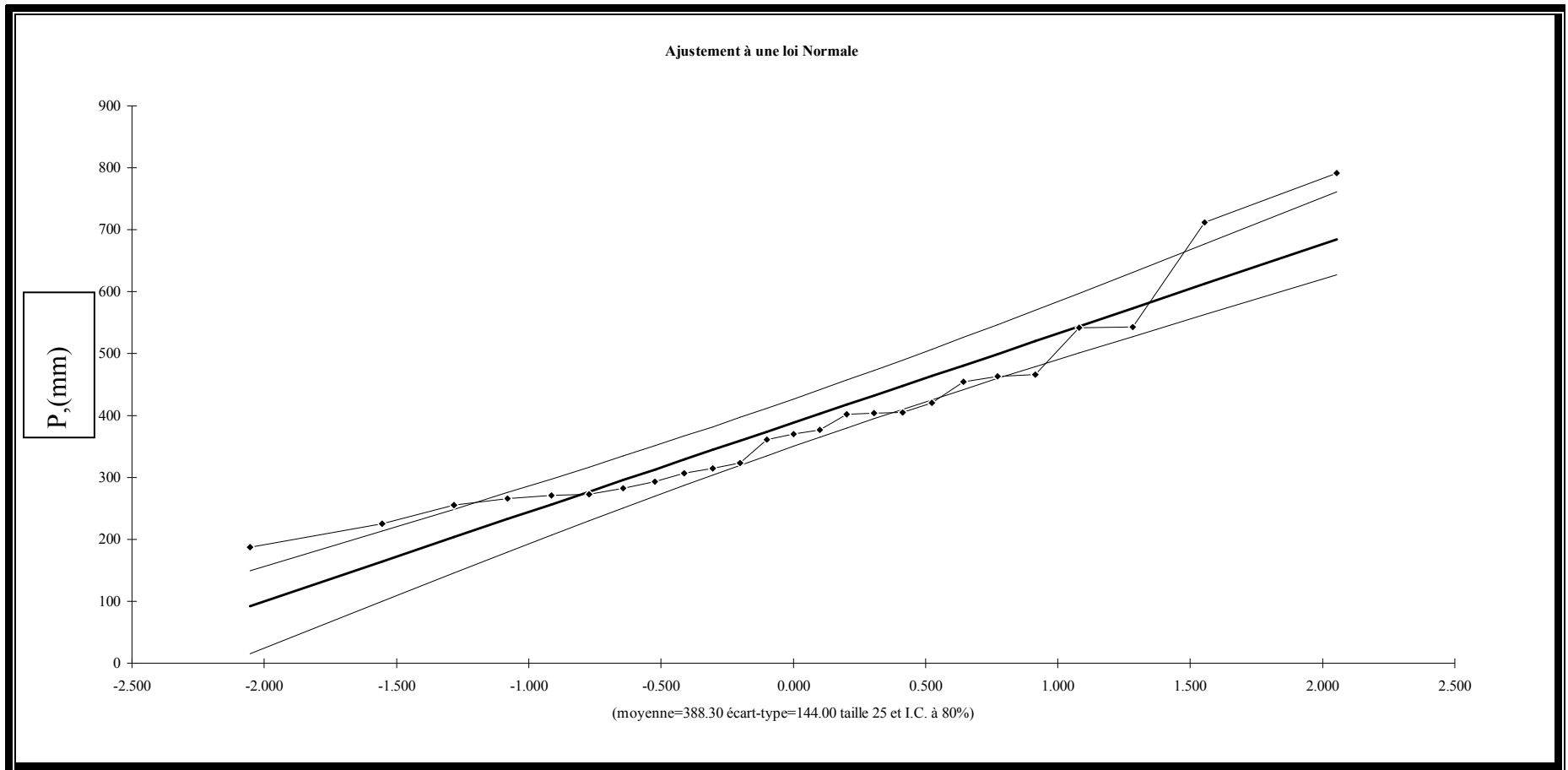


Fig. II.1. Ajustement à la loi normale de la station de Fourchi (Période 1985 – 2009)

**II.4.2.2. Ajustement à la loi de Galton (loi log-Normale)**

Les résultats de l'ajustement de la série des pluies moyennes annuelles de la station de Fourchi sont regroupés dans le tableau. II.5 et la figure. II.2.

**Tableau. II.5 :** Ajustement a la loi de Galton (loi Log-normale)

Taille n=25

Moy log(xx<sub>0</sub>)=2.563602

X<sub>0</sub>=0

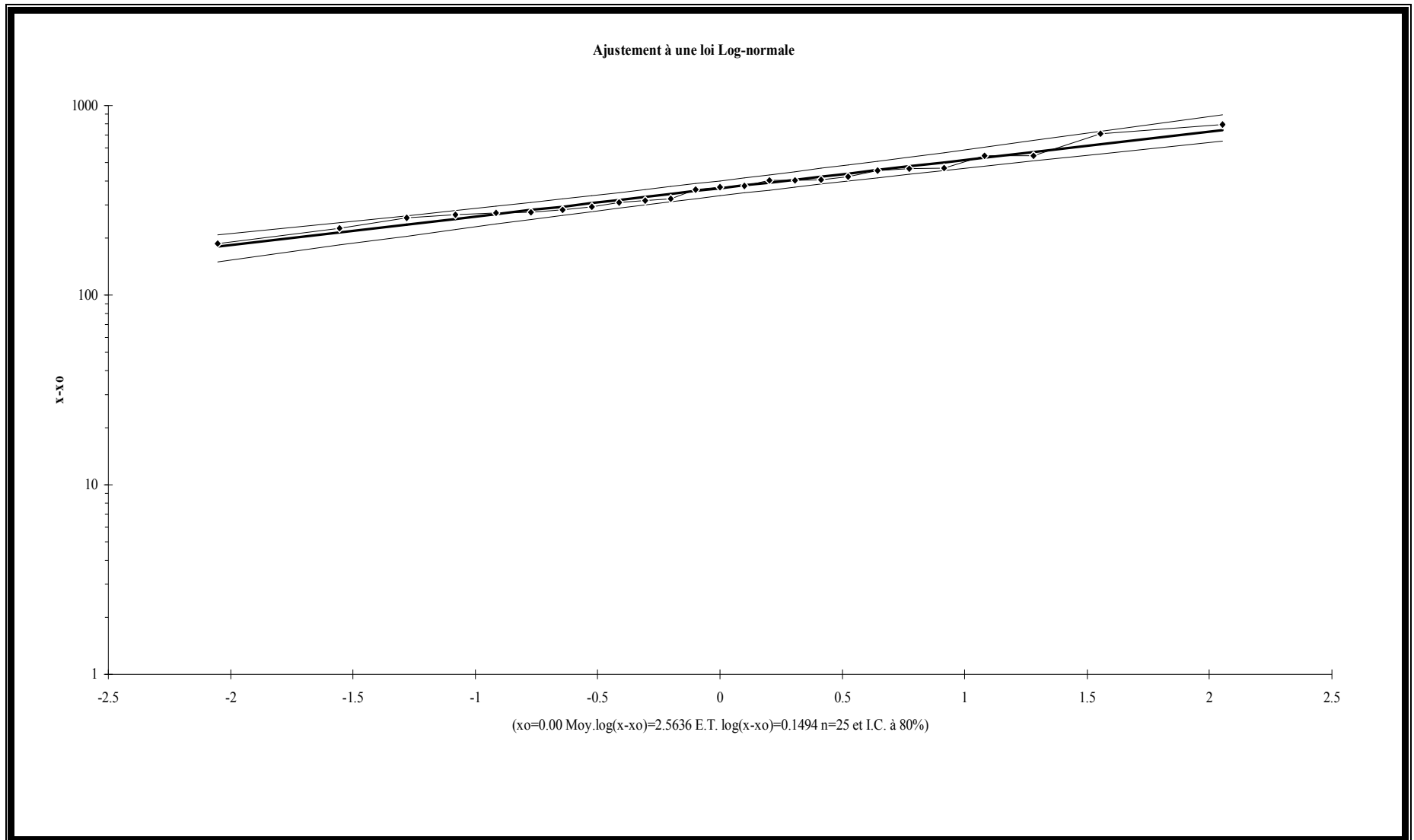
E.T.log(xx<sub>0</sub>)=0.1494418

I.C.à(en%)=80

U Gauss=1.282

Valeurs de départ	Valeurs classées	Ordre de classement	Fréquence exp	Variable réduite	Valeur exp	Valeur théorique	Borne inférieure	Borne supérieure
273.2	187	1	0.02	-2.054	187	180.56	150.086	207.035
420.4	224.8	2	0.06	-1.555	224.8	214.391	183.839	241.093
255.3	255.3	3	0.1	-1.282	255.3	235.537	205.161	262.428
307	265.8	4	0.14	-1.08	265.8	252.437	222.24	279.585
282.4	270.7	5	0.18	-0.915	270.7	267.193	237.135	294.686
404.1	273.2	6	0.22	-0.772	273.2	280.697	250.721	308.636
463.4	282.4	7	0.26	-0.643	282.4	293.433	263.47	321.926
405.2	292.8	8	0.3	-0.524	292.8	305.7	275.672	334.87
224.8	307	9	0.34	-0.412	307	317.709	287.528	347.692
369.8	314.1	10	0.38	-0.305	314.1	329.622	299.19	360.569
791.7	323.1	11	0.42	-0.202	323.1	341.576	310.781	373.658
187	360.7	12	0.46	-0.1	360.7	353.695	322.412	387.106
402.2	369.8	13	0.5	0	369.8	366.103	334.189	401.064
376.4	376.4	14	0.54	0.1	376.4	378.945	346.239	415.714
314.1	402.2	15	0.58	0.202	402.2	392.39	358.7	431.272
270.7	404.1	16	0.62	0.305	404.1	406.621	371.721	447.981
543.2	405.2	17	0.66	0.412	405.2	421.868	385.488	466.15
711.5	420.4	18	0.7	0.524	420.4	438.441	400.248	486.198
542	454.7	19	0.74	0.643	454.7	456.77	416.341	508.715
466.1	463.4	20	0.78	0.772	463.4	477.494	434.27	534.582
265.8	466.1	21	0.82	0.915	466.1	501.628	454.827	565.211
323.1	542	22	0.86	1.08	542	530.949	479.393	603.092
454.7	543.2	23	0.9	1.282	543.2	569.045	510.736	653.299
360.7	711.5	24	0.94	1.555	711.5	625.172	555.931	729.068
292.8	791.7	25	0.98	2.054	791.7	742.309	647.384	893.029

Fréquence	U de Gauss	Valeur théo.	Borne inf.	Borne sup.	Valeur	Fréq. théo.	Pér. Ret.
0.2	-0,001	274.0652786	244.0566	301.768202	274.065	0,000	0,1
0.5	0,000	366.1026724	334.1894	401.0635051	366.103	0,001	0,2
0.8	0,001	489.0482957	444.1527	549.1807294	489.048	0,001	0,5



**Fig. II.2. Ajustement à la loi log normale de la station de Fourchi (Période 1985 – 2009)**

### II.4.2.3. Test de validité d'un ajustement

La loi choisie pour ajuster la distribution statistique de l'échantillon, ne représente qu'approximativement l'échantillon étudié, l'erreur commise en adoptant une loi donnée est une erreur d'adéquation. Il convient par conséquent de comparer l'adéquation de ces lois afin d'adopter le meilleur ajustement. L'un des tests le plus employé, est le test du **Khi carré** « $\chi^2$ ».

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<sub>i</sub>** valeurs expérimentales. Le nombre **v<sub>i</sub>** 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 la 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 : pour la loi de Gambel et Gauss.

P=3 : pour la loi de Galton.

On recherche sur la table de Pearson la probabilité de dépassement correspondant au nombre de degrés de liberté, définie ci-dessous par  $\lambda$ .

Si cette probabilité est supérieure à 0,05, l'ajustement est satisfaisant.

#### II.4.2.3.1. Test de validité de l'ajustement à la loi Normale

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

➤ Station de FOURCHI

Test d'adéquation : **Loi Normale**.

**Résultats**

- Khi carré  $X^2 = 4.96$ .
- p-value  $p(x^2) = 0.2914$ .
- Degrés de liberté : 4.
- Nombre des classes : 7.

La probabilité donnée montre l'adaptation de la loi normale pour représenter la distribution fréquentielle des pluies moyennes annuelles de la station de Fourchi.

#### II.4.2.3.2. Test de validité d'ajustement à la loi log-Normale

➤ Station de FOURCHI

Test d'adéquation : **Loi log-Normale**.

**Résultats**

- Khi carré = 5,750.
- p-value  $p(x^2) = 0,2186$ .
- Degrés de liberté : 4.
- Nombre des classes : 7.

Le test de Khi carré et les Figure (II-I) ; (II-2) montrent que la loi log Normale présente une adéquation meilleure que la loi Normale (parce que le graphe il existe dans l'intervalle de confiance.

#### II.5. Détermination de l'année de calcul

Puisque la loi de Galton la plus adéquate, alors nous la retenons pour l'estimation de la pluviométrie moyenne annuelle représentative de la région.

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  $X_{80\%} = 290.4$  mm (Voir le tableau. II.6 ci- après).

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

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

**Tableau. II.6 :** Précipitation moyenne mensuelle de l'année de calcul

Année	sep	oct	nov	déc	jan	fév	mar	avr	mai	juin	juil	Août	total annuel
X <sub>80%</sub> (mm)	33.67	19.88	23.9	32.34	28.85	20.91	29.93	29.79	33.78	19.13	8.03	12.91	290.4

### Conclusion

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

Les calculs à la main des expressions statistiques sont ardues, mais avec l'outil informatique, on parvient aisément aux résultats escompté .et l'utilisation des logiciels tel que l'HydroLab, nous a permis l'élaboration des analyses statistiques les plus courantes en hydrologie, à savoir ; l'ajustement aux lois ; de Gauss, de Galton (loi Log Normale).

***CHAPITRE III :***  
***BESOINS EN EAUX DES CULTURES***



## **Introduction**

Le présent chapitre, se propose de quantifier les besoins en eau des cultures sur la base des informations définies auparavant, conditionnant la conception de notre projet tels que : les conditions climatiques, systèmes agronomiques, potentialités des sols, l'eau disponible, fertilité des sols.

La superficie totale du périmètre a été arrêtée égale à 8327,5 ha (c'est la superficie agricole utile, SAU).

La superficie équipée du périmètre d'irrigation est de 7078,4 ha.

### **III.1. Types d'exploitations moyennes du périmètre par classes de superficie et les principaux types d'assolement en situation projetée**

En tenant compte des types d'exploitation et les principales cultures occupant la superficie du périmètre dans la situation de référence nous avons proposé les assolements à retenir par exploitation moyenne. Les exploitations types du périmètre Haute et Moyenne Telegema sont représentées ci-dessous :

Le nombre total de parcelles situées dans les limites du périmètre d'irrigation est 1040. Dans les tableaux ci-après on donne la répartition des superficies et des parcelles par classes d'exploitation et par secteurs.

**Tableau. III.1** Répartition de la superficie occupée du périmètre d'irrigation de Teleghma par cultures

Culture	Utilisation projetée des sols, ha					Total	
	Classes d'exploitation					Ha	%
	1(0-10 ha)	2(10-30 ha)	3(30-50 ha)	4(50-100 ha)	5(100-300ha)		
Blé dur		395,3	189,1	243,2	210,1	1037,7	11,15
Vesce-avoine		395,3	189,1	243,2		827,6	8,89
Orge en vert					210,2	210,2	2,26
Tabac				173,7		173,7	1,87
Pomme de terre a/saison	641,6	263,5	94,5	69,5	105	1174,1	12,62
Carotte	641,6	131,8		69,5	70,05	912,95	9,81
Petit pois	641,6	131,8	94,5		70,05	937,95	10,08
Pomme de terre/saison			94,5	104,2	105,1	198,7	2,14
Tomates	641,6	263,5	94,5	104,2	70,05	1173,85	12,61
Ail	641,6	131,8		138,9		912,3	9,80
Courgette		131,8			35,03	166,83	1,79
Oignon sec		131,8	94,5		105,1	331,4	3,56
Piment saison		131,8	94,5		35,02	261,32	2,81
Abricotier		263,5		52,1	35,02	350,62	3,77
Pommier	49,9	131,8	47,3	52,1	35,02	316,12	3,40
Poirier		143,6	48,9	52,1	35,02	279,62	3,00
Olivier				29,2	11,7	40,9	0,44
Superficie équipée totale, Se	1974,7	2120,3	867,4	1158,2	957,8	7078,4	
Superficie agricole utile (SAU) Superficie occupée	2323,2	2494,4	1020,5	1362,6	1126,8	8327,5	
Taux d'occupation des sols (TOS) Sc/Se	1,65	1,25	1,2	1,15	1,18	1,31	

**Tableau. III.2.** Répartition des parcelles par classes d'exploitation et par secteurs

Secteurs	Nombre de parcelles						
	Classe 1 (0-10 ha)	Classe 2 (10-30 ha)	Classe 3 (30-50 ha)	Classe 4 (50-100 ha)	Classe 5 (100-300 ha)	Total	%
Nord	74	20	7	5	1	107	10.3
Ouest	128	33	11	5	1	178	17.1
Centre	449	37	3	2	1	492	47.4
Est	139	42	6	8	5	200	19.2
Sud	48	15	-	-	-	63	6.0
<b>Total</b>	<b>838</b>	<b>147</b>	<b>27</b>	<b>20</b>	<b>8</b>	<b>1040</b>	<b>100</b>
<b>%</b>	<b>80.6</b>	<b>14.1</b>	<b>2.6</b>	<b>1.9</b>	<b>0.8</b>	<b>100</b>	

### III.2. Besoin en eau du périmètre

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

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

#### III.2.1. Evapotranspiration réelle ou de culture (ETR ou ETC)

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

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.

Dans notre projet, nous nous intéressons surtout à l'évapotranspiration de référence " $ET_0$ ", car nous voudrions atteindre à tout prix, des rendements agricoles élevés et stables. Pour mieux rationaliser la ressource, nous calculeront l'évapotranspiration de culture " $ET_{culture}$ ", après avoir déterminé les coefficients culturaux " $K_C$ ". Les besoins en eau des cultures nets, non négatifs " $BEC$ ", sont déterminés par la relation suivant :

$$BEC = ET_{culture} - P_{eff.}$$

Dans la quelle :

$BEC$  : Besoins en eau des cultures nets en (mm).       $P_{eff}$  : Pluies efficaces en (mm).

### III.2.2. Calcul de l'évapotranspiration potentielle

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 15 cm, poussant activement, ombrant complètement le sol et ne manquant pas d'eau.

Les recherches actuelles sur les besoins en eau des cultures agricoles ne sont plus menées dans le seul but d'obtenir des données précises sur chaque plante, mais surtout elles sont s'orientés vers l'établissement de formules universelles. Elles permettent de calculer rationnellement ces besoins, dans n'importe qu'elle région.

Pour cela, 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 notre projet, le calcul des besoins en eau des cultures est effectué à l'aide du logiciel appelé ; CROPWAT version 8, qui permet au passage, l'évaluation de

l'évapotranspiration de référence, selon la méthode empirique la plus appropriée de M<sup>f</sup> Penman&Monteith modifiée.

### III.2.2.1. Méthode de M<sup>R</sup> PENMAN&MOTHEIT modifiée

En Angleterre, précisément en 1948, M<sup>f</sup> Penman&Motheit 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 M<sup>f</sup> 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, prédirait 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 M<sup>f</sup> 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.

Le calcul de l'évapotranspiration de référence est réalisé à l'aide d'un logiciel appelé CROPWAT 8, fondé sur la méthode de M<sup>f</sup> Penman&Montheit, modifiée et recommandée par la consultation des experts de la FAO tenue à Rome en Mai 1990.

Pour l'exploitation du logiciel, nous devons introduire les informations mensuelles de la station météorologique et la méthode adoptée. Voir chapitre I :

- \*Température : Les températures max et min sont données en degré Celsius.
- \*Humidité de l'air : L'humidité relative de l'air exprimé en pourcentage de (10 à 100).
- \*Insolation journalière : L'insolation journalière donnée en heures d'insolation de (1 à 20).
- \*Vitesse de vent. : La vitesse du vent peut être introduite en m/sec de (0 à 10).

Dans le **tableau. III.3**, nous représentons l'évapotranspiration de référence  $ET_0$ , calculée à l'aide du logiciel Cropwat 8, selon la formule de Penman&Monteith, modifiée:

**Tableau. III.3** : Evapotranspiration de référence  $ET_0$  calculée

Mois	Tmin	T Max	Humidité	V vents	Insolation	Radiation	ETo
	°C	°C	%	Km/j	Heurs	Mj/m <sup>2</sup> /j	mm/j
Janvier	2.3	11	79	147	5.1	17.1	2.06
Février	2.6	13.4	76	147	7.3	20.3	2.52
Mars	4.6	16.6	71	147	7.7	21.5	2.88
Avril	6.2	19	69	138	8.7	22.8	3.16
Mai	10.9	25.4	63	112	9.7	23.3	3.54
Juin	15.2	31.2	53	104	10.8	24.2	3.84
Juillet	17.8	34.4	48	95	11.5	25.4	4.17
Aout	18.4	34.5	50	95	10.4	24.8	4.25
Septembre	14.8	28.8	64	104	8.8	23	3.87
Octobre	11.4	23.4	69	130	7.5	20.7	3.23
Novembre	6.6	16.9	74	130	6.3	18	2.47
Décembre	3.4	12.8	79	147	4.4	14.8	1.91
<b>Moyenne</b>	<b>9.52</b>	<b>22.28</b>	<b>66.25</b>	<b>125</b>	<b>8.24</b>	<b>21.33</b>	<b>3.16</b>

### III.2.3. La pluie efficace

La pluie efficace est définie comme étant la fraction des précipitations contribuent effectivement à la satisfaction des besoins de l'évapotranspiration de la culture après déduction des pertes par ruissellement de surface, et par percolation en profondeur etc...

Ces pertes sont estimées de 20 % de la pluie tombée. Pour l'appréciation de la pluie efficace on distingue deux (2) cas :

- 1) Pluie efficace ( $P_{\text{eff}} = 0$ ) pour les mois où la pluie ne dépasse pas les 5 mm.
- 2) Pluie efficace ( $P_{\text{eff}} = 80\%$ ) de la pluie moyenne mensuelle dans les autres cas.

Les valeurs moyennes mensuelles de  $P_{\text{eff}}$  sont regroupées dans le tableau suivant:

**Tableau. III.4 :** Calcul la pluie efficace

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Total an
Pmoy	45.02	26.58	31.96	43.24	38.57	27.94	40.02	39.82	45.16	22.9	10.74	17.25	388.3
Peff	36.01	21.26	25.56	34.59	30.85	22.35	32.01	31.85	36.12	18.32	8.59	13.8	310.64

### III.2.4. Efficience de l'irrigation

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

La différence entre les deux volumes indique les pertes.

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

$$E_i = E_t \cdot E_d \cdot E_u$$

Avec:

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

$E_e$ : Efficience de transport (%).

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

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

L'évaluation exacte des pertes est très difficile et même presque impossible, suite des multiples variables qui interviennent.

On considère une efficience globale, produit entre les trois efficacités décrites ci-dessus égalé à **0,75**.

### III.2.5. Besoins nets en eau d'irrigation\_[3]

L'évaluation des besoins nets en eau des cultures se fait par le logiciel CROPWAT 8.0

Le calcul des besoins en eau nets par culture est donné dans les tableaux suivants.

**Tableau. III.6. Les besoins en eau nets par culture**

<b>blé dur</b>						
<b>Mois</b>	<b>Pluie eff</b>	<b>Eto(mm/j)</b>	<b>kc</b>	<b>ETM=Kc*Eto</b>	<b>RFU(mm)</b>	<b>B</b>
<b>Janvier</b>	<b>30.86</b>	<b>2.25</b>	<b>0.7</b>	<b>47.25</b>	<b>16.42</b>	<b>0.03</b>
<b>Février</b>	<b>22.35</b>	<b>2.73</b>	<b>0.9</b>	<b>73.71</b>	<b>0.03</b>	<b>-51.33</b>
<b>Mars</b>	<b>32.02</b>	<b>3.28</b>	<b>1.05</b>	<b>103.32</b>	<b>0</b>	<b>-71.3</b>
<b>Avril</b>	<b>31.86</b>	<b>3.65</b>	<b>1.05</b>	<b>114.975</b>	<b>0</b>	<b>-83.115</b>
<b>Mai</b>	<b>36.13</b>	<b>4.3</b>	<b>0.7</b>	<b>90.3</b>	<b>0</b>	<b>-54.17</b>
<b>Juin</b>	<b>18.32</b>	<b>4.97</b>				
<b>Juillet</b>	<b>8.59</b>	<b>5.41</b>				
<b>Aout</b>	<b>13.8</b>	<b>5.44</b>				
<b>Septembre</b>	<b>36.02</b>	<b>4.64</b>				
<b>Octobre</b>	<b>21.26</b>	<b>3.85</b>				
<b>Novembre</b>	<b>25.57</b>	<b>2.82</b>	<b>0.4</b>	<b>33.84</b>	<b>19.2</b>	<b>10.93</b>
<b>Décembre</b>	<b>34.59</b>	<b>2.14</b>	<b>0.45</b>	<b>28.89</b>	<b>10.93</b>	<b>16.63</b>



CHAPITRE III : Calcul besoins en eau des cultures.

Poivron						
Mois	Pluie eff	Eto(mm/j)	kc	ETM=Kc*Eto	RFU	B
Janvier	30.86	2.25				
Février	22.35	2.73				
Mars	32.02	3.28				
Avril	31.86	3.65	0.6	65.7	28.8	-5.04
Mai	36.13	4.3	0.96	123.84	0	-87.71
Juin	18.32	4.97	1.02	152.082	0	-133.762
Juillet	8.59	5.41	0.96	155.808	0	-147.218
Aout	13.8	5.44	0.9	146.88	0	-133.08
Septembre	36.02	4.64				
Octobre	21.26	3.85				
Novembre	25.57	2.82				
Décembre	34.59	2.14				

Pomme de terre						
Mois	Pluie eff	Eto(mm/j)	kc	ETM=Kc*Eto	RFU	B
Janvier	30.86	2.25				
Février	22.35	2.73				
Mars	32.02	3.28	0.5	49.2	28.8	11.62
Avril	31.86	3.65	0.7	76.65	11.62	-33.17
Mai	36.13	4.3	1.15	148.35	0	-112.22
Juin	18.32	4.97	0.9	134.19	0	-115.87
Juillet	8.59	5.41	0.75	121.725	0	-113.135
Aout	13.8	5.44				
Septembre	36.02	4.64				
Octobre	21.26	3.85				
Novembre	25.57	2.82				
Décembre	34.59	2.14				

<b>Abricotier</b>						
<b>Mois</b>	<b>Pluie eff</b>	<b>Eto(mm/j)</b>	<b>kc</b>	<b>ETM=Kc*Eto</b>	<b>RFU</b>	<b>B</b>
Janvier	30.86	2.25	0.52	35.1	5.8	1.56
Février	22.35	2.73	0.5	40.95	1.56	-17.04
Mars	32.02	3.28	0.61	60.024	0	-28.004
Avril	31.86	3.65	0.67	73.365	0	-41.505
Mai	36.13	4.3	0.73	94.17	0	-58.04
Juin	18.32	4.97	0.78	116.298	0	-97.978
Juillet	8.59	5.41	0.84	136.332	0	-127.742
Aout	13.8	5.44	0.9	146.88	0	-133.08
Septembre	36.02	4.64	0.86	119.712	0	-83.692
Octobre	21.26	3.85	0.82	94.71	115.2	41.75
Novembre	25.57	2.82	0.68	57.528	41.75	9.792
Décembre	34.59	2.14	0.6	38.52	9.72	5.79

<b>Carotte</b>						
<b>Mois</b>	<b>Pluie eff</b>	<b>Eto(mm/j)</b>	<b>Kc</b>	<b>ETM=Kc*Eto</b>	<b>RFU</b>	<b>B</b>
Janvier	30.86	2.25	0.95	64.125	38.44	5.175
Février	22.35	2.73				
Mars	32.02	3.28				
Avril	31.86	3.65				
Mai	36.13	4.3				
Juin	18.32	4.97				
Juillet	8.59	5.41				
Aout	13.8	5.44				
Septembre	36.02	4.64	0.4	55.68	38.4	18.74
Octobre	21.26	3.85	0.5	57.75	18.74	-17.75
Novembre	25.57	2.82	1	84.6	0	-59.03
Décembre	34.59	2.14	0.8	51.36	48	31.23

<b>Oignon sec</b>						
<b>Mois</b>	<b>Pluie eff</b>	<b>Eto</b>	<b>Kc</b>	<b>ETM=Kc*Eto</b>	<b>RFU</b>	<b>B</b>
Janvier	30.86	2.25				
Février	22.35	2.73	0.7	57.33	28.8	-6.18
Mars	32.02	3.28	0.88	86.592	0	-54.572
Avril	31.86	3.65	0.95	104.025	0	-72.165
Mai	36.13	4.3	0.85	109.65	0	-82.3
Juin	18.32	4.97				
Juillet	8.59	5.41				
Aout	13.8	5.44				
Septembre	36.02	4.64				
Octobre	21.26	3.85				
Novembre	25.57	2.82				
Décembre	34.59	2.14				

<b>Tomate</b>						
<b>Mois</b>	<b>Pluie eff</b>	<b>Eto</b>	<b>Kc</b>	<b>ETM=Kc*Eto</b>	<b>RFU</b>	<b>B</b>
Janvier	30.86	2.25				
Février	22.35	2.73				
Mars	32.02	3.28	0.6	59.04	28.8	1.78
Avril	31.86	3.65	0.82	89.79	1.78	-56.15
Mai	36.13	4.3	1.08	139.32	0	-103.19
Juin	18.32	4.97	0.94	140.154	0	-121.834
Juillet	8.59	5.41	0.8	129.84	0	-121.25
Aout	13.8	5.44				
Septembre	36.02	4.64				
Octobre	21.26	3.85				
Novembre	25.57	2.82				
Décembre	34.59	2.14				

<b>Pommier</b>						
<b>Mois</b>	<b>Pluie eff</b>	<b>Eto(mm/j)</b>	<b>Kc</b>	<b>ETM=Kc*Eto</b>	<b>RFU</b>	<b>B</b>
<b>Janvier</b>	<b>30.86</b>	<b>2.25</b>	<b>0.72</b>	<b>48.6</b>	<b>59.53</b>	<b>41.79</b>
<b>Février</b>	<b>22.35</b>	<b>2.73</b>	<b>0.6</b>	<b>49.14</b>	<b>41.79</b>	<b>15</b>
<b>Mars</b>	<b>32.02</b>	<b>3.28</b>	<b>0.5</b>	<b>49.2</b>	<b>15</b>	<b>-2.18</b>
<b>Avril</b>	<b>31.86</b>	<b>3.65</b>	<b>0.58</b>	<b>63.51</b>	<b>0</b>	<b>-31.65</b>
<b>Mai</b>	<b>36.13</b>	<b>4.3</b>	<b>0.65</b>	<b>83.85</b>	<b>0</b>	<b>-47.72</b>
<b>Juin</b>	<b>18.32</b>	<b>4.97</b>	<b>0.73</b>	<b>108.843</b>	<b>0</b>	<b>-90.523</b>
<b>Juillet</b>	<b>8.59</b>	<b>5.41</b>	<b>0.8</b>	<b>129.84</b>	<b>0</b>	<b>-121.25</b>
<b>Aout</b>	<b>13.8</b>	<b>5.44</b>	<b>0.92</b>	<b>150.144</b>	<b>0</b>	<b>-135.72</b>
<b>Septembre</b>	<b>36.02</b>	<b>4.64</b>	<b>0.95</b>	<b>132.24</b>	<b>0</b>	<b>-96.22</b>
<b>Octobre</b>	<b>21.26</b>	<b>3.85</b>	<b>0.91</b>	<b>105.105</b>	<b>0</b>	<b>-83.845</b>
<b>Novembre</b>	<b>25.57</b>	<b>2.82</b>	<b>0.8</b>	<b>67.68</b>	<b>115.2</b>	<b>73.09</b>
<b>Décembre</b>	<b>34.59</b>	<b>2.14</b>	<b>0.75</b>	<b>48.15</b>	<b>73.09</b>	<b>59.53</b>

<b>Luzerne</b>						
<b>Mois</b>	<b>Pluie eff</b>	<b>Eto</b>	<b>Kc</b>	<b>ETM=Kc*Eto</b>	<b>RFU</b>	<b>B</b>
<b>Janvier</b>	<b>30.86</b>	<b>2.25</b>	<b>0.6</b>	<b>40.5</b>	<b>19.5</b>	<b>9.86</b>
<b>Février</b>	<b>22.35</b>	<b>2.73</b>	<b>0.7</b>	<b>57.33</b>	<b>9.86</b>	<b>-25.12</b>
<b>Mars</b>	<b>32.02</b>	<b>3.28</b>	<b>0.85</b>	<b>83.64</b>	<b>0</b>	<b>-51.62</b>
<b>Avril</b>	<b>31.86</b>	<b>3.65</b>	<b>0.85</b>	<b>93.075</b>	<b>0</b>	<b>-61.215</b>
<b>Mai</b>	<b>36.13</b>	<b>4.3</b>	<b>1.05</b>	<b>135.45</b>	<b>0</b>	<b>-99.32</b>
<b>Juin</b>	<b>18.32</b>	<b>4.97</b>	<b>0.6</b>	<b>89.46</b>	<b>0</b>	<b>-71.14</b>
<b>Juillet</b>	<b>8.59</b>	<b>5.41</b>	<b>1.05</b>	<b>170.415</b>	<b>0</b>	<b>-166.42</b>
<b>Aout</b>	<b>13.8</b>	<b>5.44</b>	<b>1.05</b>	<b>171.36</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Septembre</b>	<b>36.02</b>	<b>4.64</b>	<b>1</b>	<b>139.2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Octobre</b>	<b>21.26</b>	<b>3.85</b>	<b>0.4</b>	<b>46.2</b>	<b>67.2</b>	<b>42.26</b>
<b>Novembre</b>	<b>25.57</b>	<b>2.82</b>	<b>0.6</b>	<b>50.76</b>	<b>42.26</b>	<b>17.07</b>
<b>Décembre</b>	<b>34.59</b>	<b>2.14</b>	<b>0.5</b>	<b>32.1</b>	<b>17.01</b>	<b>19.5</b>

Les résultats de calcul sont récapitulés dans le tableau suivant :

**Tableau. III.7. Les besoins nette des différentes cultures**

Culture	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Jui	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
blé dur		51.33	71.3	83.12	54.17							
Poivron				5.04	87.74	133.76	147.76	133.08				
Pomme de terre				33.17	112.22	115.87	113.14					
Abricotier		17.04	28	41.51	97.98	127.74	133.08	83.69				
Carotte										17.75	59.03	
Oignon sec		6.18	54.57	72.16	82.3							
Tomate				56.15	103.19	121.83	121.25					
Pommier			2.18	31.65	47.72	90.52	121.25	135.72	96.22	83.84		
Petit pois		64.07	76.22									
Luzerne		25.12	51.62	61.22	99.32	71.14	166.42					
<b>Totale</b>		<b>163.74</b>	<b>283.89</b>	<b>384.02</b>	<b>684.64</b>	<b>660.86</b>	<b>802.9</b>	<b>352.49</b>	<b>96.22</b>	<b>101.59</b>	<b>59.03</b>	

**Tableau. III.8 : Calcul des besoins bruts**

besoin net	Eff	besoins brut
259.92	0.75	346.56
507.38	0.75	676.51
374.4	0.75	499.20
529.04	0.75	705.39
76.78	0.75	102.37
215.21	0.75	286.95
402.42	0.75	536.56
609.1	0.75	812.13
140.29	0.75	187.05
474.84	0.75	633.12
<b>3589.38</b>		<b>4785.84</b>

D'après le tableau ci-dessus, on remarque que le mois de pointe est le mois de **juillet** avec besoin de **802.9 mm**. Soit un volume de **8029 m<sup>3</sup>/ha**.

Effectivement vu la physiologie des cultures, le mois de juillet est parfaitement le mois de pointe.

### **Conclusion**

L'irrigation de cette partie de la plaine de Teleghma (secteur EST) a un cachet complémentaire du fait que les précipitations ne couvèrent qu'une partie des besoins en eau des cultures. Ce déficit est dû essentiellement à l'évapotranspiration des cultures, qui est supérieure à la pluviométrie moyenne de la région. Cette dernière couvrait relativement dans une large mesure, les besoins des plantes dans des périodes bien précises.

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

***CHAPITRE IV:***  
***SYSTEME D'IRRIGATION***

### **Introduction**

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

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

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

### **IV.1. Historique**

La micro-irrigation a été utilisée depuis l'Antiquité où on enterrait des pots d'argile remplis d'eau afin que l'eau s'infilte graduellement dans le sol. L'irrigation par goutte à goutte moderne s'est développée en Allemagne vers 1860 quand les chercheurs ont commencé à expérimenter la subirrigation à l'aide de tuyau d'argile pour créer une combinaison d'irrigation et de système de drainage. Dans les années 1920, des tuyaux perforés ont été testés en Allemagne, puis O.E. Robey a expérimenté l'irrigation par tuyau poreux de toile à l'université du Michigan. Avec l'arrivée des plastiques modernes après la Seconde Guerre mondiale, des améliorations sont devenues possibles. Des micro-tubes de plastique et divers types d'émetteurs ont été employés en serre en Europe et aux États-Unis.

### **IV.2. Définition de l'irrigation goutte à goutte**

L'irrigation localisée ou la micro irrigation est une expression qui caractérise un certain nombre de techniques nouvelles qui ont commun les caractéristiques suivantes :

- Une alimentation en eau à proximité immédiate radriculaire des plantes cultivées.
- L'utilisation souvent répétée et à la limite contenue à faibles débits instantanés.



### IV.3. Principe

La forme de ce bulbe dépend de la nature du terrain. En terrain léger et perméable, il sera étroit et profond avec des pertes d'eau par infiltration. En terrain gras ou lourd, il sera large et moins profond avec risque de stagnation de l'eau, ce que les oliviers n'aiment guère.

Dans le premier cas, il faudra augmenter le nombre de goutteurs, dans le second, il faudra veiller à ne pas exagérer les apports d'eau. En tout état de cause, dans les deux cas, l'idéal est 4 goutteurs par oliviers adultes.

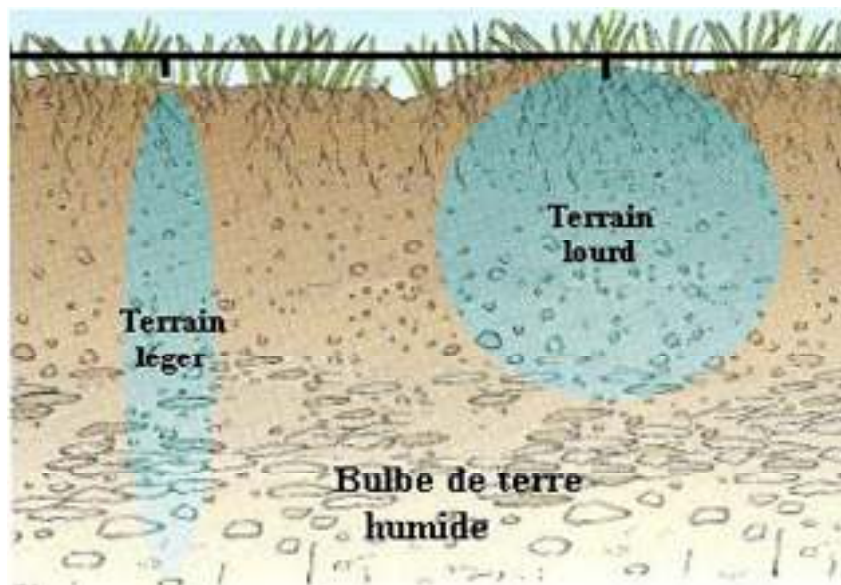


Fig. IV.1 : Forme de la bulbe au dessous de goutteur

### IV.4. Avantages et inconvénients de l'irrigation goutte à goutte

#### IV.4.1. Les avantages du système goutte à goutte

Les avantages de ces systèmes sont qu'on peut les utiliser dans des zones de topographie et de forme irrégulières sans nivellement; on peut les utiliser dans des zones où la nappe phréatique est haute ou qui présentent un horizon induré près de la surface sans augmenter la salinité du sol.

Et représente de nombreux avantages par rapport aux autres méthodes d'irrigation :

1- l'eau se déverse uniformément à partir de chaque distributeur adapté au tuyau latéral, même sur un terrain en pente modérée. En outre, la mise au point de distributeurs de compensation permet une irrigation uniforme sur des pentes plus prononcées et sur des distances plus importantes.

2- Des engrais peuvent être apportés directement à la racine plutôt que sur la superficie totale du champ, ce qui permet d'éviter le gaspillage des ressources.

3- La quantité d'eau apportée peut être optimisée en fonction des différents types de sols, tout en évitant l'infiltration au-delà de la racine. En outre, des sols sableux qui ne peuvent être arrosés par sillons ou par inondation peuvent être efficacement irrigués par le goutte à goutte.

4- La pousse des mauvaises herbes est réduite au minimum.

5- Entre les rangées plantées, le sol à sec permet aux agriculteurs et aux machines d'accéder aisément et en toute saison.

6- Il est possible d'utiliser une eau de piètre qualité (saumâtre ou d'effluents) car:

-L'irrigation au goutte à goutte à la différence de l'irrigation par aspersion permet l'utilisation d'eau saumâtre car le contact direct entre l'eau et les feuilles est évité, prévenant les brûlures.

-L'irrigation au goutte à goutte entraîne le lessivage permanent des sels autour de la racine, évitant l'accumulation de sels au voisinage immédiat des racines, c'est important lorsque l'irrigation porte sur des sols salins ou s'effectue avec de l'eau saumâtre.

-L'irrigation au goutte à goutte permet l'utilisation des eaux usées à peine retraitées. En effet l'eau étant délivrée à même le sol, les risques sont moindres pour la santé.

7- Des distributeurs réglés pour délivrer une quantité donnée d'eau (de l'ordre de plusieurs litres par heure) peuvent être installés avec l'espacement voulu en fonction des besoins de chaque culture.

8- L'irrigation au goutte à goutte est la méthode d'irrigation la plus efficace en terme d'économie d'eau. Comme les distributeurs émettent l'eau directement au sol à proximité des racines qui l'absorbent immédiatement, l'évaporation est réduite au minimum. Cette caractéristique est particulièrement importante dans les zones arides.

9- S'il est entretenu correctement, un dispositif d'irrigation au goutte à goutte de bonne qualité peut durer de quinze à vingt ans.

#### **IV.4.2. Inconvénients du système goutte à goutte**

##### **A- L'obstruction des goutteurs**

L'inconvénient dans ce type d'installation est le risque de colmatage (obstruction), ce colmatage peut avoir trois causes principales :

##### **1- Colmatage physique**

Il est dû à l'introduction dans le réseau de grosses particules. Il faut un système de filtration très efficace en tête de ligne.

##### **2- Colmatage biologique**

Il est dû au développement d'algues et de bactéries dans les canalisations. L'adjonction période d'antiseptique (Ex : eau de javel) à l'eau d'irrigation peut se révéler indispensable.

##### **3- Colmatage chimique**

C'est le plus difficile à combattre, certaines eaux (souvent alcalins) précipitent des sels insolubles surtout des sels de calcium et de fer qui peuvent former des dépôts bruns dans les goutteurs, et les obstruer, et aussi des gels dans les filtres.

L'entartrage (l'adjonction d'héxamétaphosphate ou d'acide nitrique dilué) donne en général, assez bons résultats.

D'autre part les engrais solubles employés sans discernement peuvent être également la cause du colmatage par précipitation, le meilleur moyen de prévenir ces obstructions des goutteurs est une filtration soignée de l'eau.

##### **B- Accumulation des sels**

Les eaux d'irrigation contiennent toujours plus ou moins de sels dissous, les plantes prennent l'eau et la majorité des sels restent dans le sol.

Certes, on peut lutter contre l'accumulation des sels en apportant un excès d'eau par rapport à la consommation de la plante : on lessive ainsi une grande partie des sels et on les déplace en dessous de la zone radiculaire, mais le procédé le plus efficace, surtout dans les

régions où la pluviométrie naturelle est trop faible ( $P \leq 250$  mm/an) pour assurer un lessivage suffisant.

### C- Difficulté à déterminer le volume minimal de sol à humidifier

Le développement racinaire se limite à la zone humidifiée, la croissance optimale de la culture globale exige l'humidification d'un volume minimum de sol. Il apparaît que les dimensions de ce volume sont liées à différentes variables et plus spécialement, au débit des goutteurs, à leur distance et à la nature du sol.

### IV.5. Champ d'application du système goutte à goutte

La goutte à goutte est maintenant couramment utilisée pour les cultures suivantes :

- ✚ Cultures fruitières : Européennes, Méditerranéennes et Tropicales, sans aucune limitation ;
- ✚ Cultures maraîchères et florales de pleine terre : plein champ ou sous tunnels plastiques ;
- ✚ Cultures arbustives en pots ;
- ✚ Cultures hors – sol ;
- ✚ Grandes cultures : coton, canne à sucre, maïs, betteraves sucrières, ... etc.

### IV.6. Description d'un réseau d'irrigation goutte à goutte

Chaque parcelle doit être équipée d'un réseau composé d'une unité de tête qui est l'élément essentiel de tout réseau d'irrigation localisée. L'installation de tête a pour but de fournir de l'eau propre, éventuellement enrichie et traitée chimiquement, sous une pression régulée, et de la distribuer successivement vers tous les secteurs à irriguer.

L'unité est mise en tête du bassin d'accumulation destiné au stockage, l'unité de tête comporte les appareils suivants :

- ❖ Groupe de pompage ;
- ❖ Vanne ;
- ❖ Filtre à sable ;
- ❖ Débit mètre : pour contrôler le débit et le régler en fonction du bassin.  
Régulateur de pression : pour régler la pression
- ❖ en tête du réseau, et injecter d'engrais ;

- ❖ Porte- rampes d'arrosage ;
- ❖ Conduites principales enterrées ;
- ❖ Rampe menue des goutteurs d'un écartement fixe selon le mode de plantation des cultures.

### IV.6.1. Groupe de pompage

Le groupe de pompage est mis à la sortie du bassin d'accumulation, il peut être soit :

- Une pompe électrique dont les caractéristiques sont : HMT, PW, débit ... etc).
- Un groupe motopompe



**Fig. IV.2 :** Groupe Motopompe à Anneau

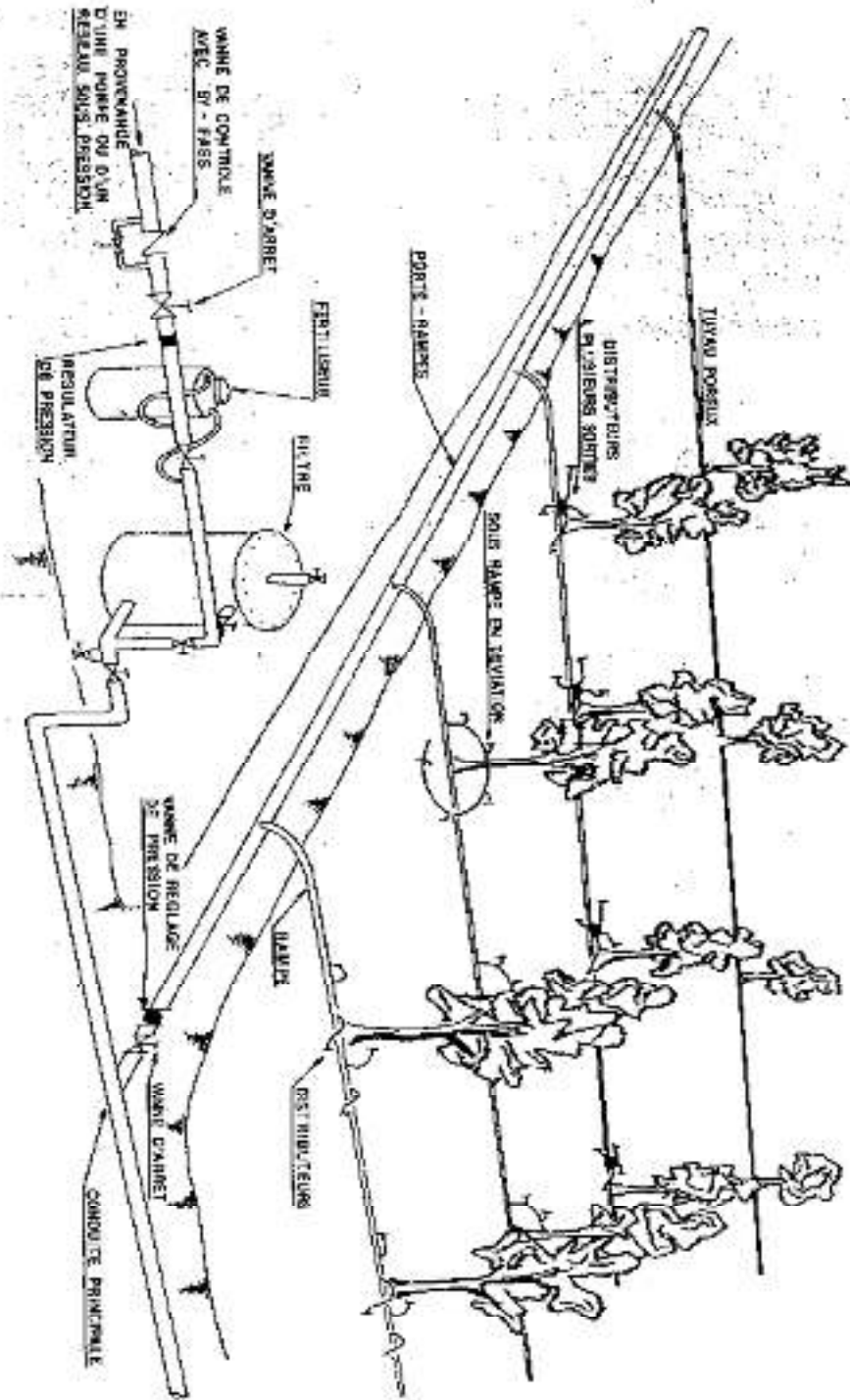


Fig. IV.3 : Parties essentielles d'un réseau d'irrigation localisée (FAO)

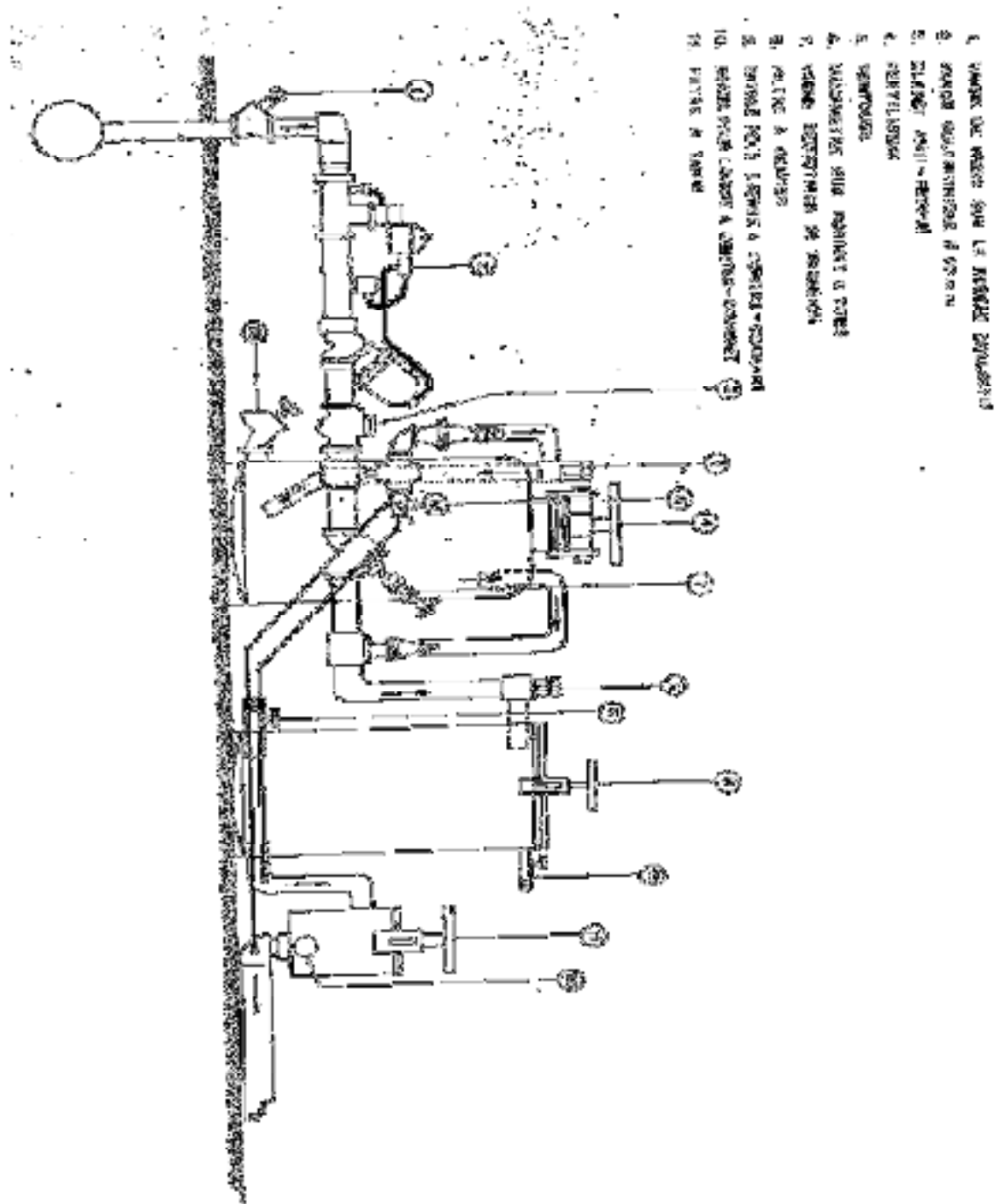


Fig. IV.4 : Installation de tête type (FAO)

### IV.6.2. Filtre à sable

Le filtre à sable est une cuve à pression remplie d'une épaisse couche de sable calibrée qui arrête les éléments solides en suspension dans l'eau qui la traverse.

### IV.6.3. Filtre à tamis

C'est une cuve à pression contenant une paroi filtrante au tamis en plastique ou en acier inox, les particules de dimension supérieures à cette maille sont arrêtées par le tamis.

**NB :** notons que chaque filtre doit être muni de manomètres à l'amont et à l'aval de façon à pouvoir juger du moment où il doit être nettoyé, lequel correspond à une perte de charge jugée maximale pour sa traversée.

### IV.6.4. Régulateur de pression

Il permet de contrôler la pression en tête et la conduite principale.

### IV.6.5. Les goutteurs

Les goutteurs apportent l'eau à la surface du sol de manière ponctuelle.

Le rôle des goutteurs est de fournir un faible débit (quelques litres par heure). La pression de l'eau est dissipée dans le goutteur puis l'eau est évacuée à l'extérieur à pression nulle.

#### \* Débit :

Les goutteurs ont un faible débit compris entre 01 et 08 l/h sous une pression de 01 bar (charge de 10 m de colonne d'eau), la plus fréquemment utilisée.

#### IV.6.5.1. Classification des goutteurs

Les goutteurs peuvent être classés selon le type de fonctionnement ou bien le mode de fixation sur la rampe.



#### IV.6.5.1.2. Type de fonctionnement hydraulique

On distingue les goutteurs à circuit long et à circuit court.

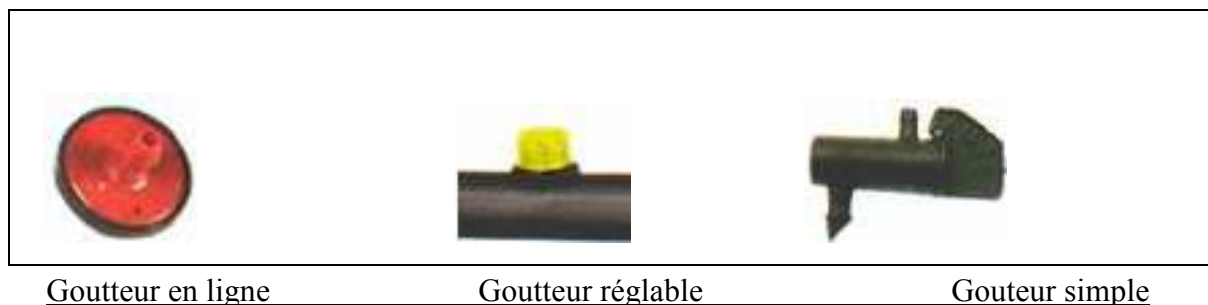
##### ✓ Les goutteurs à circuit long

L'eau suit un cheminement de grande longueur (0,1 à 1m), qui provoque la dissipation de la pression sous forme de perte de charge.

##### ✓ Les goutteurs à circuit court

L'eau passe par un orifice de section réduite, la pression existante dans la rampe est transformée en vitesse. L'eau sort sous forme d'un jet très fin qui doit être brisé.

Actuellement les goutteurs de ce type sont peu nombreux car ils sont très sensibles à l'obstruction.



**Fig. IV.5:** Différents types de goutteurs

#### IV.6.5.1.2. Régularité de fabrication et sensibilité au bouchage

Quelque soit le processus de fabrication, il existe toujours des variations de débit entre goutteurs de même calibre. D'une façon générale plus un distributeur est petit moins l'homogénéité est bonne de même, plus le nombre de pièce mobile est important moins l'homogénéité est bonne.

### IV.7. Les distributeurs

En irrigation localisée, l'eau est transportée le long des rangs des cultures et distribuée au voisinage des plantes.

Les distributeurs apportent l'eau au niveau du sol :

- ✓ ponctuellement: les goutteurs
- ✓ en diffusion : les mini diffuseurs

#### IV.7.1. Choix du distributeur

Le choix du distributeur le plus adopté au problème posé, l'aboutissement d'un compromis raisonné entre plusieurs exigences, d'abord techniques puis économiques.

Pour cela il faut que celui qui a la responsabilité de ce choix soit bien informé :

- ❖ Des performances techniques du matériel existant sur le marché ;
- ❖ Des pratiques culturales ;
- ❖ De la qualité d'eau d'irrigation ;
- ❖ De la confirmation de la parcelle.

Les distributeurs les mieux adaptés techniquement seront ceux qui réaliseront le meilleur compromis entre leurs propres performances et les caractéristiques du milieu dans lequel ils vont être placés, le critère économique n'intervient ensuite que pour sélectionner le distributeur le mieux placé sur le plan qualité-prix, par rapport aux objectifs de production.

### IV.8. Les conduites

La plupart des conduites en plastiques utilisées en irrigation sont fabriquées à partir des quatre matériaux suivants :

- Le chlorure de polyvinyle PVC ;
- le polyéthylène PE, de basse densité (PE<sub>BD</sub>) ou de haute densité (PEHD) ;
- l'acrylonitrile-butadiène styrène, ABS

Parmi eux, le PE<sub>BD</sub> et le PEHD sont de beaucoup les plus utilisés en irrigation localisée. En raison de sa plus grande résistance à la pression, le PVC est le plus économique dans les gros diamètres, alors que les PE (moins résistants) sont surtout utilisés en petits diamètres, pour les rampes et parfois les porte-rampes.

### IV.8.1. Les rampes

La plupart des rampes sont en tuyaux PE noir de basse densité (PEBD). Ce matériau est flexible et pas trop sensible au soleil, ce qui est important car les rampes sont posées à la surface du sol.

Les diamètres intérieurs vont de 05 à 25 mm, mais les plus courants sont 10, 12, 5 et 16 mm. L'épaisseur de parois est de 03 ou 04 mm suivant la pression (la pression de l'eau dans le tuyau réduit le risque de « craquage », mais il faut faire attention pendant la pause car il est très facile d'endommager les tuyaux lors de leur déroulement).

Les craquelures des tuyaux PE constituer de plusieurs fentes longitudinales peuvent être un problème lorsqu'on utilise les raccords cannelés extérieurement, c'est le cas des distributeurs en ligne lorsque le diamètre extérieur de la cannelure du distributeur est trop grand par rapport au diamètre du tuyau utilisé pour constituer la rampe.

### IV.8.2. Les porte- rampes

Les porte- rampes sont en PE ou en PVC, de 20 à 80 mm de diamètre, la majorité entre 20 et 50 mm de diamètre intérieur, le choix du diamètre dépend en partie du calcul hydraulique en partie du type de raccordement aux rampes parfois le porte-rampe sera d'un diamètre supérieur au diamètre nécessaire du point de vue hydraulique surtout si la rampe pénètre simplement par pression dans un trou réalisé dans la paroi du porte-rampe.

### IV.8.3. Les conduites principales

Elles sont semblables en irrigation localisée à ce qu'elles sont en aspersion classique, mais peuvent être plus petites et d'une classe pression inférieure en raison de l'utilisation des débits et des pressions plus faibles.

## Conclusion

D'après la détermination des besoins en eau d'irrigation, la 2<sup>ème</sup> partie consiste à choisir la meilleure technique d'arrosage qui est adapté avec les données qui caractérisent notre parcelle.

[Tapez un texte]

***CHAPITRE V :***  
***RESEAU D'ADDUCTION ET DISTRUBITION***  
***ET CALCUL HYDRAULIQUE***

## Introduction

Le réseau collectif de distribution d'eau est essentiellement constitué par des canalisations enterrées, livrant l'eau sous pression aux différentes exploitations agricoles par l'intermédiaire des bornes (prises) d'arrosages.

Le développement de ces réseaux de dessert par les conduites sous pression est lié principalement, à la rationalisation de la ressource en eau et particulièrement la généralisation des méthodes d'irrigation modernes.

C'est dans ce contexte que notre attention dans ce chapitre s'est accentuée sur l'optimisation du réseau de dessert d'irrigation sous pression.

### V.1. Découpage du périmètre en ilots d'irrigation

#### V.1.1. Géométrie des ilots d'irrigation

L'ilot d'irrigation est par définition la plus petite entité hydraulique desservie par une borne d'irrigation. Il est constitué par le regroupement d'une ou plusieurs parcelles appartenant ou non à une même exploitation.

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

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

Le remembrement n'étant pas envisageable et pour éviter de greffer les parcelles constituant l'ilot de servitude de passage, la borne est implantée à l'extrémité ou au centre des parcelles.

#### V.1.2. Découpage de la zone étudiée

Le découpage est réalisé par exploitation de la conclusion et document (cartes au 1/5000 et annuaire des parcelles) de l'enquête foncière. Par ailleurs, sa mise en œuvre a permis d'affiner la délimitation des zones à réaménager et le découpage en secteurs.

La superficie équipée du périmètre d'irrigation est de 7078,4 ha. Le périmètre d'irrigation est divisé en cinq secteurs : Nord, Ouest, Centre, Sud et **Est** qui présente notre zone d'étude (avec une superficie de **2273,4 ha**).

**Tableau. V.1** : Répartition de la surface totale équipée par secteurs et par wilaya

Wilaya	Secteur	Superficie équipée	
		ha	%
Mila	Nord	1141,6	16,1
	Centre	1738,7	24,6
	Ouest	1566,3	22,1
	Sud	358,4	5,1
Total de la wilaya de Mila		4805	67,9
Oum El Bouaghi	Est	<u>2273,4</u>	<u>32,1</u>
Surface Totale		7078,4	100

Le nombre total des parcelles situées dans les périmètres d'irrigation est de 1040.

Le nombre des parcelles du périmètre de Teleghma (Secteur EST) est de 200, avec un pourcentage de 32,1% de la superficie équipée.

## V.2. Système d'adduction d'eau

La source d'alimentation en eau du périmètre d'irrigation de Teleghma est le système de transfert d'eau à partir du barrage de Beni-Haroun.

Vu la situation géographique du périmètre et le tracé en plan de la conduite de transfert, il est prévu que la prise d'eau sera piquée à la conduite de transfert sur le tronçon allant de la retenue d'ued El Ahmania jusqu'au réservoir de la régularisation d'oued Hamla.

On a adopté trois points de piquage des prises d'eau pour le périmètre à irriguer de Teleghma (Fig. V.1) à partir de la conduite de transfert.

Le point P1A : situé sur le tronçon de la conduite de transfert entre le barrage d'oued El Athmania et la station de pompage d'oued Seguin de périmètre de Teleghma (Secteur nord).

Les points P2 et P3 : sur le tronçon allant de la station de pompage d'oued Seguin jusqu'au bassin de régularisation d'oued Hamla. (Secteur EST)

Les conduites principales du secteur Est CPE et CPES par lesquelles l'eau est amenée jusqu'au réseau de distribution du secteur «EST» débouchent au point de piquage P3

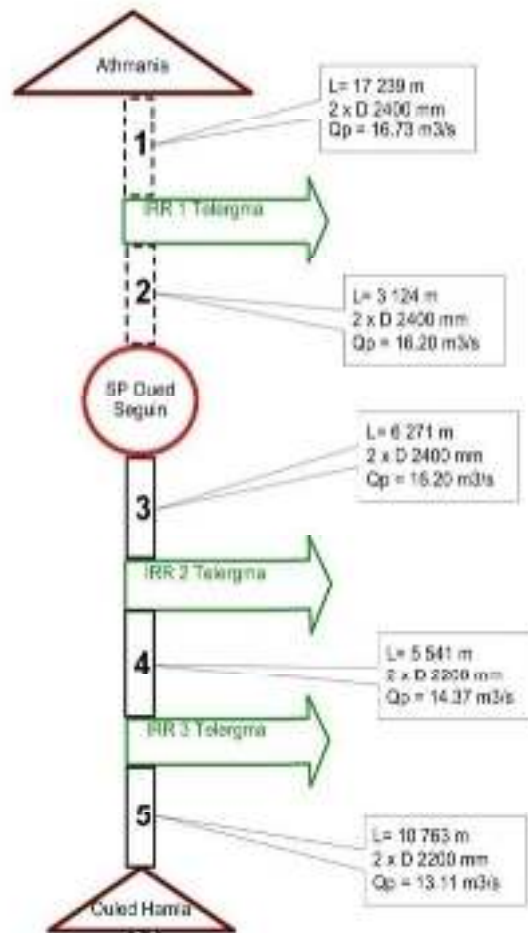


Fig. V.1 : Transfert Athmania – Schéma d'ensemble

Tableau. V.1 : Diamètre et vitesses des conduites du transfert Athmania – Schéma d'ensemble

<b>Diamètre, mm</b>	<b>Vitesse minimale, m/s</b>	<b>Vitesse maximale, m/s</b>
100	0.2	1.8
125	0.25	1.85
150	0.25	1.95
200	0.35	2.05
250	0.4	2.15
300	0.4	2.25
350	0.5	2.3
400	0.5	2.5
500	0.5	2.5
600	0.5	2.5
700	0.5	2.5
800	0.5	2.5
900	0.5	2.5
1000	0.5	2.5
1100	0.5	2.5
1250	0.5	2.5
1500	0.5	2.5

### V.3. Calcul des débits à transiter par le réseau collectif

Les conditions de la desserte envisagées préalablement fixées : plan de bornage, pression à délivrer, modalité d'utilisation des prises et le tracé du réseau, les débits à transiter par chaque tronçon doivent être définis ensuite.



### V.3.1. Débits spécifiques et module d'arrosage

#### But :

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

Les débits spécifiques sont définis d'après les besoins en eau de chaque culture, évalués précédemment à partir de la répartition culturale.

La dose d'arrosage de la consommation de pointe est donnée Sous forme de débit permanent fourni 18 heures sur 24 heures, afin d'assurer les besoins de consommation mensuelle.

Ces débits spécifiques sont calculés par la formule suivante et permettront de déterminer les débits à la parcelle et à l'entête de l'entité d'étude.

$$q = \frac{B_m}{T \times t \times 3,6 \times K} \text{ en } (l / s / ha).$$

Tels que :

$B_m$  : Besoins mensuels maximum net en  $m^3/ha$ .

$T$  : Temps d'irrigation par jour  $\approx 18h / j$ .

$t$  : Nombre de jours d'irrigation = 30 jours.

$K$  : Coefficient d'efficience globale du système d'irrigation  $\approx 0,70$

### V.3.2. Calcul du débit spécifique

- Pour un assolement céréale / maraîchage le mois de pointe est Mai.

- Les besoins de pointe sont de 819,97 mm

- Le débit spécifique  $q_s$  de l'assolement est trop important 5,3 l/s/ha, on choisira le débit spécifique de la culture la plus exigeante.

Les cultures les plus exigeantes sont les céréales

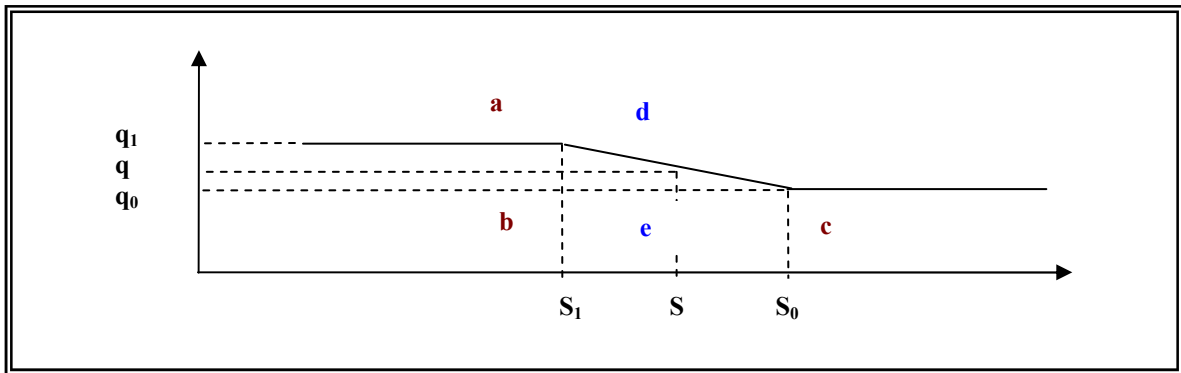
$$q_s = \frac{166,42 * 10 * 1000}{3600 * 0,75 * 30 * 20} = 1,03 \text{ (l/s/ha)}$$

Le débit spécifique :  $q_s=1.03 \text{ l/s/ha}$  est inférieur à  $1.5 \text{ l/s/ha}$ , donc le choix reste est valable

• **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, dont l'importance a été déterminée par l'étude préalable des besoins, de façon à laisser une liberté à l'irrigant, quant à l'organisation de ses arrosages. 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.



**Fig. V.2 :** Représentation graphique de la loi de débit

Conformément à la figure V.2, la loi des débits est donnée sous la forme suivante :

# 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.

#### V.4. Calcul des diamètres

Le calcul des diamètres est réalisé sur la base des débits véhiculés par le tronçon de conduite, et les vitesses admissibles maximales et minimales.

On limite les vitesses dans les conduites à un minimum de 0,5 m/s et à un maximum de 2,5 m/s.

La formule de BONIN nous donne une approche du diamètre calculé qu'on normalise

$$D = \sqrt{Q}$$

Avec :

Q : Débit en m<sup>3</sup>/s.

D: Diamètre en m.

#### V.5. Calcul des pertes de charge

Les pertes de charge unitaires, ont été définies par la formule de LECHAPT et CALMON :

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

Avec :

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

Q : débit en m<sup>3</sup>/s.

D : diamètre de la conduite considérée.

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

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

Les paramètres L, M et N sont déterminé en fonction de rugosité (K) selon le tableau suivant :

**Tableau. V.2** : Paramètres L, M, N en fonction de la rugosité

Type de matériau	K (mm)	L	M	N
PEHD	0,025	1,01	1,84	4,88
Tuyaux en amiante-ciment classe 30	1	1,601	1,975	5,25
FTI	2	1,863	2	5,33

### V.6. Choix du type de borne

Le choix de la Borne dépend de la surface :

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

Le calcul des débits de chaque borne est représenté dans le tableau ci-dessous.

**Tableau. V.3** : Calcul des débits des bornes

N°:Borne	Surface S (ha)	Débit Spécifique(q) (l/s/ha)	Débit Caractéristique (l/s)	n
1	9.44	1.03	9.72	2
1a	338.71	1.03	348.88	2
2	8.09	1.03	8.33	1
3	8.09	1.03	8.33	1
4	8.09	1.03	8.33	2
5	9.44	1.03	9.72	1
6	9.44	1.03	9.72	2
7	16.18	1.03	16.67	2
8	20.22	1.03	20.83	2
9	9.44	1.03	9.72	2
10	4.05	1.03	4.17	2
11	20.22	1.03	20.83	2
12	7.28	1.03	7.5	2
13	14.83	1.03	15.28	2
14	8.09	1.03	8.33	2
15	6.74	1.03	6.94	1
16	9.98	1.03	10.28	2
17	8.09	1.03	8.33	1
18	2.7	1.03	2.78	1
19	4.05	1.03	4.17	2
20	12.14	1.03	12.5	2
21	8.09	1.03	8.33	2
21A	12.14	1.03	12.5	1

La suite de tableau V.3.

21B	13.49	1.03	13.89	1
22	16.18	1.03	16.67	2
23	3.23	1.03	3.33	2
24	6.74	1.03	6.94	1
25	6.74	1.03	6.94	1
26	14.01	1.03	14.43	2
27	16.18	1.03	16.67	2
28	6.8	1.03	7	1
29	12.14	1.03	12.5	1
30	6.74	1.03	6.94	1
31	17.53	1.03	18.06	2
32	14.83	1.03	15.28	2
33	14.02	1.03	14.44	2
34	5.93	1.03	6.11	1
35	9.44	1.03	9.72	1
36	20.22	1.03	20.83	2
37	9.44	1.03	9.72	2
38	2.7	1.03	2.78	2
39	6.74	1.03	6.94	2
40	22.92	1.03	23.61	2
41	8.09	1.03	8.33	1
42	14.83	1.03	15.28	2
43	6.74	1.03	6.94	1
44	5.93	1.03	6.11	2
45	5.4	1.03	5.56	2
46	3.23	1.03	3.33	2
47	21.57	1.03	22.22	1
48	8.09	1.03	8.33	1
49	9.44	1.03	9.72	2
50	13.49	1.03	13.89	2
51	13.49	1.03	13.89	1

La suite de tableau V.3.

52	13.49	1.03	13.89	1
53	13.49	1.03	13.89	2
54	13.49	1.03	13.89	2
55	17.53	1.03	18.06	2
56	14.02	1.03	14.44	2
57	8.1	1.03	8.34	1
58	8.09	1.03	8.33	2
59	29.67	1.03	30.56	2
60	8.09	1.03	8.33	2
61	12.14	1.03	12.5	2
62	16.18	1.03	16.67	2
63	5.93	1.03	6.11	2
64	13.49	1.03	13.89	2
65	14.83	1.03	15.28	2
66	10.79	1.03	11.11	2
67	4.05	1.03	4.17	1
68	6.74	1.03	6.94	1
69	6.74	1.03	6.94	1
70	4.05	1.03	4.17	1
71	4.05	1.03	4.17	1
72	9.44	1.03	9.72	2
73	12.14	1.03	12.5	2
74	4.58	1.03	4.72	2
75	13.49	1.03	13.89	2
76	0	1.03	0	2
77	5.43	1.03	5.59	2
78	3.78	1.03	3.89	2
79	12.14	1.03	12.5	2
80	11.7	1.03	12.05	2
81	0.03	1.03	0.03	2
82	32.36	1.03	33.33	2

La suite de tableau V.3.

83	18.87	1.03	19.44	4
84	26.97	1.03	27.78	1
85	13.49	1.03	13.89	1
86	10.79	1.03	11.11	2
87	21.57	1.03	22.22	2
88	29.67	1.03	30.56	3
89	28.32	1.03	29.17	3
90	26.97	1.03	27.78	1
91	26.97	1.03	27.78	1
92	26.97	1.03	27.78	1
93	20.22	1.03	20.83	2
94	20.22	1.03	20.83	2
95	20.22	1.03	20.83	2
96	22.92	1.03	23.61	2
97	12.14	1.03	12.5	2
98	14.83	1.03	15.28	2
99	16.18	1.03	16.67	1
100	16.18	1.03	16.67	1
101	13.49	1.03	13.89	2
102	12.14	1.03	12.5	2
103	8.09	1.03	8.33	2
104	10.79	1.03	11.11	2
105	17.53	1.03	18.06	3
106	12.14	1.03	12.5	2
107	9.44	1.03	9.72	1
108	21.57	1.03	22.22	2
109	13.49	1.03	13.89	1
110	16.18	1.03	16.67	2
111	16.18	1.03	16.67	1
112	16.18	1.03	16.67	1
113	6.74	1.03	6.94	2

La suite de tableau V.3.

114	5.4	1.03	5.56	2
115	14.83	1.03	15.28	2
116	18.87	1.03	19.44	2
117	8.09	1.03	8.33	1
118	4.05	1.03	4.17	2
119	5.93	1.03	6.11	2
120	2.7	1.03	2.78	2
121	18.87	1.03	19.44	2
122	10.79	1.03	11.11	1
123	16.18	1.03	16.67	2
124	21.57	1.03	22.22	1
125	21.57	1.03	22.22	1
126	28.32	1.03	29.17	2
127	9.44	1.03	9.72	2
128	22.91	1.03	23.6	2
129	9.44	1.03	9.72	2
130	14.83	1.03	15.28	2
131	8.09	1.03	8.33	2
132	16.18	1.03	16.67	2
133	13.49	1.03	13.89	3
134	8.09	1.03	8.33	3
135	2.7	1.03	2.78	2
136	6.74	1.03	6.94	1
137	4.05	1.03	4.17	2
138	8.09	1.03	8.33	2
139	9.44	1.03	9.72	2
140	16.18	1.03	16.67	3
141	13.49	1.03	13.89	2
142	24.27	1.03	25	2
143	9.44	1.03	9.72	3
144	6.74	1.03	6.94	2



La suite de tableau V.3.

145	4.05	1.03	4.17	2
146	9.5	1.03	9.79	3
147	6.74	1.03	6.94	2
148	6.74	1.03	6.94	3
149	8.63	1.03	8.89	3
150	8.09	1.03	8.33	1
151	26.97	1.03	27.78	1
	2220.81		2287.43	

**Tableau. V.5 :** Répartition de la pression sur la conduite principale

HMT=73					
PTS	N O U B	CTN(m)	CP(m)	AH(m)	P(mec)
SP		820.4	893.4		73
P2	N	751.03	878.98	14.42	127.95
P3	N	764.8	861.45	17.53	96.65
1	N	764.29	861.45	0	97.16
4	N	761.75	859.75	1.7	98
971	B	754.3	855.3	4.45	101
5	N	766	850.89	4.41	84.89
6	N	767.51	845.67	5.22	78.16
948	N	771	844.7	0.97	73.7
946	N	767.89	842.97	1.73	75.08
944	N	763.5	842.27	0.7	78.77
943	B	764.7	841.42	0.85	76.72
942	B	767.8	840.73	0.69	72.93
3	N	771.45	839.37	1.36	67.92
830	N	773.94	835.06	4.31	61.12
823	B	782.8	833.73	1.33	50.93
822	B	784.9	830.73	3	45.83
821	N	781.39	827.33	3.4	45.94

## **V.7. Matériaux de construction des canalisations**

### **V.7.1. Choix du matériau des conduites**

Conformément aux prescriptions techniques, pour des systèmes d'irrigation on utilise comme règle générale, les canalisations principales et celles de distribution constituées de tuyaux non métalliques.

Vu la nomenclature et les types des tuyaux fabriqués en Algérie, dans notre cas il est possible d'utiliser principalement les tuyaux de types suivants:

- conduites de diamètre 600 - 1500 mm - tuyaux FTI. ou FB (PMS 15 bars);
- conduites de diamètre 100 - 600mm - tuyaux en amiante-ciment classe 30;
- conduites de diamètre 250 - 315mm - tuyaux en PVC (PN 16 bars);
- conduites de diamètre 200 –500 mm - tuyaux en polyéthylène PEHD (PN 16 bars).

L'expérience d'exploitation en Algérie des conduites de diamètres importants a démontré que les conduites constituées de tuyaux de type FTI sont les plus préférables parce qu'elles présentent plus de facilités pour la réalisation de travaux de réparation.

Suite aux résultats de la comparaison technico-économique le Bureau d'études préconise d'utiliser les tuyaux du type PEHD (PN 16 bars) pour les conduites de diamètre 100 jusqu'à 150 mm et les tuyaux en amiante-ciment Classe 30 pour les conduites de diamètre de 200 à 500 mm.

## **V.8. Etablissement du profil en long de la conduite principale**

### **Order de construction:**

- Piquetage a partir de la conduite de refoulement qui situe entre la station de pompage et bassin de régularisation d'oued Hamla.
- Relever les cotes du terrain naturel au niveau de chaque piquet.
- Tracé du terrain naturel.
- Tracé du profil en long de la canalisation.
- Le lit de la pose est constitué d'une couche de sable de 10 à 20 cm, pour éviter la déformation des conduites en présence d'argile gonflant.
- Disposition de différents ouvrages existants le long du tracé (borne, vanne de sectionnement, vanne de vidange, ventouse, regard de réparation, etc....

## **V.9. Equipement hydromécanique**

Pour assurer le bon fonctionnement, ainsi que la protection du réseau de distribution, nous prévoyons l'installation des équipements hydromécaniques tels que :

### **V.9.1. Ventouses ou soupapes d'échappement**

Installées sur les points hauts des canalisations. Elles permettent l'évacuation de l'air.

### **V.9.2. Puits de vidange**

Placés dans les points Bas (dépression naturelle). Ils permettent le chassage de l'eau en cas de nécessité.

### **V.9.3. Vanne de sectionnement**

Elles permettent la régularisation des modules d'irrigation dans les tronçons du réseau de desserte. En plus elles sont installées au niveau de la station de pompage et les réservoirs.

## **V.10. Ouvrages aux points de piquage des conduites principales à la conduite de transfert**

Au point de piquage des conduites principales à la conduite de transfert on prévoit d'aménager les ouvrages suivants :

### **\* Au point de piquage P3**

#### **1. Sur la file CPES :**

- 1.1 Regard avec le soupape de décharge (soupape anti bélier) DN 200 mm ;
- 1.2 Regard avec débitmètre à ultra-son DN 500 mm ;
- 1.3 Regard avec vanne papillon DN 500 mm.

#### **2. Sur la file CPE :**

- 2.1 Regard avec la soupape de décharge (soupape anti bélier) DN 200 mm ;
- 2.2 Regard avec débitmètre à ultra-son DN 1200 mm ;
- 2.3 Regard avec vanne papillon DN 1000 mm.

De plus, sur la file CPO (au début) de la conduite principale on prévoit d'aménager les ouvrages suivants :

1. Regard avec le soupape de décharge (soupape antibelier) DN 200 mm ;
2. Regard avec débitmètre à ultra-son DN 1200 mm ;
3. Regard avec vanne papillon DN 1000 mm.

Les débitmètres doivent être munis de compteurs d'eau pour assurer le comptage du volume d'eau alloué à l'irrigation du périmètre Teleghma.

En plus de l'équipement ci-dessus énuméré, dans tous les points ci-haut définis on prévoit de monter sur les conduites les brides de diamètre de ½ pouce avec des robinets sphériques et soupapes de drainage pour évacuation de l'eau et de l'air et des manomètres pour assurer le contrôle de la pression dans les conduites.

### **Conclusion**

Pour conclure, le réseau de distribution est sous pression, et la desserte est à la demande, d'où l'évaluation des débits à transiter par les différents tronçons du réseau s'avère très complexe.

Le modèle que nous avons proposé pour schématiser le phénomène d'appel des débits dans une telle desserte est basé sur la loi de Clément, dans laquelle, les débits affectés à chaque prise sont fonction de la probabilité d'ouverture des prises.

***CHAPITRE VI :***  
***DIMENSIONNEMENT DE PARCELLE***  
***D'IRRIGATION***

## **Introduction**

L'irrigation est l'application de l'eau au sol dans le but de combler le déficit en eau, ce moyen donne les conditions favorables pour la croissance des plantes.

Quelque soit l'origine de l'eau (cours d'eau naturel, nappe souterraine, eau de barrage) et son mode de transport (canaux, conduite sous pression), le problème qui se pose est comment répartir cette eau sur le sol de façon, a ce que les plantes en tirent le maximum de profit. Cependant le moyen de répartition de l'eau sur le sol ne doit pas toujours répondre a ce critère d'une production maximale, donc on doit essentiellement envisager un choix minutieusement détaillé du mode d'irrigation et de la technique d'arrosage a compatibilité avec les contraintes de la région d'étude.

### **VI.1. Généralité**

Un réseau d'irrigation est l'ensemble d'organes, d'ouvrages et appareils qui assurent le transport, la répartition et la distribution à chaque exploitation agricole, dans chaque parcelle des eaux destinées à l'irrigation, sans oublier par ailleurs les organes qui doivent éventuellement évacuer les eaux en excès.

### **VI.2. Les différents systèmes d'irrigation**

Les différentes techniques d'arrosage rencontrées dans le monde peuvent être ramenées à (3) grands types :

- Irrigation de surface (irrigation gravitaire) ;
- Irrigation goutte à goutte ;
- Irrigation par aspersion.

### **VI.3. Description d'un réseau d'irrigation goutte à goutte**

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

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

- **micro-irrigation** : terme choisi par la CIID (Téhéran 1976) en référence aux débits utilisés qui, contrairement aux autres techniques plus anciennes, aspersion et irrigation de surface, sont très faibles.
- **irrigation goutte à goutte** : terme utilisé par certains auteurs en référence à l'utilisation d'un type particulier de distributeur: le goutteur.
- **irrigation localisée**: terme choisi par l'organisation mondiale pour l'alimentation et l'agriculture (FAO, OAA, 1976) en raison des apports d'eau effectués au voisinage immédiat des plantes. C'est ce terme que nous utiliserons par la suite.

### VI.3.1. Critères de choix de la méthode de micro-irrigation

On peut résumer les conditions d'utilisation de la micro-irrigation ainsi qu'il suit (Vermeiren, 1983) :

- Prix de l'eau élevé ou ressources en eau rares;
- Terrain en forte pente ou accidenté ;
- Rareté et cherté de la main d'œuvre ;
- Mauvaise qualité de l'eau (salinité).

### VI.3.2. Champ d'application de la micro irrigation

La micro irrigation est maintenant couramment utilisée pour les cultures suivantes :

- ✓ Cultures fruitières : Européennes, Méditerranéennes et Tropicales, sans aucune limitation ;
- ✓ Cultures maraîchères et florales de pleine terre : plein champ ou sous tunnels plastiques ;
- ✓ Cultures arbustives en pots ;
- ✓ Grandes cultures : coton, canne à sucre, maïs, betteraves sucrières, tabac, bananiers, ... etc).

### VI.3.3. Composition d'une installation d'irrigation goutte à goutte

Chaque parcelle doit être équipée d'un réseau composé d'une unité de tête qui est l'élément essentiel de tout réseau d'irrigation localisée. L'installation de tête a pour but de fournir de l'eau propre, éventuellement enrichie et traitée chimiquement, sous une pression régulée, et de la distribuer successivement vers tous les secteurs à irriguer.

Cette unité reliée au point de fourniture de l'eau, est généralement constituée des éléments suivants :

- ❖ Groupe de pompage ;
- ❖ Vanne ;
- ❖ Filtre à sable ;
- ❖ Débit mètre : pour contrôler le débit et le régler en fonction du bassin.
- ❖ Régulateur de pression : pour régler la pression ;
- ❖ Porte- rampes d'arrosage ;
- ❖ Conduites principales enterrées ;
- ❖ Rampe munie de goutteurs d'un écartement fixe selon le mode de plantation des cultures.

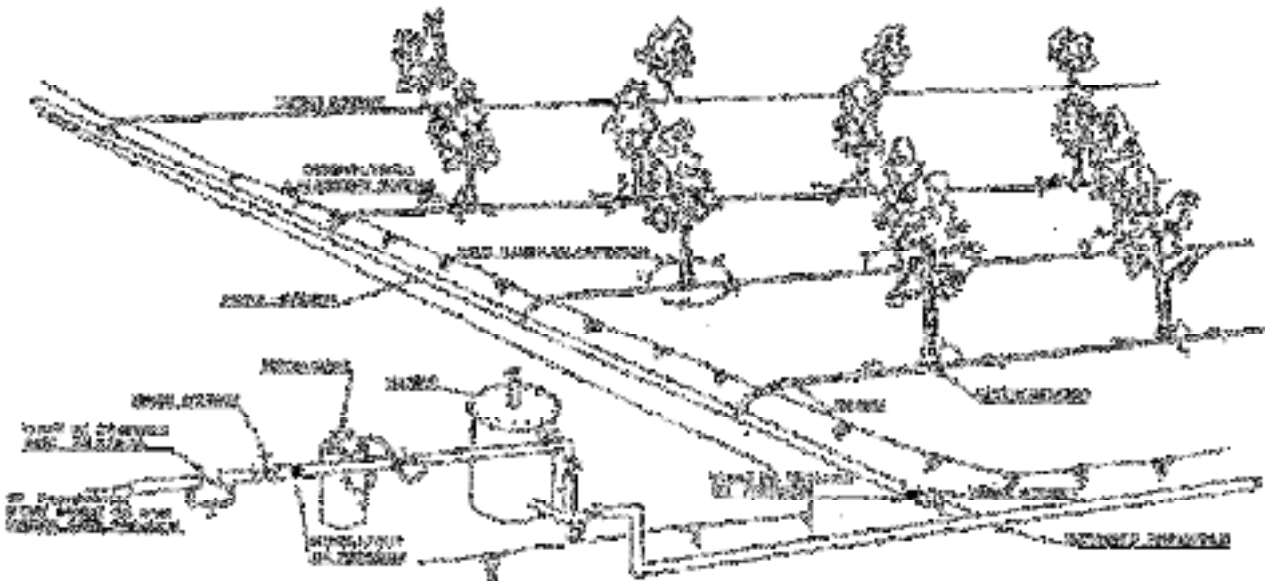


Fig. VI.1 : Parties essentielles d'un réseau de micro-irrigation (Vermeiren et al, 1983)

### VI.3.3.1. Groupe de pompage

Le groupe de pompage est mis à la sortie du bassin d'accumulation, il peut être soit :

### VI.3.3.2. Filtre à sable



Le filtre à sable est une cuve à pression remplie d'une épaisse couche de sable calibrée qui arrête les éléments solides en suspension dans l'eau qui la traverse, il est indispensable pour arrêter les éléments organiques. Le sable peut être roulé ou concassé. Le sable peut être roulé d'une seule granulométrie, permet une filtration plus homogène. Pour un bon fonctionnement, le filtre doit retenir les particules de granulométrie supérieure à 1/7 de la plus petite dimension de passage de l'eau dans le distributeur.

### **VI.3.3.3. Filtre à tamis**

C'est une cuve à pression contenant une paroi filtrante au tamis en plastique ou en acier inox, dont les mailles varient de 80 à 150  $\mu$ , les particules de dimension supérieures à cette maille sont arrêtées par le tamis.

### **VI.3.3.4. Régulateur de pression**

Il permet de contrôler la pression en tête et la conduite principale.

### **VI.3.3.5. Les goutteurs**

Les goutteurs apportent l'eau à la surface du sol de manière ponctuelle. Le rôle des goutteurs est de fournir un faible débit (quelques litres par heure). La pression de l'eau est dissipée dans le goutteur puis l'eau est évacuée à l'extérieur à pression nulle.

Au niveau de chaque poste on dénombre deux goutteurs par arbre d'un débit égal à 4 l/h pour chacun.

### **VI.3.3.6. Les distributeurs**

En irrigation localisée, l'eau est transportée le long des rangs des cultures et distribuée au voisinage des plantes.

Les distributeurs apportent l'eau au niveau du sol :

- ✓ ponctuellement : les goutteurs
- ✓ en diffusion : les mini diffuseurs
- ✓ linéairement : les gaines perforées

### **VI.3.3.7. Les rampes et les portes-rampes**

La plupart des conduites en plastiques utilisées en irrigation sont fabriquées à partir des quatre matériaux suivants :

- Le chlorure de polyvinyle PVC ;
- le polyéthylène PE, de basse densité (PEBD) ou de haute densité (PEHD) ;
- le polypropylène PP ;
- l'acrylonitrile –butadiène styrène, ABS

Parmi eux, le PEBD et le PEHD sont les plus utilisés en irrigation localisée, en raison de sa plus grande résistance à la pression, le PVC est le plus économique dans les gros diamètres, alors que les PE (moins résistants) sont surtout utilisés en petits diamètres, pour les rampes et parfois les portes-rampes.

### **a- Les rampes**

La plupart des rampes sont en tuyaux PE noir de basse densité (PEBD). Ce matériau est flexible et pas trop sensible au soleil, ce qui est important car les rampes sont posées à la surface du sol.

Les diamètres intérieurs vont de 05 à 25 mm, mais les plus courants sont 10, 12, 15 et 16 mm. L'épaisseur de parois est de 03 ou 04 mm suivant la pression (la pression de l'eau dans le tuyau réduit le risque de « craquage », mais il faut faire attention pendant la pause car il est très facile d'endommager les tuyaux lors de leur déroulement).

Les craquelures des tuyaux PE constitués de plusieurs fentes longitudinales peuvent être un problème lorsqu'on utilise les raccords cannelés extérieurement, c'est le cas des distributeurs en ligne lorsque le diamètre extérieur de la cannelure du distributeur est trop grand par rapport au diamètre du tuyau utilisé pour constituer la rampe.

### **b- Les portes-rampes**

Les porte-rampes sont en PE ou en PVC, de 20 à 80 mm de diamètre, la majorité entre 20 et 50 mm de diamètre intérieur, le choix du diamètre dépend en partie du calcul hydraulique en partie du type de raccordement aux rampes parfois le porte-rampe sera d'un diamètre supérieur au diamètre nécessaire du point de vue hydraulique surtout si la rampe pénètre simplement par pression dans un trou réalisé dans la paroi du porte-rampe.

### VI.3.3.8. Les conduites principales

Elles sont semblables en irrigation localisée à ce qu'elles sont en aspersion classique, mais peuvent être plus petites et d'une pression inférieure en raison de l'utilisation des débits et des pressions plus faibles.

Dans les petits réseaux on peut utiliser des tuyaux PE mais il est plus fréquent de les faire en PVC.

Elles relient le bassin d'irrigation au reste de l'installation au moyen des vannes. Tout au long de son parcours elle alimente les porte-rampes.

### VI.4. Données générales

Culture : pommier

- Espacement entre arbres : 3 m
- Espacement entre arbres rangs : 4 m

Caractéristique de goutteur

- Débit nominal : 4 l/h
- Pression nominale : 10 mce
- Espacement entre deux goutteurs : 1 m

### VI.5. Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée [8]

#### VI.5.1. Influence du taux de couverture du sol

Principalement l'irrigation localisée est utilisée pour les cultures en ligne où une partie seulement de la surface est occupée par les plantes ; donc les chiffres des besoins en eau déterminés par les méthodes où toute la surface est considérée à irriguer doivent être multipliés par un coefficient de réduction «  $K_r$  » dépendant du taux de couverture «  $C_s$  »

Le coefficient  $K_r$  est donné par plusieurs formules comme :

- **La formule de Keller et Karmeli (1974) :**

$$K_r = \frac{C_s}{0,85}$$

- **La formule de Freeman et garzoli :**

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

- **La formule de Decroix (CTGREF) :**

$$K_r = 0,1 + C_s.$$

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

$$K_r = 0,71 \quad \text{selon Keller et Karmeli.}$$

$$K_r = 0,80 \quad \text{selon Freeman et Garzoli.}$$

$$K_r = 0,70 \quad \text{selon decroix (CTGREF).}$$

$$\text{On prend le : } K_r = 0.71$$

Irrigation traditionnelle demanderait pour le mois de pointe  $M_{\text{pointe}} = 1,65 \text{ mm / jour}$

(Tableau (IV-11) des besoins en eau dans le chapitre IV).

En irrigation localisée les besoins se réduisent à

$$ETM_{\text{Localisé}} = ETM_{\text{pointe}} * K_r$$

$$ETM_{\text{Localisé}} = 135.72 * 0,8 = 108.58 \text{ mm/mois} = 3.62 \text{ mm}$$

### VI.5.2. Besoins d'irrigation brute $B_{\text{brut}}$

C'est le volume d'eau d'irrigation nécessairement pratique.  $B_{\text{net}}$  et  $B_{\text{brut}}$  sont liées par l'équation ci-après. La dose brute d'arrosage dépend en fait de l'uniformité de l'irrigation et de l'efficacité du réseau.

$$B_{\text{brut}} = \frac{B_{\text{net}}}{C_u}$$

$$\text{Donc : } B_{\text{brut}} = \frac{108.58}{0,9} = 120.64 \text{ mm / mois} = 4.02 \text{ mm}$$

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

### VI.5.2. Pourcentage de sol humidifié

Le pourcentage du sol humidifié est déterminé soit :

- Selon l'écartement entre les rampes et la texture du sol.
- En appliquant la formule suivante :

$$\frac{P}{100} = \frac{n \cdot S_{pd} \cdot Sh}{Sa \cdot Sr}$$

**Avec :**

P : Pourcentage du sol humidifié ;

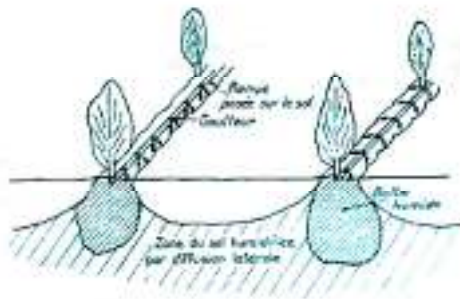
n : Nombre de points de distribution par arbre ;

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

Sh : Largeur de la bande humidifiée (m) ;

Sr : Ecartement entre rangs d'arbres (m) ;

Sa : Espacement des arbres sur les rangs.(m) [4]



**Fig.VI.2 : Zone du sol humidifié**

**D'où :**

$$P = 100 \cdot \frac{2 \cdot 1 \cdot 3}{3 \cdot 4} = 50 \%$$

**VI.5.3. Fréquence d'arrosage**

La fréquence ou espacement entre deux arrosages. Cette valeur dépend de la transpiration journalière moyenne dans la période de pointe des cultures et de la dose appliquée à chaque arrosage.

$$\text{Dose nette} = (H_{cc} - H_{pf}) \cdot e \cdot Z \cdot P / 100$$

Les caractéristiques hydriques pour un sol limoneux en moyenne :

Hcc=22% HCC : humidité à la capacité au champ

Hpf=10% Hpf : humidité au point de flétrissement.

$$Y = \frac{2}{3} \quad Y : \text{degré de tarissement admis}$$

Tel que :

$$Z = 1200 \text{ mm} \quad Z : \text{profondeur d'enracinement}$$

$$\text{Dose nette} = \frac{12}{100} * 0.66 * 1200 * 0.5 = 38.4 \text{ mm}$$

$$\text{Donc la fréquence minimale } f = \frac{D_{\text{nette}}}{ETM_r} = \frac{38.4}{3.61} = \mathbf{11 \text{ jours}}$$

#### VI.5.4. Durée d'arrosage

$$d = \frac{b_{\text{brut}} * E_g * S_r}{q_g} = \frac{4.02 * 1 * 4}{2 * 4} = 2.01 \text{ h} \approx 3 \text{ h / jour}$$

Avec :

Eg : L'espace des distributeurs sur la rampe ;

Sr : L'écartement entre les rampes ;

Qg : Débit du distributeur en l/h.

#### VI.5.5. Calcul de l'installation

##### A- Calcul du nombre de postes

$$N(p) = \frac{T_{\text{max}}}{d_j} = \frac{16}{2.01} = 8 \text{ Poste}$$

Avec :

Tmax : Temps maximum de travail, en prend Tmax = 16 h/24 h.

d<sub>r</sub> : Durée d'arrosage en h/jour.

##### B- Surface d'un poste

$$S(p) = \frac{S(t)}{N(p)} = \frac{5}{8} = 0.625 \text{ ha}$$

**C- Choix des goutteurs dans notre zone d'étude la densité des cultures**

Pour les cultures 834 arbres/hectare c'est à dire une plantation de (3\*4) m

Pour nos cultures en utilise généralement 2 goutteurs de débit de 4 l/s.

Pour chaque poste on doit déterminer les paramètres qui sont :

- **Nombre des goutteurs**

$$L_{\text{poste}} = L_r = 100m$$

Avec :  $L_r$  : Longueur de poste

Largeur de poste  $l_{\text{poste}} = L_{pr} = 62.5m$

$N_g = N_{\text{arbres}} \cdot n$  donc  $N_g = 1042$  goutteurs

Avec :  $N_{\text{arbres}}$  : Nombre des arbres chaque poste =  $834 * 0,625 = 521$  arbres /poste

- **Nombre des rampes :**

$$N_{\text{rampe}} = \frac{L_p}{E_R} = \frac{62.5}{4} = 16 \text{ rampes}$$

Avec :  $L_r$  : la longueur de poste (m)

- **Débit de poste :**

$$Q_{\text{post}} = N_g \cdot Q_g \quad Q_{\text{poste}} = 4168l / h$$

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

Poste	Superficie Ha	Rampe		Nombre d'arbres	Nombre de goutteurs
		Nombre	Longueur		
I... VIII	0,625	16	100	834	<b>1042</b>
Total	5	128	-	6672	<b>8336</b>

**VI.6. Calcul hydraulique**

**VI.6.1. Conditions hydrauliques**

La variation maximale du débit entre goutteur :

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

La variation maximale de la pression.

$$q = K \cdot H^x$$

$x = 0,5$  (caractéristique du goutteur).

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

**Avec :**

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

$H$  (n) : pression nominale.

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

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

La répartition de la perte de charge est :

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

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

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

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

**VI.6.2. Calcul de la rampe**

❖ **Débit de la rampe**

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

$$Q_R = N_G \cdot Q_G$$

**Avec :**

$Q_R$  = Débit de la rampe en l / h ;

$N_G$  = Nombre de goutteurs par rampe ;

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

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

❖ **Le diamètre**



Le diamètre est calculé d'après la formule suivante :

On propose que les rampes en PEBD

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

Avec :

P.d.c (r) : La perte de charge dans la rampe ;

Q(r) : Le débit de la rampe en l/h ;

L(r) : La longueur de la rampe en m.

#### ❖ La perte de charge

La perte de charge est déterminée après le choix du diamètre par la formule suivante

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

Tel que :

J = Perte de charge en m ;

D = Diamètre en mm ;

Q = Le débit en l / h ;

L = Longueur en m.

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

#### ❖ Débit du porte-rampe

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

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

Avec :

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

$N_R$  = Nombre de rampes ;

$Q_R$  = Débit d'une rampe en l / h.

❖ **Le diamètre**

Le diamètre du porte rampe est calculé par la formule ci-dessous

On propose que les porte-rampes en PEHD

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

❖ **La perte de charge**

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

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

Les résultats de calcul des différents postes sont représentés dans le tableau VI-2.

**Tableau. VI.2 :** Caractéristiques générales du réseau localisé

Rampe						Porte-rampe					
L (m)	Q (l/h)	D <sub>cal</sub> (mm)	D <sub>N</sub> (mm)	V (m/s)	J (mce)	L (m)	Q (l/h)	D <sub>cal</sub> (mm)	D <sub>N</sub> (mm)	V (m/s)	J (mce)
100	264	12.4	16	0.36	0.57	62.5	4168	39.6	50	0.59	0.2

**VI.6.4. La conduite principale**

❖ **Le débit**

Le débit de la conduite principale est calculé par la formule

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

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

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

**Donc :**  $Q_{c.p} = 1.16 \cdot 8 = 9.26 \text{ l/s} = 33\,408 \text{ l/h}$

❖ **La longueur**

On a : L<sub>C.P</sub> = 380 m

❖ **Le diamètre**

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

$$\varnothing = \sqrt{Q}$$

$Q$  ; débit en m<sup>3</sup>/s

$$\varnothing = \sqrt{0,96 \cdot 10^{-2}} = 96.24 \text{ mm.}$$

On choisit un diamètre commercialisable de 100 mm.

❖ **La perte de charge**

Elle est donnée toujours par la formule suivante

$$J = \frac{0,478}{2,75} \cdot 100^{-4,75} \cdot 33408^{1,75} \cdot 380 = 1,72 \text{ m.c.e.}$$

Donc la perte de charge de la conduite principale P.d.c = 1,72m.c.e.

❖ **La vitesse :**

La vitesse dans la canalisation principale est donnée par :

$$Q = V.S$$

$$V = \frac{Q}{S} ; S = \frac{\pi d^2}{4} . \quad V = \frac{4 Q}{\pi d^2}$$

$$V = 1.16 \text{ m/s } (0.8 \leq V \leq 1.2) . \quad \text{Acceptable.}$$

**VI.7. La pression en tête de l'installation**

Elle est calculée à partir du point le plus défavorable (figure V-4)

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

**D'où :**

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

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

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

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

$P_{Fi}$ : la perte de charge dans le filtre  $P_{Fi}=2$  mce;

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

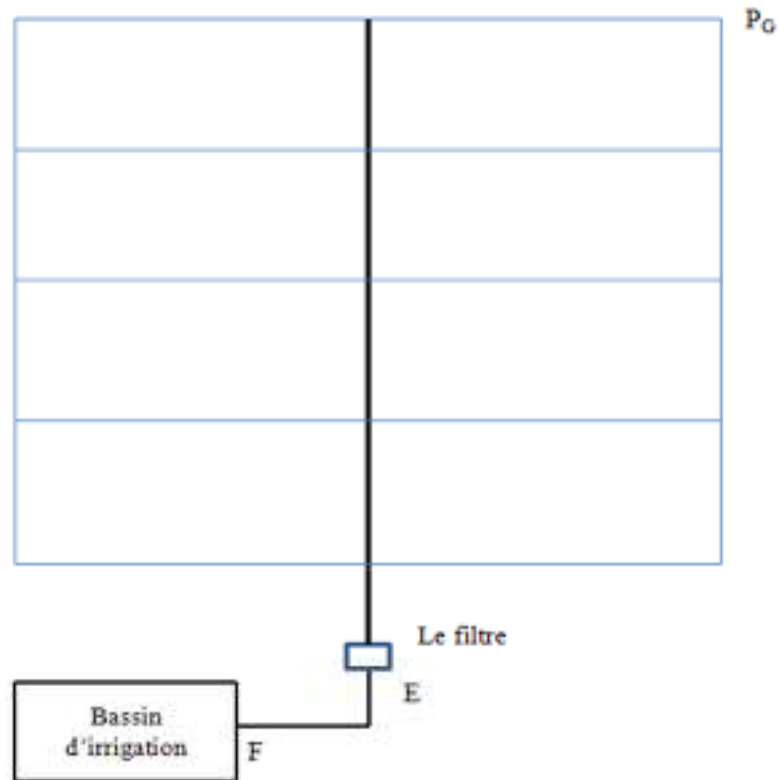
$J_{lin}$  = Perte de charge linéaire en m ; tel que :  $J_{lin} = J_{BF}(CP) + J_{FE}$

Tel que :

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

AN:

$$P = 10 + 0.57 + 0,2 + 1,2 (1.72 + 0,015) + 2 = 14.85 \text{ m}$$



**Fig. VI.4 :** La pression en tête de l'installation

### V.8. Choix de la pompe

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

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

#### ➤ Débit de la pompe

$$Q = 48 \text{ m}^3/\text{h}.$$

#### ➤ Hauteur d'élévation

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

Avec :

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

$$H_{P-D} = \frac{0,478}{2,75} * 125^{-4,75} \cdot 48000^{1,75} \cdot 2 = 0,006 \text{ m.c.e}$$

$$HMT = 0,2 + 14,85 + 0,006 = 14,68 \text{ m.}$$

La pompe a les caractéristiques (Q=48 m<sup>3</sup>/h, HMT=14.76 m)

D'après le logiciel CAPRARI on trouve en fonction de (Q, HMT), une pompe de type MEC-A 1/50D.

### V.9. Capacité du bassin d'irrigation

$$V_b = Q \cdot T_a + V_{inc}$$

Avec :

Q : débit nécessaire à la parcelle ;

T<sub>a</sub> : durée d'arrosage.

V<sub>inc</sub> : volume d'incendie estimé à 20 m<sup>3</sup>.

$$V_b = 48 * 3 + 20 = 164 \text{ m}^3$$

Le volume normalisé est : **200 m<sup>3</sup>**.

### Conclusion

Après la détermination des besoins en eau d'irrigation, cette dernière partie consiste à choisir la meilleure technique d'arrosage qui est adapté avec les données qui caractérisent notre parcelle.

La façon de distribuer l'eau aux plantes, la durée d'arrosage, la fréquence, le débit nécessaire, représente le calcul de base d'un réseau d'irrigation localisée pour un îlot.

En fin le dimensionnement des différents tronçons d'adduction (Barrage-station de pompage – piquage - borne d'irrigation-bassin d'irrigation).

***CHAPITRE VII:***  
***CALCUL TECHNIQUO- ECONOMIQUE***

### VII.1. Introduction

L'estimation économique du projet, nous permettra d'évaluer le coût de l'aménagement, en fonction des différentes charges intervenant dans le projet.

Cette partie du mémoire est très importante, car elle permet d'avoir une idée sur le coût de réalisation du projet.

L'évaluation consiste à déterminer les quantités de toutes les opérations effectuées sur le terrain pour la réalisation du projet, ensuite les multiplier par le prix unitaire correspondant, et enfin, on trouve le coût total du projet.

### VII.2. Coût Des Conduites

Les prix unitaires (bordereau des prix) des conduites de différents diamètres qui ont été utilisés pour les calculs hydrauliques et l'optimisation du réseau sont récapitulés au tableau VII-1. Aussi, les prix des conduites sont dans le tableau suivant :

**Tableau. VII.1 : Prix des conduites**

<b>Diamètre (mm)</b>	<b>LON(m)</b>	<b>Prix unitaire (DA/ml)</b>	<b>Prix total de la conduite</b>
1 500	701	42 000	29 442 000
1 200	4 014	30 000	120 420 000
1 000	1 066	23 000	24 518 000
800	557	19 000	10 583 000
700	138	16 300	2 249 400
600	5 882	12 000	70 584 000
500	4 782	9 000	43 038 000
400	9 077	7 500	68 077 500
300	3 840	5 500	21 120 000
250	9 155	4 400	40 282 000
200	9 072	3 500	31 752 000
150	7 951	2 500	19 877 500
140	8 163	2 200	17 958 600
125	8 506	1 900	16 161 400

Source : DRE Mila

### VII.3. Devis estimatif et quantitatif des pièces spéciales

#### VII.3.1. Devis estimatif et quantitatif des bornes d'irrigation

Le coût des bornes d'irrigation et les différentes tâches de leurs implantations sont récapitulés dans le tableau suivant.

**Tableau. VII.2 :** Devis estimatif et quantitatif des bornes d'irrigation  
(fourniture, transport, pose et terrassement)

<b>Désignation</b>	<b>Unité</b>	<b>Quantité</b>	<b>Prix unitaire DA</b>	<b>Prix total DA</b>
Borne	U	153	17 000	<b>2 601 000</b>
Fouille en terrain meuble	m <sup>3</sup>	300	800	<b>240 000</b>
Béton de classe n°3 compris coffrage	m <sup>3</sup>	30	7 200	<b>216 000</b>
fourniture, transport et pose de tube préfabriqué en béton armé D = 800 mm et L = 80 cm	U	136	4 000	<b>544 000</b>
fourniture, transport et pose de Gravier 15/20	m <sup>3</sup>	94	1 800	<b>169 200</b>
Remblaiement et compactage au tour de l'ouvrage	m <sup>3</sup>	220	400	<b>88 000</b>
<b>Total</b>				<b>3 858 200</b>



**VII.3.2. Devis estimatif et quantitatif de vidange**

Le coût des vidanges direct et indirect, ainsi les différentes taches de leurs implantations sont récapitulées dans les tableaux suivants :

**Tableau. VII.3 : Devis estimatif et quantitatif des vidanges direct**

<b>Vidange</b>				
<b>Désignation</b>	<b>Unité</b>	<b>Quantité</b>	<b>Prix unitaire</b>	<b>Prix total</b>
			<b>(DA)</b>	<b>(DA)</b>
Vidange	U	6	30 000	<b>180 000</b>
Fouille en terrain meuble	m <sup>3</sup>	5	800	<b>4 000</b>
Béton de classe N°1 compris coffrage	m <sup>3</sup>	2	4 800	<b>9 600</b>
Béton de classe N°4compis coffrage	m <sup>3</sup>	2.4	7 200	<b>17 280</b>
fourniture, transport et pose de gravier 10 cm d'épaisseur	m <sup>3</sup>	2	1 800	<b>3 600</b>
fourniture, transport et pose d'échelle	U	18	600	<b>10 800</b>
fourniture, transport et pose	U	18	1 000	<b>18 000</b>
Remblaiement et compactage	m <sup>3</sup>	4.5	400	<b>1 800</b>
			<b>Total</b>	<b>245 080</b>

**VII.3.3. Devis estimatif et quantitatif des vannes et chambres des vannes**

Le coût des ventouses ainsi les différentes taches de leurs implantations sont récapitulées dans les tableaux suivants:

**Tableau. VII.4 : Devis estimatif et quantitatif des chambres des vannes**

<b>Chambre de vanne</b>				
<b>Désignation</b>	<b>Unité</b>	<b>Quantité</b>	<b>Prix unitaire (DA)</b>	<b>Prix total (DA)</b>
Fouille en terrain meuble	m <sup>3</sup>	84.5	800	<b>67 600</b>
Béton de classe N°1 compris coffrage	m <sup>3</sup>	39.2	4 800	<b>188 160</b>
Béton de classe N°4compis coffrage	m <sup>3</sup>	90	7 200	<b>648 000</b>
fourniture, transport et pose d'échelle Typique	m <sup>3</sup>	26	600	<b>15 600</b>
fourniture, transport et pose couverture typique	U	26	1 000	<b>26 000</b>
Remblaiement et compactage au tour de l'ouvrage	m <sup>3</sup>	30	400	<b>12 000</b>
<b>Total</b>				<b>957 360</b>

**Tableau. VII.5 : Devis estimatif et quantitatif des ventouses**

<b>Ventouses</b>				
<b>Désignation</b>	<b>Unité</b>	<b>Quantité</b>	<b>Prix unitaire (DA)</b>	<b>Prix total (DA)</b>
Ventouse automatique	U	5	40 000	<b>200 000</b>
Fouille en terrain meuble	m <sup>3</sup>	4.3	800	<b>3 440</b>
Béton de classe N°1 compris coffrage	m <sup>3</sup>	2	4 800	<b>9 600</b>
Béton de classe N°4compis coffrage	m <sup>3</sup>	2	7 200	<b>14 400</b>
fourniture, transport et pose d'échelle Typique	U	5	600	<b>3 000</b>
fourniture, transport et pose couverture typique	U	18	1 000	<b>18 000</b>
Remblaiement et compactage au tour de l'ouvrage	m <sup>3</sup>	5.5	400	<b>2 200</b>
<b>Total</b>				<b>250 640</b>

### VII.3.4. Devis estimatif et quantitatif de brise vent

Le brise-vent à prévoir, est composé d'une rangée d'arbre d'espèces indigènes à croissance rapide, avec un intervalle entre les arbres de 1,5m, dont la réalisation d'un réseau de brise-vent périphérique est de longueur 53670m avec un nombre d'arbres d'environ 35780.

**Tableau.VII.6 :** Devis estimatif et quantitatif de brise vent

<b>Brise vent</b>				
<b>Désignation</b>	<b>Unité</b>	<b>Quantité</b>	<b>prix unitaire (DA)</b>	<b>prix total (DA)</b>
Arbre	U	37 580	28	<b>1 052 240</b>
implantation	U	40 000	90	<b>3 600 000</b>
<b>Total</b>				<b>4 652 240</b>

### VII.3.5. Devis estimatif et quantitatif des équipements

**Tableau. VII.7 :** Devis estimatif des équipements

<b>Equipement</b>	<b>Montant (DA)</b>
Chambre des vannes	<b>957 360</b>
Ventouse	<b>250 640</b>
Brise vent	<b>4 652 240</b>
Vidange	<b>245 080</b>
Borne	<b>3 858 200</b>
<b>Total</b>	<b>9 963 520</b>

### VII.4. Coût de terrassement de réseau de distribution

**Tableau. VII.8 :** Prix des travaux réalisés de la conduite

<b>Opération</b>	<b>Unité</b>	<b>Quantité</b>	<b>Prix unitaire</b>	<b>Prix total (DA)</b>
Décapage de la terre végétal épaisseur (30cm)	<b>m<sup>3</sup></b>	7 564.4	600	<b>4 538 640</b>
Déblais en terrain meuble mis en Remblais	<b>m<sup>3</sup></b>	37 884.73	350	<b>13 259 655.5</b>
Fourniture, transport et pose du lit du sable de 10 cm d'épaisseur	<b>m<sup>3</sup></b>	4 741.82	130	<b>616 436.6</b>
			<b>Total</b>	<b>18 414 732.1</b>

### VII.5. Devis global

**Tableau. VII.9 : Devis global**

<b>Nature des charges</b>	<b>Charges en DA</b>
Terrassement, Conduites	<b>534 478 132.1</b>
Equipements	<b>9 963 520</b>
Total HT	<b>544 441 652.1</b>
TVA 17%	<b>92 555 080.86</b>
Total TTC	<b>636 996 732.96</b>

### Conclusion

Après l'estimation qui on a fait on conclu que le coût global du dimensionnement, pour le périmètre Teleghma secteur (Est) est de l'ordre de Six cent trente six millions neuf cent quatre vingt seize milles sept cent trente deux dinars **(636 996 732.96 DA)**.

## CONCLUSION GENERALE

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

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

Nous avons choisi un tracé qui à pu refoulement nous 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 la goutte à goutte permet une meilleure gestion de la ressource en eau et une meilleure conservation du sol.

## Bibliographe

- [1] **TOUAIBIA .B .** : Manuel pratique d'hydrologie, ALGER mars 2004 .P 36 .P65
- [2] **DOCUMENTATION DE LA DRE DE LA WILAYA DE MILA** .service des ressources en eau, service assainissement, service topo, service hydro-agricole
- [3] **ALI BEY.(2003)**. Etude de périmètre d'irrigation sahel algérois ouest, mémoire de fin d'étude, ENSH. 23P
- [4] **YOUB T. (2004)** : Aménagement hydro-agricole du périmètre TAFNA-ISSER.10P
- [5] **KHALIFA, A(2008)**.Dimensionnement d'un réseau d'irrigation à partir d'une retenue collinaire (W .Djalfa), mémoire de fin d'étude. ENSH, 21p
- [6]**TEMZI, D. (2003)**. Projection d'un réseau d'irrigation sous pression et étude comparative entre l'irrigation par aspersion et l'irrigation localisée dans la vallée du Bas Isser Algérois (W-Boumerdes).ENSH. 26 P

# *ANNEXES*

ANNEXE 1



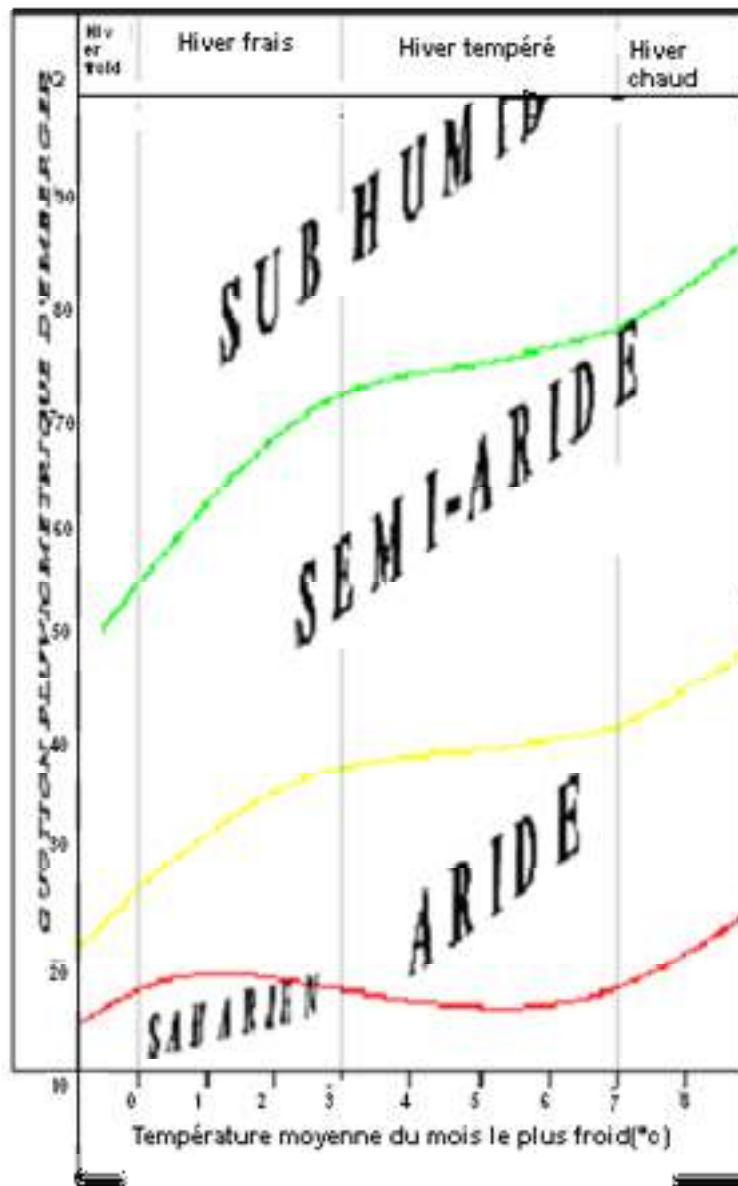
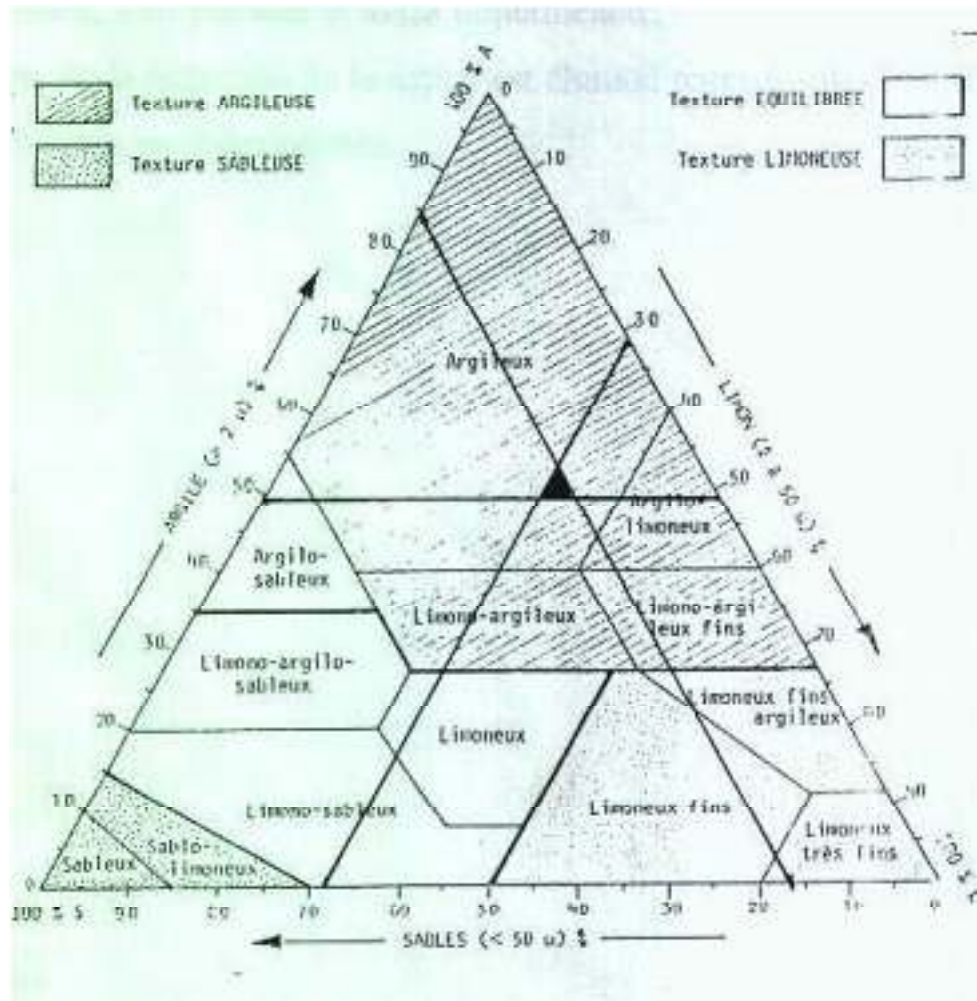


Diagramme bioclimatique d'Emberger

## ANNEXE 2



Triangle de texture

### ANNEXE 3

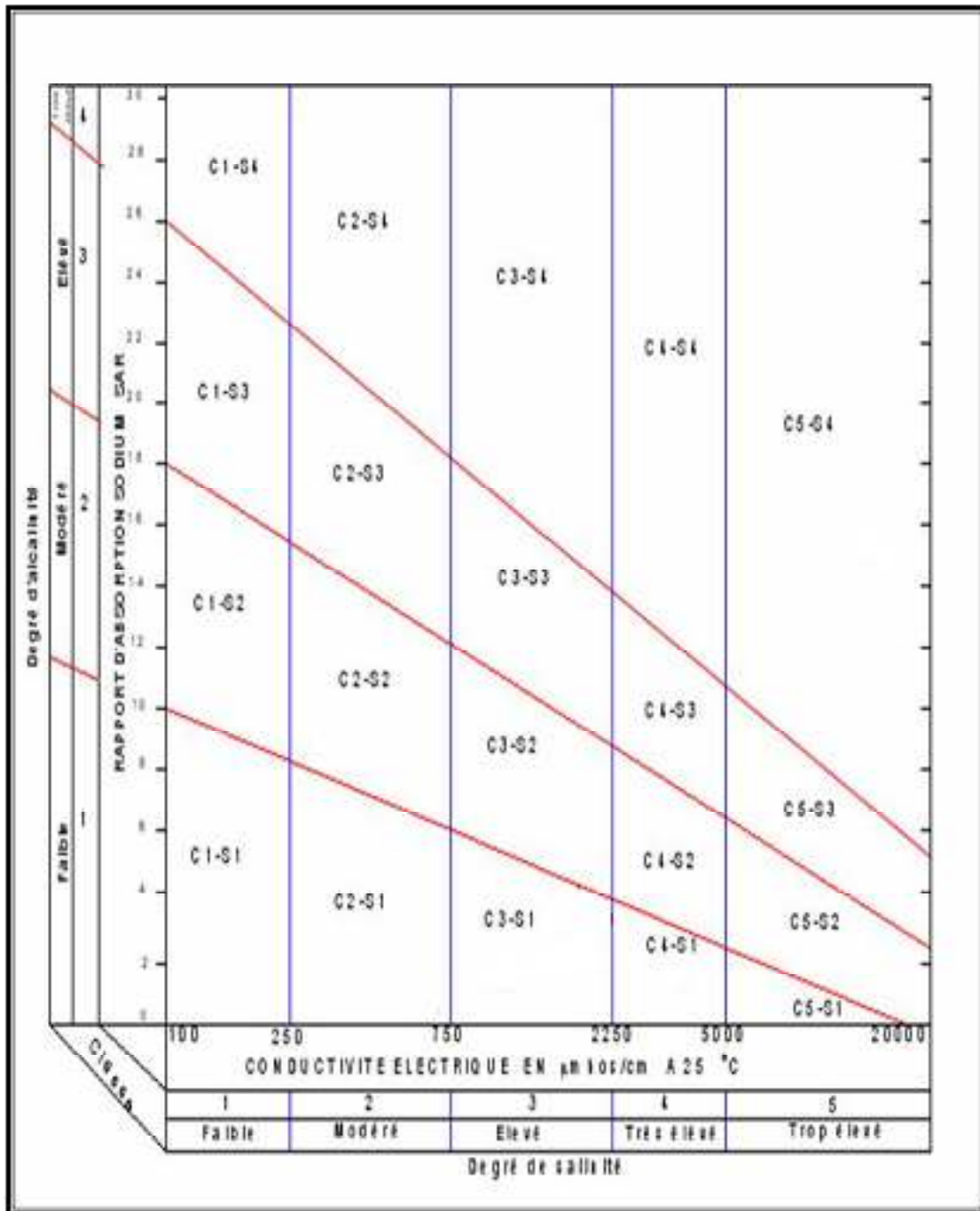


Diagramme de classification des eaux d'irrigation

**ANNEXE:4**

**GUIDE D'ESTIMATION DE P**

(p = pourcentage de sol humidifié pour divers débits de distributeurs et divers espacements entre rampes et entre distributeurs dans le cas d'une seule rampe, rectiligne, équipée de distributeurs uniformément espacés délivrant une dose de 40 mm par arrosage sur l'ensemble de la surface )

Écartement entre rampes S <sub>i</sub> en m	Débit des distributeurs														
	moins de 1,5 l/h			2 l/h			4 l/h			8 l/h			Plus de 12 l/h		
	Espacement recommandé des distributeurs sur la rampe, Sd en m														
	en sol de texture grossière (G), moyenne (M), fine (F)														
	G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F
0,2	0,5	0,9	0,3	0,7	1,0	0,6	1,0	1,3	1,0	1,3	1,7	1,3	1,6	2,0	
Pourcentage en sol humidifié p %															
0,8	38	88	100	50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1,0	33	70	100	40	80	100	80	100	100	100	100	100	100	100	100
1,2	25	58	92	33	67	100	67	100	100	100	100	100	100	100	100
1,5	20	47	73	26	53	80	53	80	100	80	100	100	100	100	100
2,0	15	35	55	20	40	60	40	60	80	60	80	100	80	100	100
2,5	12	28	44	16	32	48	32	48	64	48	64	80	64	80	100
3,0	10	23	37	13	26	40	26	40	53	40	53	67	53	67	80
3,5	9	20	31	11	23	34	23	34	46	34	46	57	46	57	68
4,0	8	18	28	10	20	30	20	30	40	30	40	50	40	50	60
4,5	7	16	24	9	18	26	18	26	36	26	36	44	36	44	53
5,0	6	14	22	8	16	24	16	24	32	24	32	40	32	40	48
6,0	5	12	18	7	14	20	14	20	27	20	27	34	27	34	40

## ANNEXE 5

### Caractéristiques hydriques de quelques sols

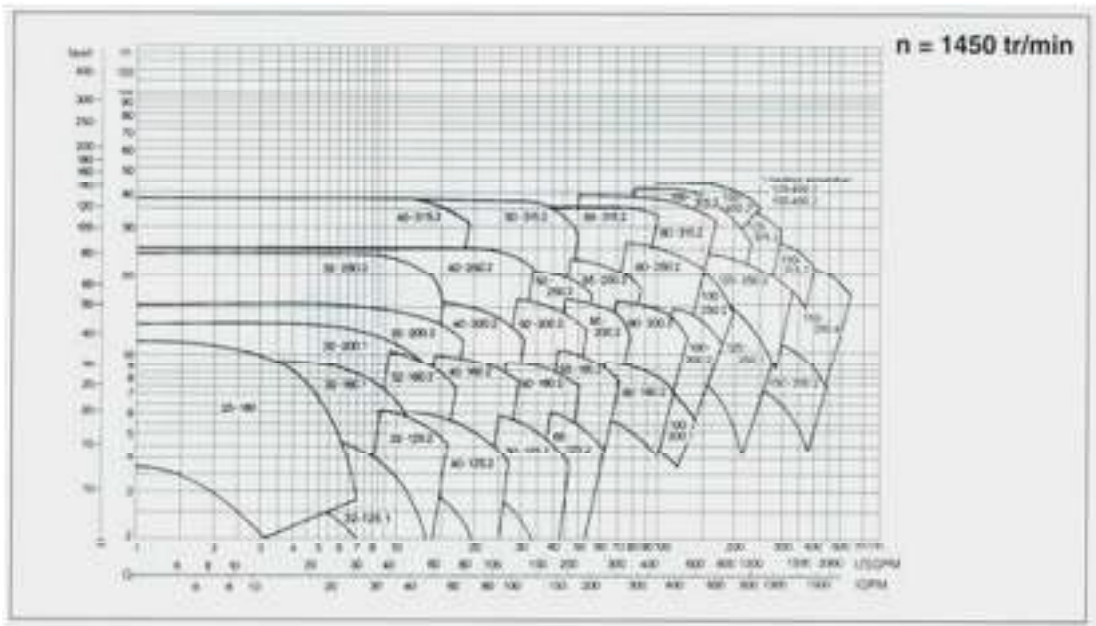
Texture	Humidités pondérales en % du poids sec			Réserve utile volumétrique en mm/m
	à la rétention HCC	du flétrissement HPF	disponible HCC-HPF	
Sableuse	9 (6 à 12)*	4 (2 à 6)*	5 (4 à 6)*	85 (70 à 100)*
Sablo-limoneuse	14 (10 à 18)	6 (4 à 8)	8 (6 à 10)	120 (90 à 150)
Limoneuse	22 (18 à 26)	10 (8 à 12)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

## ANNEXE 6

### Valeurs minimales et maximales de Z pour diverses cultures

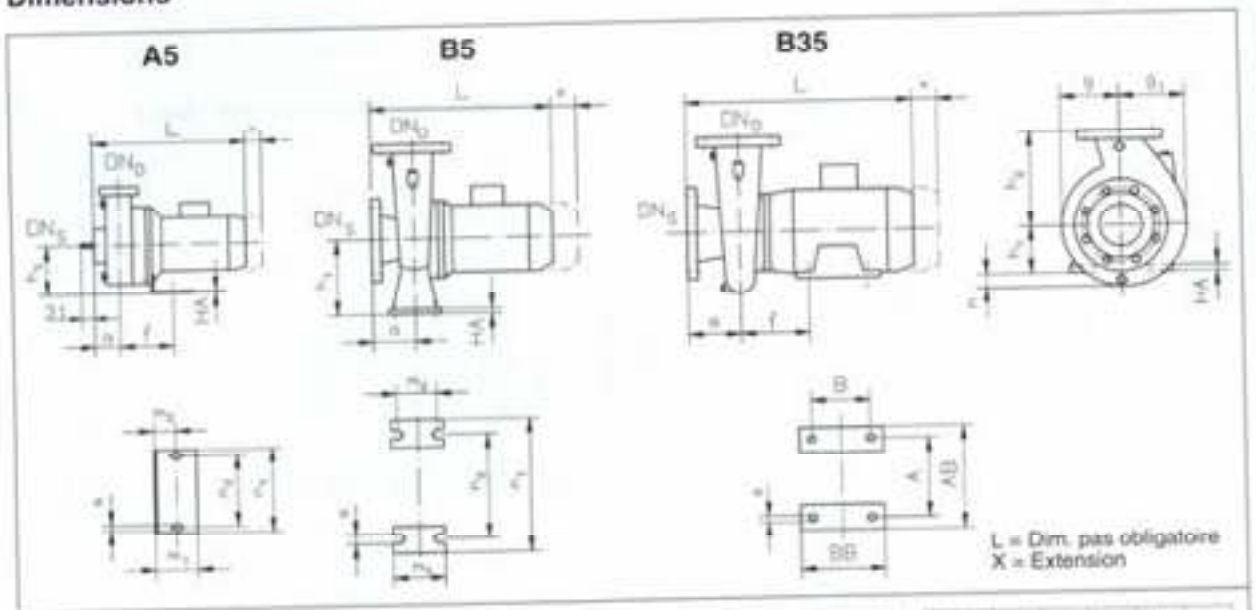
Cultures	Z m
Tomates	1 - 1,2
Cultures maraîchères	0,3 - 0,6
Agrumes	1 - 1,2
Arbres fruitiers à feuilles caduques	1 - 2
Vigne	1 - 3

## ANNEXE 7



Courbes caractéristiques pour le choix de la pompe

### Dimensions



## ANNEXE 8

**Tableau : Dimensionnement de réseau d'adduction et distribution.**

N° Conduite	N° des nœuds		Long (m)	Débit (l/s)	Diamètre (mm)	$\Delta H$ (mm/ml)	$\Delta H$ (m)	V (m/s)
	début	fin						
C-1	4	969	393	9.72	100	0.42	0.16	1.24
C-2	5	989	198	131.66	400	3.94	0.78	1.05
	989	988	238	110.83	300	12.71	3.02	1.57
	988	987	155	101.11	300	10.6	1.64	1.43
	987	985	128	88.61	300	8.17	1.05	1.25
	985	984	85	84.44	300	7.43	0.63	1.2
	984	981	230	55.28	250	8.38	1.93	1.13
	981	980	379	47.78	250	20.27	7.68	1.52
	980	978	124	32.5	200	9.47	1.17	1.04
	978	976	352	24.17	150	0.31	0.11	1.37
	976	973	190	10.28	100	0.46	0.09	1.31
C-2-1	987	986	471	12.5	100	0.66	0.31	1.59
C-2-2	984	983	342	29.16	200	0.44	0.15	1.65
	983	982	440	8.33	100	0.31	0.14	1.06
C-2-3	980	979	389	15.28	125	0.32	0.13	1.25
C-2-4	978	977	118	8.33	100	0.31	0.04	1.06
C-2-5	976	975	264	6.95	100	0.23	0.06	0.89
	975	974	1	4.17	100	0.09	0	0.53
C-3	6	949	894	186.37	400	7.83	7	1.48
	949	951	218	131.66	400	3.94	0.86	1.05

La suite de tableau V.4.

	951	7	190	114.99	300	13.67	2.6	1.63
	7	960	296	63.6	250	11.05	3.27	1.3
	960	958	142	60.27	250	9.94	1.41	1.23
	958	953	632	13.88	125	0.01	0.01	0.05
	953	952	525	6.94	100	0.22	0.12	0.88
C-3-1	949	930	188	54.71	250	8.21	1.54	1.12
	930	929	454	40.28	200	14.47	6.57	1.28
	929	928	329	33.28	200	9.92	3.27	1.06
	928	926	252	21.38	150	0.25	0.06	1.21
	926	925	106	14.44	125	0.29	0.03	1.18
C-3-1-1	928	927	346	12.5	100	0.66	0.23	1.59
C-3-2	951	950	315	16.67	125	0.38	0.12	1.36
C-3-3	7	966	568	51.39	250	7.25	4.12	1.05
	966	967	240	16.67	125	0.38	0.09	1.36
C-3-3-1	964	963	192	12.5	100	0.66	0.13	1.59
C-3-3-1-1	966	965	158	34.72	200	10.79	1.7	1.11
	965	964	135	26.39	150	0.36	0.05	1.49
	964	962	280	13.89	125	0.27	0.08	1.13
C-3-4	960	959	88	3.33	100	0.06	0.01	0.42
C-3-5	958	957	423	46.39	200	19.12	8.09	1.48
	957	956	523	32.5	200	9.47	4.95	1.04
	956	955	514	18.61	125	0.46	0.24	1.52
	955	954	267	9.72	100	0.42	0.11	1.24
C-4	948	947	231	16.67	125	0.38	0.09	1.36
C-5	946	945	231	18.6	125	0.46	0.11	1.52
C-6	944	940	40	87.21	300	7.92	0.32	1.23
	940	938	250	20.55	150	0.23	0.06	1.16
	938	937	331	14.44	125	0.29	0.1	1.18
C-6-1	940	936	540	51.38	250	7.25	3.92	1.05
	936	935	309	41.66	200	15.46	4.78	1.33
	935	934	153	38.88	200	13.49	2.06	1.24
	934	931	201	8.33	100	0.31	0.06	1.06
C-6-1-1	934	932	291	23.61	150	0.3	0.09	1.34
C-6-1-2	934	933	182	6.94	100	0.22	0.04	0.88
C-6-2	940	939	510	15.28	125	0.32	0.16	1.25



C-7	3	831	560	1074.7	1000	4.73	2.65	1.37
	831	832	363	1059.42	1000	4.6	1.67	1.35
	832	861	143	998.53	1000	4.48	0.64	1.33
	861	864	29	622.74	800	5.22	0.15	1.24
	864	865	206	583.85	800	4.59	0.95	1.16
	865	892	322	575.52	800	4.46	1.44	1.15
	892	923	316	257.21	500	4.59	1.45	1.31
	923	922	226	248.88	500	4.3	0.97	1.27
	922	920	114	226.66	500	3.57	0.41	1.15
	920	915	207	211.66	500	3.12	0.65	1.08
	915	912	608	189.44	400	8.09	4.92	1.51
	912	911	376	182.5	400	7.52	2.83	1.45
	911	910	186	176.94	400	7.07	1.32	1.41
	910	907	552	142.22	400	4.59	2.54	1.13
	907	906	562	133.89	400	4.08	2.29	1.07
906	903	74	123.61	400	3.48	0.26	0.98	
C-7-1	861	2	138	422.79	700	4.9	0.68	1.1
	2	860	393	414.46	600	10.72	4.21	1.47
	860	849	330	203.35	500	2.88	0.95	1.04
	849	848	669	197.24	400	8.76	5.86	1.57
	848	847	482	183.35	400	7.58	3.66	1.46
	847	846	605	161.13	400	5.88	3.56	1.28
	846	842	125	111.12	300	12.77	1.6	1.57
	842	839	551	75.01	250	15.31	8.44	1.53
	839	838	305	59.73	250	9.76	2.98	1.22
	838	836	472	43.06	250	5.12	2.41	0.88
	836	835	510	26.39	150	0.36	0.19	1.49
835	833	191	13.89	125	0.27	0.05	1.13	
C-7-1-1	860	859	143	16.67	125	0.38	0.05	1.36
C-7-1-2	860	858	249	194.44	400	8.52	2.12	1.55
	858	857	559	181.94	400	7.47	4.18	1.45
	857	851	497	41.66	200	15.46	7.69	1.33
	851	850	495	20.83	150	0.23	0.12	1.18
C-7-1-2-1	857	856	494	119.45	300	14.73	7.28	1.69
	856	855	603	91.67	300	8.74	5.27	1.3
	855	854	675	63.89	250	11.15	7.53	1.3
	854	853	120	36.11	200	11.66	1.4	1.15

	853	852	1	27.78	150	0.4	0	1.57
C-7-1-3	846	845	357	50.01	200	22.18	7.92	1.59
	845	844	674	33.34	200	9.96	6.71	1.06
	844	843	499	16.67	125	0.38	0.19	1.36
C-7-1-4	842	841	134	36.11	200	11.66	1.56	1.15

La suite tableau V.4.

	841	840	541	23.61	150	0.3	0.16	1.34
C-7-1-5	838	837	203	16.67	125	0.38	0.08	1.36
C-7-1-6	835	834	122	12.5	100	0.66	0.08	1.59
C-7-2	864	863	257	38.89	200	13.5	3.47	1.24
	863	862	284	30.56	150	0.48	0.13	1.73
C-7-3	892	891	254	318.31	600	6.32	1.61	1.13
	891	890	86	304.42	600	5.78	0.5	1.08
	890	888	281	294.7	500	6	1.69	1.5
	888	887	709	280.81	500	5.46	3.87	1.43
	887	886	586	262.75	500	4.78	2.8	1.34
	886	885	560	233.58	500	3.79	2.12	1.19
C-7-3	885	884	412	203.02	500	2.87	1.18	1.03
	884	872	221	127.77	400	3.72	0.82	1.02
	872	871	214	94.44	300	9.26	1.98	1.34
	871	868	689	47.22	200	19.81	13.65	1.5
	868	867	482	33.33	200	0.26	0.13	0.27
	867	866	866	22.22	150	0.26	0.23	1.26
C-7-3-1	890	889	350	9.72	100	0.42	0.15	1.24
C-7-3-2	884	883	876	75.28	250	15.42	13.51	1.53
	883	877	786	40.8	200	14.84	11.66	1.3
	877	875	324	26.94	150	0.38	0.12	1.53
	875	874	250	17.22	125	0.4	0.1	1.4
	874	873	385	4.72	100	0.11	0.04	0.6
C-7-3-2-1	877	876	248	13.89	125	0.27	0.07	1.13
C-7-3-2-2	883	882	248	34.45	125	1.44	0.36	2.81
	882	880	253	21.95	150	0.26	0.07	1.24
	880	879	270	16.39	125	0.37	0.1	1.34
	879	878	111	12.5	100	0.66	0.07	1.59
C-7-3-2-2-1	882	881	403	12.5	100	0.66	0.27	1.59
C-7-3-3	871	869	250	19.44	150	0.21	0.05	1.1

C-7-3-4	871	870	350	27.78	150	0.4	0.14	1.57
C-7-4	922	921	588	22.22	150	0.26	0.16	1.26
C-7-5	920	919	91	15	125	0.31	0.03	1.22
	919	918	200	8.89	100	0.35	0.07	1.13
	918	916	304	3.33	100	0.06	0.02	0.42
C-7-5-1	918	917	119	5.59	100	0.15	0.02	0.71
C-7-6	915	914	202	22.22	150	0.26	0.05	1.26
	914	913	400	6.94	100	0.22	0.09	0.88

La suite de tableau V.4.

C-7-7	910	909	132	34.72	200	10.79	1.42	1.11
	909	908	291	19.44	150	0.21	0.06	1.1
C-7-8	906	905	85	10.28	100	0.46	0.04	1.31
	905	904	96	6.11	100	0.18	0.02	0.78
C-7-9	902	901	277	19.44	150	0.21	0.06	1.1
C-7-10	900	899	340	11.11	200	1.14	0.39	0.35
C-7-11	897	896	533	44.44	200	17.57	9.36	1.42
C-7-11-1	895	896	212	22.22	200	4.47	0.95	0.71
	896	894	249	22.22	200	4.47	1.11	0.71
C-7	903	902	134	120.83	300	15.07	2.02	1.71
	902	900	323	101.39	300	10.66	3.44	1.44
	900	898	295	90.28	300	8.48	2.5	1.28
	898	897	589	73.61	250	14.75	8.69	1.5
	897	893	1397	29.17	200	7.65	10.69	0.93
C-8	830	829	327	29.16	150	0.44	0.14	1.65
	829	827	188	18.05	125	0.44	0.08	1.47
	827	825	525	13.88	125	0.27	0.14	1.13
	825	824	597	6.94	125	0.08	0.05	0.57
C-8-1	829	828	111	11.11	100	0.53	0.06	1.42
	827	826	419	4.17	100	0.09	0.04	0.53
C-9	821	820	1	48.61	200	20.97	0.02	1.55
	820	817	570	9.72	100	0.42	0.24	1.24
C-9-1	820	818	873	15.28	125	0.32	0.28	1.25
C-9-2	820	819	164	23.61	150	0.3	0.05	1.34
C-10	816	815	230	59.72	250	9.76	2.24	1.22
	815	814	406	51.39	250	7.25	2.95	1.05

	814	811	450	29.17	150	0.44	0.2	1.65
	811	809	293	22.22	100	1.91	0.56	2.83
C-10-1	814	813	156	29.17	150	0.44	0.07	1.65
	813	812	252	18.06	125	0.44	0.11	1.47
C-10-2	811	810	126	12.5	100	0.66	0.08	1.59
C-11	816	808	255	188.04	400	7.97	2.03	1.5
	808	807	334	179.7	400	7.29	2.43	1.43
	807	795	111	101.39	400	2.35	0.26	0.81
	795	793	476	87.5	400	1.76	0.84	0.7
	792	785	480	70.83	250	13.67	6.56	1.44
	785	783	20	18.05	250	0.92	0.02	0.37

La suite de tableau V.4.

C-11-1	805	806	37	45.86	300	2.22	0.08	0.65
	806	800	58	32.49	300	1.13	0.07	0.46
	800	799	248	22.77	300	0.56	0.14	0.32
	799	798	304	15.83	300	0.27	0.08	0.22
	798	796	296	8.89	300	0.09	0.03	0.13
C-11-1-1	806	805	294	45.86	300	2.22	0.65	0.65
	805	803	42	20.83	300	0.47	0.02	0.29
	803	802	150	16.66	300	0.3	0.05	0.24
	802	801	412	9.72	300	0.1	0.04	0.14
C-11-1-2	798	797	72	6.94	300	0.05	0	0.1
C-11-2	793	792	966	70.83	400	1.16	1.12	0.56
	792	791	447	38.89	250	4.18	1.87	0.79
	791	789	205	34.72	250	3.34	0.69	0.71
	789	787	253	26.39	250	1.95	0.49	0.54
	787	786	571	16.67	250	0.79	0.45	0.34
C-11-2-1	795	794	317	13.89	125	0.27	0.09	1.13
C-11-2-2	783	782	350	6.94	250	0.14	0.05	0.14
C-11-2-2-1	785	784	80	8.33	250	0.2	0.02	0.17
C-11-2-3	791	790	420	4.17	250	0.05	0.02	0.08
C-11-2-4	789	788	261	8.33	250	0.2	0.05	0.17
CPE	9999	1	1	2282.12	1500	2.46	0	1.29
	1	4	700	1898.53	1500	1.7	1.19	1.07
	4	971	52	1888.81	1250	4.45	0.23	1.54
	971	5	300	1879.09	1250	4.41	1.32	1.53

	5	6	1370	1747.43	1250	3.81	5.22	1.42
	6	948	320	1561.06	1250	3.04	0.97	1.27
	948	946	582	1544.39	1250	2.98	1.73	1.26
	846	944	240	1526.33	1250	2.91	0.7	1.24
	944	943	330	1439.12	1250	2.58	0.85	1.17
	943	942	270	1429.4	1250	2.55	0.69	1.17
	942	3	550	1408.57	1250	2.48	1.36	1.15
	3	830	620	333.87	600	6.95	4.31	1.18
	830	823	229	304.71	600	5.79	1.33	1.08
	823	822	481	300.54	500	6.24	3	1.53
	822	821	560	296.37	500	6.07	3.4	1.51
	821	816	1620	247.76	600	3.83	6.2	0.88
CPES	1	998	761	383.59	600	9.18	6.99	1.36
	998	996	214	375.26	600	8.79	1.88	1.33

La suite de tableau V.4.

	996	993	843	358.6	600	8.02	6.76	1.27
	993	991	230	348.88	600	7.59	1.75	1.23
C-12	998	997	149	8.33	100	0.31	0.05	1.06
C-13	996	995	121	16.67	125	0.38	0.05	1.36
	995	994	354	8.33	100	0.31	0.11	1.06
C-14	993	992	231	9.72	100	0.42	0.1	1.24
total			74159				367.24	