

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

**ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DE L'HYDRAULIQUE  
«ARBAOUI Abdellah »**

**DEPARTEMENT DE GENIE DE L'EAU**

# **MEMOIRE DE FIN D'ETUDES**

**EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME  
D'INGENIEUR D'ETAT EN HYDRAULIQUE.**

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

**THEME :**

**IRRIGATION DES TERRES AGRICOLES DE SIDI  
HAMMED A PARTIR D'UN RETENUE  
COLLINAIRE (L'ARBAA W.BLIDA)**

**Présenté par :  
M<sup>r</sup>: LASHAB KHALED**

**Promoteur :  
M<sup>r</sup>: K. TOUAIBIA**

**Devant le jury composé de :**

**Président : M<sup>r</sup> T. KHETTAL**

**Examineurs : M<sup>r</sup> M.MESSAHEL**

**M<sup>me</sup> L.S.BAHBOUH**

**M<sup>me</sup> S.LEULMI**

**M<sup>elle</sup> H. BOUCHAMA**

**Novembre /2011**

# Dédicace

*Je dédie ce modeste travail en signe de reconnaissance et de respect à :*

- ✓ *mes parents.*
- ✓ *mes frères et sœurs.*
- ✓ *toute ma famille.*
- ✓ *Mes amis.*

*Khaled.*

# Remerciements

*Avant tout, je remercie DIEU qui a illuminé mon chemin et qui m'a armé de courage pour achever mes études.*

*Et « quiconque ne remercie pas les gens, ne remercie pas Dieu»*

*Je remercie fortement mon promoteur : Mr TOUAIBIA. K de m'avoir orienté par ses conseils judicieux dans le but de mener a bien ce travail.*

*Je tiens à remercier aussi :*

- ✓ *Les membres de jury pour avoir accepté d'évaluer mon travail.*
- ✓ *Le corps d'enseignants et les étudiants de l'ENSH.*
- ✓ *Tous ceux qui ont contribué de près ou de loin dans l'élaboration de mon mémoire.*

*Khaled.*

## ملخص

إن الهدف من إنجاز مذكرة نهاية دراستي و المتمثل في تحديد الأبعاد لشبكة تزويد للمياه على مستوى المساحة الزراعية لمحيط سيدي حامد.  
المورد المائي أت من تعبئة مياه شبكة التزويد على مستوى سد سيدي حامد.  
الدراسة تشتمل عدة مراحل انطلاقا من السد إلى غاية الوصول لمحيط سيدي حامد.

## RÉSUMÉ

Le présent mémoire a pour objectif, la projection d'un réseau d'adduction de l'eau à travers le périmètre de SIDI HAMMED

La ressource en eau provient de la mobilisation de l'eau au niveau de la retenue collinaire de SIDI HAMMED.

L'étude comprendra plusieurs étapes à partir de la retenue pour se rendre à périmètre de SIDI HAMMED.

## ABSTRACT

The present work has as an aim, the projection of a water adduction network.  
Through the perimeter of the SIDI HAMMED.  
The water resource comes from the mobilization of water at the level of the SIDI HAMMED.  
The study will include several stages form the dam to get to ocean SIDI HAMED.

# SOMMAIRE

## Chapitre I : Synthétique bibliographique sur l'irrigation

I.1- Systèmes d'irrigation.....	2
I.1.1-Irrigation de surface .....	2
I.1.1.1-Irrigation par planche.....	2
I.1.1.2-Irrigation par bassin.....	3
I.1.1.3-Irrigation a la raie.....	3
I.1.2- Irrigation goutte à goutte.....	5
I.1.2.1- Avantage et inconvénient de l'irrigation goutte à goutte.....	5
I.1.2.2- Equipements du système goutte à goutte.....	6
I.1.3- Irrigation par aspersion.....	9
I.1.3.1-Aspersion traditionnelle .....	10

## Chapitre II : Analyse des conditions naturelles

II .1-Situation géographique et administratif .....	16
II.2- Cultures en place .....	17
II.3-Climatologie.....	18
II.3.1- pluviométrie.....	18
II.3.1.1-Pluviométrie moyenne mensuelle.....	18
II.3.1.2-répartition annuelle de la pluviométrie.....	18
II.3.2-Température.....	18
II.3.3- Evaporation .....	19
II.3.4- Vent .....	19
II.3.5- Etat hygrométrique.....	19
II.3.6- Insolation .....	20
II.4- classement du climat.....	20
II.4.1-Indice d'aridité de Martonne .....	20
II.4.2- Quotient pluviométrique d'Emberger .....	21
II.4.3-Diagramme ombrothermique de Gaussen.....	23
II.5- géologies.....	23
II.5.1- Pliocène marin.....	23
II.5.2-Quaternaire marin .....	24
II.5.3- Quaternaire continental .....	24
II.6-Hydrogéologie .....	24
II.6.1- Structure de l'aquifère Mitidjien.....	25
II.6.2- Carte piézométrique de la Mitidja .....	25
II.7-Pédologie.....	27
II.7.1- Rétention en eau .....	27

II.7.2- Conductivité électrique.....	27
II.7.3- Texture.....	27
II.7.4- Porosité.....	27
II.7.5-Etat physique du sol.....	27
II.7.5.1-Description du profil.....	28
II.7.5.2-Analyse chimique.....	28
II.8-Ressources en eau.....	29
II.8.1- Retenue collinaire de SIDI HAMMED.....	29
II.8.2-Nappes phréatiques.....	30

### **Chapitre III : étude hydrologique**

III.1- But de l'étude.....	32
III.2-Présentation de la station .....	32
III.3-Hydrologie.....	32
III.4-Homogénéité de la série pluviométrique .....	33
III.4-Homogénéité de la série pluviométrique .....	34
III.5- Etude de l'échantillon et le choix du type de loi .....	36
III.5.1-Ajustement à la loi de Gauss ou loi normal .....	36
III.5.1.1-Test de validité de l'ajustement à la loi de Gauss .....	39
III.5.2- Loi du log normal ou loi de Galton .....	40
III.5.2.1-Test de validité de l'ajustement à la loi de Galton .....	43
III.6- Détermination de l'année de calcul .....	43

### **Chapitre IV : besoin en eau**

IV.1- Cultures adaptées à la zone d'étude .....	45
IV.2-Occupation des sols .....	46
IV.3- Besoins en eau d'une culture .....	46
IV.4-Evapotranspiration réelle ou de culture (ETR ou ETC) .....	46
IV.5- Calcul de l'évapotranspiration potentielle ou de référence.....	47
IV.6- Méthode de M <sup>r</sup> Penman et M <sup>r</sup> Motheit modifiée .....	47
IV.7-Calcul de la pluie efficace .....	49
IV.8- Besoins eau des cultures suivant le calendrier cultural.....	50
IV.9- Détermination des besoins en eau des cultures.....	51
IV.9.1- Evaporation maximale de la culture.....	51
IV.9.2- Besoin en eau d'irrigation .....	51
IV.9.2.1- Besoin d'irrigation net, Bnet .....	51
IV.9.2.2- Besoin d'irrigation brut, Bbrut .....	52
IV.10-Efficacité de l'irrigation.....	52
IV.11-Comparaison entre les besoin du périmètre et la capacité de la retenu.....	59

## **Chapitre V : Choix et découpage d'îlot d'irrigation**

V.1-Taille des îlots d'irrigation.....	63
V.2-Débit fictif continu.....	64
V.3-Débit d'équipement.....	64
V.4-Taille de l'îlot.....	65
V.5 -Découpage des îlots.....	65
V. 6-Emplacement des bornes d'irrigation dans les' îlots.....	66

## **Chapitre VI : projection et dimensionnement de réseau d'irrigation**

VI.1-Modalités de dessertes.....	67
VI.1.1 -Irrigation à la demande.....	67
VI.1.2-Irrigation au tour d'eau.....	67
VI.1.2.1-Tour d'arrosage à la borne.....	68
VI.1.2.2 -Tour d'arrosage à l'antenne.....	68
VI.2- Adduction.....	68
VI.2.1- Choix de la trace.....	69
VI.3- Méthodologie de dimensionnement.....	69
VI.4- Calcul des débits a transité par le réseau collectif.....	69
VI.4.1- Débits spécifiques.....	69
VI.4.2- Loi de clément.....	70
VI.4.3- Débits caractéristiques.....	74
VI.5- Optimisation des canalisations.....	75
VI.5.1- Vitesse admissible.....	75
VI.5.2- Perte de charge.....	76
VI.5.3.2- Matériaux.....	77
VI.5.3.1- Choix du matériau des conduites.....	77
VI.5.3-Matériaux de construction des canalisations.....	77
VI.5.3.3- Avantages des canalisations en PEHD.....	78
VI.5.4-Diamètre.....	78
VI.5.4.1- Desserte gravitaire.....	78
VI.6-Equipements hydromécaniques.....	81

## **Chapitre VII : Organisation de chantier**

VII.1- Définitions des travaux à entreprendre .....	83
VII.1-1-Travaux concernant l'adduction .....	83
VII.2- Calcul des volumes des travaux du projet .....	85
VII.2.1- Calcul des volumes des travaux de l'adduction.....	85
VII.2.2- Calcul des volumes des travaux du réseau d'irrigation.....	87
VII.3- Calcul des coûts des travaux.....	89
VII.3.1- Calcul des coûts des travaux de l'adduction.....	89
VII.3.2- Calcul des coûts des travaux du réseau d'irrigation.....	90
VII.4- Engins utilises.....	91
VII.4.1-Pelle hydraulique équipée en retro.....	91

# LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau I.1:</b> Composition de l'unité de tête.....	6
<b>Tableau I.2 :</b> Type de distributeur selon le débit.....	7
<b>Tableau II .1:</b> Pluviométrie moyenne pour chaque mois en mm (Station de L'Arbaa).....	18
<b>Tableau II.2 :</b> Température moyenne mensuelle.....	18
<b>Tableau II.3:</b> moyenne mensuelle de l'évaporation.....	19
<b>Tableau II.4:</b> Vitesse moyenne des vents.....	19
<b>Tableau II.5 :</b> Humidité relative de l'air en %.....	19
<b>Tableau II.6:</b> Moyenne mensuelle de l'insolation (latitude 36°).....	20
<b>Tableau II.7:</b> Limite des climats d'après l'indice climatique de Martonne.....	20
<b>Tableau II. 8:</b> Granulométrie.....	27
<b>Tableau II.9 :</b> description du profil.....	28
<b>Tableau II.10:</b> Analyse chimique.....	28
<b>Tableau II.11:</b> Apports moyens annuels obtenus var les formules empiriques.....	29
<b>Tableau II.12:</b> Répartition mensuelle de l'apport moyen interannuel.....	30
<b>Tableau III.1 :</b> Caractéristiques de La station de L'ARBAA.....	32
<b>Tableau III.2:</b> précipitations moyennes mensuelles en (mm).....	33
<b>Tableau III.3 :</b> Procédé de test d'homogénéité pour la station de l'Arbaa.....	35
<b>Tableau III.4:</b> Ajustement à une loi de Gauss.....	37
<b>Tableau III.5 :</b> table du $\chi^2$ .....	39
<b>Tableau III.6:</b> Ajustement à une loi de Galton.....	41
<b>Tableau III.7 :</b> Précipitation moyenne mensuelle de l'année de calcul.....	44
<b>Tableau IV.1:</b> surface occupée par les différentes cultures.....	46
<b>Tableau IV.2:</b> Evapotranspiration de référence ET0 calculée à l'aide du logiciel CROPWAT 8.0.....	49
<b>Tableau IV.3:</b> Pluies efficaces calculées à l'aide du logiciel CROPWAT.....	50
<b>Tableau IV.4:</b> Représentation de l'assolement choisi.....	53
<b>Tableau IV.5:</b> besoins en eau d'irrigation des agrumes.....	54
<b>Tableau IV.6:</b> besoins en eau d'irrigation des vignes.....	55
<b>Tableau IV.7 :</b> besoins en eau d'irrigation de céréal.....	56
<b>Tableau IV.8 :</b> besoins en eau d'irrigation de tomate.....	56
<b>Tableau IV.9 :</b> besoins en eau d'irrigation des piments.....	57
<b>Tableau IV.10 :</b> besoins en eau d'irrigation des Maïs fourrager.....	57
<b>Tableaux IV.11:</b> tableau récapitulatifs des besoins d'irrigation des cultures.....	58
<b>Tableaux IV.12:</b> tableau récapitulatifs des Besoins annuel totaux .....	59
<b>Tableau V.1 :</b> Différente Parcelles du périmètre.....	62
<b>Tableau V.2 :</b> Débits normalisés des prises.....	65
<b>Tableau VI.1:</b> Seuils des vitesses admissibles en fonction des diamètres.....	75
<b>Tableau VI.5 :</b> les linéaires des conduites de distribution.....	79
<b>Tableau VI.3 :</b> Calcul hydraulique de deuxième tronçon.....	79
<b>Tableau VI.4 :</b> Calcul hydraulique de troisième tronçon.....	80
<b>Tableau VI.2 :</b> Calcul hydraulique de premier tronçon.....	81
<b>Tableau VII.1 :</b> volume du déblai.....	86



<b>Tableau VII.2</b> : volume du lit de sable.....	86
<b>Tableau VII.3</b> : volume du remblai compacté.....	87
<b>Tableau VII.4</b> : volume du déblai.....	87
<b>Tableau VII.5</b> : volume du lit de sable.....	88
<b>Tableau VII.6</b> : volume du remblai compacté.....	88
<b>Tableau VII.7</b> : volume des travaux de terrassement.....	89
<b>Tableau VII.7</b> : volume des travaux de terrassement.....	89
<b>Tableau VII.8</b> :Prix du ML des conduites en PEHD.....	89
<b>Tableau VII.7</b> : volume des travaux de terrassement.....	89
<b>Tableau VII.8</b> :Prix du ML des conduites en PEHD.....	89
<b>Tableau VII.10</b> : prix total de la conduite d'adduction.....	90
<b>Tableau VII.11</b> :Coût des travaux pour le réseau d'irrigation.....	90
<b>Tableau VII.12</b> : Prix total de la conduite de réseau d'irrigation.....	90

## LISTE DES FIGURES :

<b>Fig I.1</b> : Systèmes d'irrigation utilisés.....	2
<b>FigII.1</b> : Délimitation de périmètre.....	17
<b>FigII.2</b> : Climogramme pluviométrique d'EMBERGER.....	22
<b>FigII.3</b> : Diagramme ombrothermique de Gaussen.....	23
<b>Fig II.4</b> : La carte piézométrique de la Mitidja.....	26
<b>Fig III.1</b> :Ajustement à une loi de Gauss.....	38
<b>Fig III.2</b> :Ajustement à une loi de Galton.....	42
<b>Fig VII.1</b> :profil en travers.....	85
<b>Fig VII.2</b> : Pelle hydraulique.....	91
<b>Fig VII.3</b> :la niveleuse.....	91

## LISTE DES PLANCHES :

**Planche 01:** Carte de réseau d'irrigation de périmètre de Sidi Hamed

**Planche 02:** Profil en long de la conduite d'adduction

## INTRODUCTION GENERALE

L'eau est une ressource essentielle à la vie. Elle fait l'objet d'utilisations très diverses par l'homme. Indispensable dans la production agricole, d'énergie et d'industrie.

Fragile et limitée, la ressource en eau est de plus en plus menacée par les conséquences des activités humaines. Le nombre croissant d'utilisateurs oblige aujourd'hui à gérer cette ressource de manière intégrée et efficace, dans une perspective de long terme, et, ainsi, à trouver des solutions innovantes pour répondre à la demande.

La zone d'étude se trouve dans le périmètre de SIDI HAMMED dans la commune de l'ARBAA (365Km<sup>2</sup>) qui se situe dans la partie nord de l'Algérie, et du nord de l'atlas tellien, relatif à la plaine de la mitidja centre, est une région essentiellement agricole, et l'exploitation forestière représentent les principales ressources agricoles.

C'est surtout la rationalisation de l'agriculture qui a suscité la mise en œuvre d'un programme de développement agricole, qui comme partout ailleurs en Algérie, reste conditionné par le problème d'eau.

Dans l'objectif de cette optique, la maîtrise de la technologie des réseaux d'irrigation gravitaire et son évolution dans le temps ainsi que les modes de distribution à la parcelle. Depuis la première moitié de notre siècle, tous les projets d'irrigation de la région se sont trouvés subordonnés aux problèmes d'alimentation en eau potable qui est prioritaire. Dans la dernière décennie, un autre phénomène aggrave la pénurie en eau d'irrigation, c'est la période de sécheresse qui s'est accentuée.

La mobilisation de l'eau au niveau de la retenue collinaire de **SIDI HAMMED** peut permettre actuellement la mise en place d'un système d'adduction et de distribution d'eau à travers l'ensemble du périmètre

Ce travail commence par une aperçu sur les technique d'irrigation, dans le 2<sup>eme</sup> chapitre on fait la présentation de la zone d'étude et des ressources hydriques, pour obtenir des informations sur le site de périmètre et données climatique qui utilisé dans l'étude hydrologique, le 3<sup>eme</sup> chapitre pour déterminer les caractéristiques des pluies de fréquences données afin d'utilisé ces résultat pour calculer les besoins en eau dans le chapitre 4, le 5<sup>eme</sup> chapitre nous allons dimensionner et projeté le réseau collectif ramifié d'irrigation gravitaire.

*Chapitre I :*

# *Synthèse bibliographique*

## CHAPITRE I :

### SYNTHETIQUE BIBLIOGRAPHIQUE

#### **Introduction**

Dans le domaine de l'agriculture, le manque d'eau et l'accroissement constant des besoins en eau, conjuguent un conflit d'usage avec les autres secteurs, tels que l'industrie et la consommation en eau potable ce qui nous amènent à réfléchir sur l'économie d'eau et d'énergie. Ceci passera forcément par une gestion efficace d'irrigation ainsi que par la maîtrise de réutilisation et le choix des systèmes d'irrigation.

Dans certains pays, l'agriculture consomme environ de 70% des ressources en eau. Les données disponibles montrent que les performances des systèmes d'irrigation actuels sont restées faibles à très moyennes. Les pertes en eau à la parcelle sont de l'ordre de 30 à 40%, en particulier les pertes par percolation. Aussi, l'uniformité des irrigations reste faible, ce qui influe négativement sur la production. La maîtrise de réutilisation de l'eau d'irrigation devient donc urgente et nécessaire.

Dans le cas où l'irrigation gravitaire représente environ 80% de la superficie des grands périmètres irrigués du pays, par conséquent, les pertes en eau restent importantes. Il est donc nécessaire de réduire ces pertes, soit par une gestion rationnelle de réutilisation de l'eau, soit par réutilisation de techniques d'irrigation adéquates. Ceci est d'autant plus vrai, que la demande en eau d'irrigation sera plus importante dans les années à venir.

Les systèmes d'irrigation peuvent être classés en deux grandes catégories: irrigation gravitaire et irrigation sous pression. Dans la pratique, on distingue l'irrigation gravitaire, l'irrigation goutte à goutte et l'irrigation par aspersion

## I.1- Les systèmes d'irrigation

Le schéma (1) montre les systèmes d'irrigation utilisés

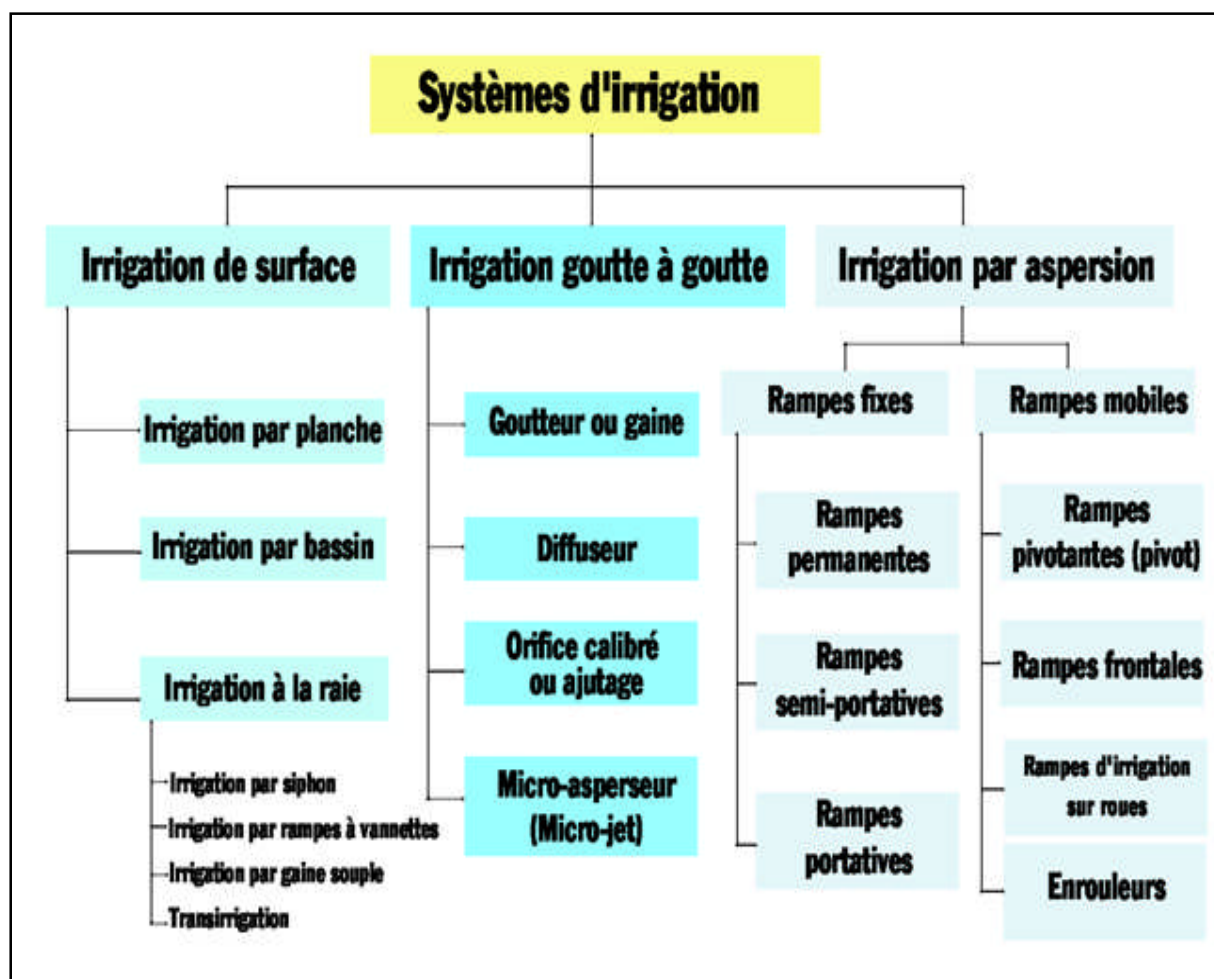


Fig I.1 : Systèmes d'irrigation utilisés

### I.1.1-L'irrigation de surface

#### I.1.1.1-L'irrigation par planche

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

### **I.1.1.2-L'irrigation par bassin**

Est la plus connue dans l'irrigation gravitaire. Sa pratique sur un sol nivèle pente (0,1 à 1%) ainsi que la simplicité de l'opération qui consiste à remplir le bassin, font que cette technique est fréquemment utilisée. La taille des bassins est de 40 à 50 m<sup>2</sup>, cette dernière occasionne une perte importante de superficie, due au nombre important de cloisonnements.

### **I.1.1.3-L'irrigation à la raie**

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

#### **a) Irrigation par siphon**

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

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

b) Irrigation par rampe a vannettes

Ce type de matériel correspond mieux aux cultures irriguées à la raie et qui nécessitent peu d'interventions sur la parcelle. L'avantage réside dans la possibilité de réglage du débit par des vannettes coulissantes; qui offrent des positions d'ouverture de (25, 50, 75 et 100%).

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

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

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

c) Irrigation par gaine souple

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

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

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



#### d) Transirrigation

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

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

### **I.1.2- L'irrigation goutte à goutte**

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

#### **I.1.2.1- Avantage et inconvénient de l'irrigation goutte à goutte**

##### Avantages

- économie d'eau ;
- faibles pressions pour les goutteurs ;
- irrigation fréquente ;
- le feuillage n'est pas lavé ;
- accès plus facile à la parcelle - possibilité d'automatisation - économie en main d'œuvre ;
- irrigation des terrains accidentés ;
- succès pour les sols lourds (2 à 4 cm/h) et sols légers (>50 cm/h) .

##### Inconvénients

- sensibilité à l'obstruction (sable, limon, matière organique, gel bactérien, précipitation d'engrais, présence du fer...) ;
- salinisation (prévoir des lessivages) ;
- développement racinaire des cultures limité.

### I.1.2.2- Equipements du système goutte à goutte

L'installation est composée d'une source d'eau, une station de pompage, une unité de tête, des canalisations principales et secondaires, de porte rampes et rampes, et enfin de distributeurs

#### a- Unité de tête

L'unité de tête comporte les éléments nécessaires au conditionnement et a la sécurité de fonctionnement comme le montre le tableau 1.

**Tableau I.1** : Composition de l'unité de tête

<b>Materiel</b>	<b>Operation</b>
Compteur	Comptage
Régulateur de pression	Contrôle de pression
Filtre	Filtration
Pompe doseur, dilueurs	Fertilisation
Programmateur	Programmation
Clapet anti retour	Prévention
Soupape de décharge	Réglage
Ventouse	Décharge, purge

#### b- Les distributeurs

Les distributeurs peuvent être classés selon leur débit de fonctionnement On distingue alors les goutteurs, les diffuseurs et les micro-asperseurs.

Les goutteurs ont un faible débit (entre 1 et 16 l/h) et fonctionnent sous une pression relativement (environ 1 bar). Dans la pratique, on utilise souvent des goutteurs de 2 l/h pour les cultures maraichères et de 4 l/h pour les cultures pérennes (arbres fruitiers et vignes). Selon le type de goutteur, le mode de fixation sur la rampe peut être soit en dérivation, en ligne ou intègre. Actuellement, on tend de plus en plus vers le mode intègre vu son faible cout de fabrication ainsi que sa facilite d'installation sur le terrain. En effet, il suffit de dérouler la rampe alors que pour les autres modes, les goutteurs sont à installé un par un, suivant les espacements désires. Dans la fixation en dérivée, on peut trouver des circuits courts ou des

circuits longs. Ces derniers ont l'avantage de couvrir une grande surface et peuvent être disposés en formant un cercle, pour couvrir une surface plus grande.

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

Le débit  $Q$  d'un distributeur donné peut s'exprimer en fonction de sa pression par la formule 1.

$$Q = K \cdot H^x \dots \dots \dots (1)$$

$Q$  le débit en l/h;  $K$  est une constante de forme et de dimension;  $H$  est la pression en mètre et  $x$  est le coefficient qui caractérise le type d'écoulement.

Lorsqu'on dispose de plusieurs valeurs de débits des goutteurs, avec les valeurs respectives des pressions, on peut alors à l'aide de l'équation ci-dessus calculer les valeurs de  $K$  et de  $x$ . Généralement, les constructeurs donnent les caractéristiques des distributeurs sous forme de tableaux ou de graphes, ce qui permet d'établir leur équation, ou simplement connaître leur débit.

**Tableau I.2** : Type de distributeur selon le débit

	<b>Goutteur</b>	<b>Diffuseur et Ajustage</b>	<b>Micro-asperseur</b>
<b>Apport</b>	Point	Tache	Tache
<b>Débit l/h</b>	1 a 16	20 a 60/35 a 100	60 a 150

Les Goutteurs non autorégulant ont une valeur de  $x$  variant entre 0,5 pour le régime turbulent et 1 pour le régime laminaire.

Il est important de connaître cette équation pour effectuer correctement le dimensionnement d'un système d'irrigation goutte à goutte, notamment la longueur des rampes et leurs débits. Actuellement, les constructeurs donnent assez souvent la longueur maximale de leur rampe en fonction des diamètres et des goutteurs utilisés. Les variations de débit d'un distributeur peuvent être également dues à l'usure de l'orifice car les sections de passage sont généralement faibles (diamètre variant entre 1 à 2 mm). Les sections des distributeurs doivent être fabriquées avec une grande précision puisque de petites variations

de diamètre occasionnent de grandes variations de débit, sous une même charge. Les rampes La plupart des conduites en plastique utilisées en irrigation localisé sont fabriquées à partir de:

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

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

### **c- Pompes doseuses et injecteurs**

Le choix d'un appareil d'injection doit tenir compte de la concentration requise en engrais et de la précision souhaitée. Les autres critères sont la mobilité, le coût et le mode de fonctionnement

On distingue:

- Les dilueurs ;
- Les pompes doseuses hydrauliques (placées en lignes ou en dérivation) ;
- Les pompes doseuses électriques.

### **d- Les dilueurs**

Sont constitués d'une cuve étanche dans laquelle on introduit l'engrais sous forme solide mais soluble. La cuve est montée en dérivation sur la conduite principale de l'irrigation, à l'amont du filtre à tamis, le temps de dissolution des fertilisants n'est pas toujours bien connu. Les opérateurs et la concentration de l'engrais varient fortement entre le début et la fin de l'irrigation. La cuve doit être vidée à la fin de chaque irrigation.

Le volume de la cuve varie entre 50 et 300 litres, ce qui limite la surface à irriguer à 1/2 hectare en culture légumière et 1 hectare en arboriculture.

Les pompes doseuses hydrauliques fonctionnent d'une manière régulière en aspirant et en refoulant une quantité constante et connue de solution fertilisante dans la conduite

d'irrigation. Le démarrage et l'arrêt peuvent être commandés par une vanne volumétrique ou par une électrovanne. Leur fonctionnement est précis.

Les pompes doseuses électriques sont constituées d'un moteur électrique qui entraîne une pompe à membrane ou à piston. Elles sont précises et permettent de disposer d'une gamme étendue de débits d'injection. Plusieurs pompes peuvent être montées en parallèle pour injecter simultanément plusieurs solutions. L'énergie électrique est nécessaire.

### **e- Filtration**

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

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

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

### **I.1.3- L'irrigation par aspersion**

L'irrigation par aspersion est recommandée dans les cas suivants:

- Sols de faible profondeur, ne pouvant être correctement nivelés pour une irrigation de surface, tout en conservant une profondeur suffisante;
- Sols trop perméables, qui ne permettent pas une répartition uniforme de l'eau dans le cadre d'une irrigation avec ruissellement en surface;
- Terrains à pente irrégulière avec microrelief accidentés, ne permettant pas l'établissement d'une desserte gravitaire à surface libre.

Par contre, elle est à écarter dans les régions très régulièrement ventées (les vents supérieurs à 4 ou 5 m/s dégradent considérablement l'homogénéité de l'arrosage) et aussi lorsque l'irrigation se fait avec l'eau salée sur des plantes au feuillage sensible au sel.

Une installation d'irrigation sous pression est généralement composée d'un équipement fournissant la pression nécessaire à son fonctionnement, d'appareils de mesure et de contrôle de débit, et d'une conduite principale amenant l'eau jusqu'aux conduites secondaires et tertiaires. D'autres éléments peuvent être utilisés, notamment un filtre ou une batterie de filtres et un dispositif d'adjonction d'éléments fertilisants.

La considération des facteurs suivants est nécessaire à la conduite d'un projet de dimensionnement de tout système d'irrigation sous pression:

- la dimension et la forme de la surface à irriguer, sa topographie et le type de sol ;
- les sources d'eau disponibles ou potentielles et leurs caractéristiques ;
- Les conditions climatiques dans la région, l'accessibilité à la parcelle et la culture à irriguer.

### **I.1.3.1-Aspersion traditionnelle**

Les arroseurs utilisés en agriculture sont à rotation lente. Cette rotation est obtenue par le va-et-vient d'un bras de levier qui porte un seul aubage et qui oscille sous l'impact d'un jet qui s'échappe d'une buse. Les petits arroseurs ont des buses de 4 à 7 mm de diamètre. La portée de leur jet est relativement faible, leur pression de service se situe entre 2,5 et 3,5 bars et les gouttelettes d'eau obtenues sont de petite taille. Les arroseurs moyens ont des buses de 8 à 14 mm de diamètre et nécessitent une pression de service au moins 4 bars.

Les grands arroseurs ont des buses de 15 à 25 mm de diamètre et fonctionnent à des pressions au moins 4,5 bars. Ils ont une pluviométrie horaire élevée et conduisent à la formation de grosses gouttelettes. La taille des gouttelettes ne doit occasionner aucun dommage ni au sol, ni à la culture.

Une augmentation de la pression s'accompagne normalement d'une réduction de la taille des gouttelettes. L'angle idéal d'inclinaison par rapport au plan horizontal est de 32° en conditions calmes. Les perturbations causées par le vent sont influencées par le montant sur lequel repose l'arroseur ainsi que l'angle de projection du jet d'eau. La plupart des arroseurs

moyens à usage agricole ont des angles compris entre 25 et 26°, alors que ceux des grands arroseurs se situent entre 23° et 24°.

Dans l'irrigation par aspersion, on rencontre les installations suivantes:

### **1) Les installations mobiles portatives**

Comprennent des canalisations principales ainsi que des rampes pouvant être déplacées à la main. De ce fait, les conduites formant l'ensemble du système doivent être légères, facilement raccordables et détachables les unes des autres. Elles sont habituellement en aluminium léger ou en alliage d'aluminium et sont présentées en segment, munies de raccords rapides et mesurant en général 6 m de longueur. Ces installations sont conseillées pour les régions à capital d'investissement faible mais disposant d'une main d'œuvre abondante.

### **2) Les installations semi-mobiles portatives**

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

Les installations permanentes (ou couverture totale), où les conduites principales et les rampes sont enterrées, se rencontrent principalement dans les exploitations de vergers.

Les installations temporaires sont des systèmes mobiles ou semi-mobiles ayant la particularité d'avoir assez de canalisations pour pouvoir être montées au moment de la plantation et laissées en place jusqu'à la dernière irrigation avant la récolte.

### **3) Aspersion mécanisée**

Les systèmes de rampe pivotante et de rampe frontale sont des installations utilisées essentiellement dans les grandes exploitations.

#### **- Les systèmes de rampe pivotante**

Elles possèdent un mécanisme d'entraînement programmable qui sert à déplacer les éléments. Le système de rampe pivotante est constitué d'une conduite avec arroseurs, supporté à l'une de ses extrémités par une tour à pivot central, une série de tours munies de roues et un moteur électrique (ou hydraulique). La conduite peut mesurer de 100 à 500 m,

pouvant irriguer jusqu'à 75 ha. L'ensemble permet d'irriguer une surface circulaire, mais nécessite un capital d'investissement élevé. Les débits sont de l'ordre de 250 à 850 m<sup>3</sup>/h pour une pression de 6 bars.

- **Les systèmes de rampe frontale**

Défaire de La rampe pivotante par le fait que toutes les tours sont mobiles et le déplacement se fait latéralement. L'alimentation en eau se fait soit par un fossé creusé au milieu ou au bord du champ, soit par un tuyau flexible, il nécessite un investissement aussi important sinon supérieur à celui du système à rampe pivotante. La consommation énergétique de ces deux systèmes est élevée.

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

Les autres types d'installations sont l'aile trainée ou remorquée, bras tournant ou arroseur géant, et le canon automoteur (machine automotrice d'irrigation a tuyau flexible: enrouleurs). Les enrouleurs sont des machines d'irrigation à tambour et à tuyau flexible, ils sont actuellement désignés par "enrouleurs" a cause de leur principe de fonctionnement. En effet, le porte asperseur est placé a une des extrémités du flexible et l'autre extrémité est fixée sur le tambour sur lequel il s'enroule. Ainsi, l'irrigation s'effectue peu à peu sur une bande en tirant le porte asperseur.

L'enrouleur peut également fonctionner avec une rampe, c'est est une machine automotrice disponible en plusieurs tailles; la longueur et le diamètre peuvent respectivement varier entre 100 et 600 m et entre 50 et 140 mm. Le débit peut atteindre 50 m<sup>3</sup>/h et le porté du jet de l'asperseur peut dépasser 100 m de rayon. L'enrouleur est constitué des éléments suivants: le tambour, le châssis, le mécanisme d'enroulement, l'asperseur et le porte asperseur, le flexible en polyéthylène, un système de régulation de la vitesse d'avancement, un système d'enroulement uniforme du flexible et un système de sécurité de fin de course.

Le tambour et le châssis doivent supporter une grande charge car le flexible est généralement non drainé entre les opérations.

Les grandes machines peuvent contenir un poids allant à plus de 5 tonnes. Le tambour doit en plus supporter un grand couple pour pouvoir tirer le flexible rempli d'eau le long du terrain. Durant l'utilisation de l'enrouleur, un mécanisme d'entraînement fait tourner le



tambour qui a son tour enroule le flexible lentement et tire le porte asperseur le long du terrain.

Le tambour est entraîné par une chaîne, un engrenage ou un système d'ergot actionné à l'aide d'une turbine, d'un soufflet ou d'un moteur auxiliaire essence ou diesel.

Le système d'entraînement à piston est abandonné à cause de sa forte oxydation par l'eau d'irrigation.

La conception de la turbine est spécialement faite pour des applications à charges variables tel que l'enrouleur dont la charge varie en fonction de la quantité du flexible non encore enroulé et qui se trouve sur le sol.

La turbine possède des avantages tels que l'enroulement silencieux et régulier. Elle permet aussi d'atteindre de grandes vitesses, ce qui permet à l'irrigateur d'appliquer de faibles doses.

Autre avantage de l'utilisation de la turbine réside dans le fait que la totalité du débit moteur est réutilisé pour l'irrigation et non déchargé à proximité de l'emplacement de la machine. Finalement, le fonctionnement de la turbine n'est pas affecté par les eaux chargées et présente une technologie simple.

Les soufflets sont en principe utilisés pour les petites unités équipées par des flexibles ayant un diamètre inférieur à 94 mm. Le fonctionnement du soufflet est discontinu et occasionne une diminution du débit utile, alors que dans le cas de la turbine une diminution de la pression d'entrée est observée. Le moteur auxiliaire (essence ou diesel) permet à l'enrouleur de fonctionner sans perte ni de pression ni de débit et aussi d'atteindre de grandes vitesses d'avancement de l'ordre de 200 m/h.

Ce type d'enrouleurs équipés de moteur auxiliaire conviendrait à des zones munies d'un réseau d'irrigation sous pression; cela éviterait l'utilisation d'un suppresseur.

Le porte asperseur peut être soit un chariot soit un traineau, leur conception est faite pour réduire au minimum l'endommagement des plantes. Les enrouleurs modernes sont munis de chariot à deux roues réglables pour s'adapter à différents espacements des cultures.

Ces chariots peuvent être stabilisés en cas de besoin par des poids supplémentaires ou par le remplissage des roues par de l'eau. Le flexible est non renforcé, il est fabriqué à l'aide

de formulations spéciales de polyéthylène (PE) pour combiner a la fois une grande rigidité et une grande flexibilité.

Ces caractéristiques sont obtenues en variant la densité du PE. Le flexible peut être soudé par simple échauffement des deux bouts cassias.

L'enrouleur est également équipé d'un système de régulation de vitesse d'avancement de la porte asperseur, qui en principe augmente durant l'irrigation. On rencontre deux types de régulations:

1) une régulation mécanique basée sur l'augmentation du diamètre du tambour (une barre constamment en contact avec le diamètre extérieur formé par le flexible enroulé agit en conséquence sur le mécanisme d'entraînement) ;

2) une régulation électronique basée sur la mesure directe de la valeur réelle de la vitesse d'avancement La mesure se fait par une petite roue mise en contact avec le flexible.

Après avoir installé le porte asperseur au bout du terrain à irriguer, il suffit alors d'alimenter l'enrouleur en eau sous pression et d'engager le mécanisme d'entraînement au cours de l'irrigation, l'effort de frottement diminue avec la longueur du flexible déroulé sur le sol, ce qui entraîne une augmentation de la vitesse d'avancement au cours de l'irrigation. Par souci d'avoir une distribution uniforme de l'irrigation. La vitesse d'avancement doit varier en fonction de la pression de l'asperseur.

Une variation de vitesse d'avancement de plus de 10 % n'est pas recommandée.

**Conclusion**

L'irrigation est devenue une science étendue qui demande beaucoup de conception et tout sa c'est pour l'économie de l'eau en premier degré , le bon choix du système d'irrigation résulte un bon fonctionnement de ce dernier et une durée de vie plus longue et le plus important dans toute l'histoire, c'est la récolte avec un bon rendement qualitativement et quantitativement.

*Chapitre II :*

*Analyse des conditions naturelles*

## CHAPITRE II : ANALYSE DES CONDITIONS NATURELLES

### Introduction

L'eau en tant qu'élément de base indispensable à la vie, demeure dans son devenir et ses effets sur le milieu et la plante, un sujet de questionnement de première importance. La ressource en eau et la satisfaction des besoins agricoles est une équation épineuse que les agriculteurs s'efforcent de résoudre.

Les ressources disponibles et leur renouvellement climatique sont souvent déficitaires au regard des besoins.

Le climat et les conditions atmosphériques sont donc les éléments de base indispensables à connaître pour conduire une réflexion sur l'optimisation de l'eau disponible.

### II.1-Situation géographique et administratif

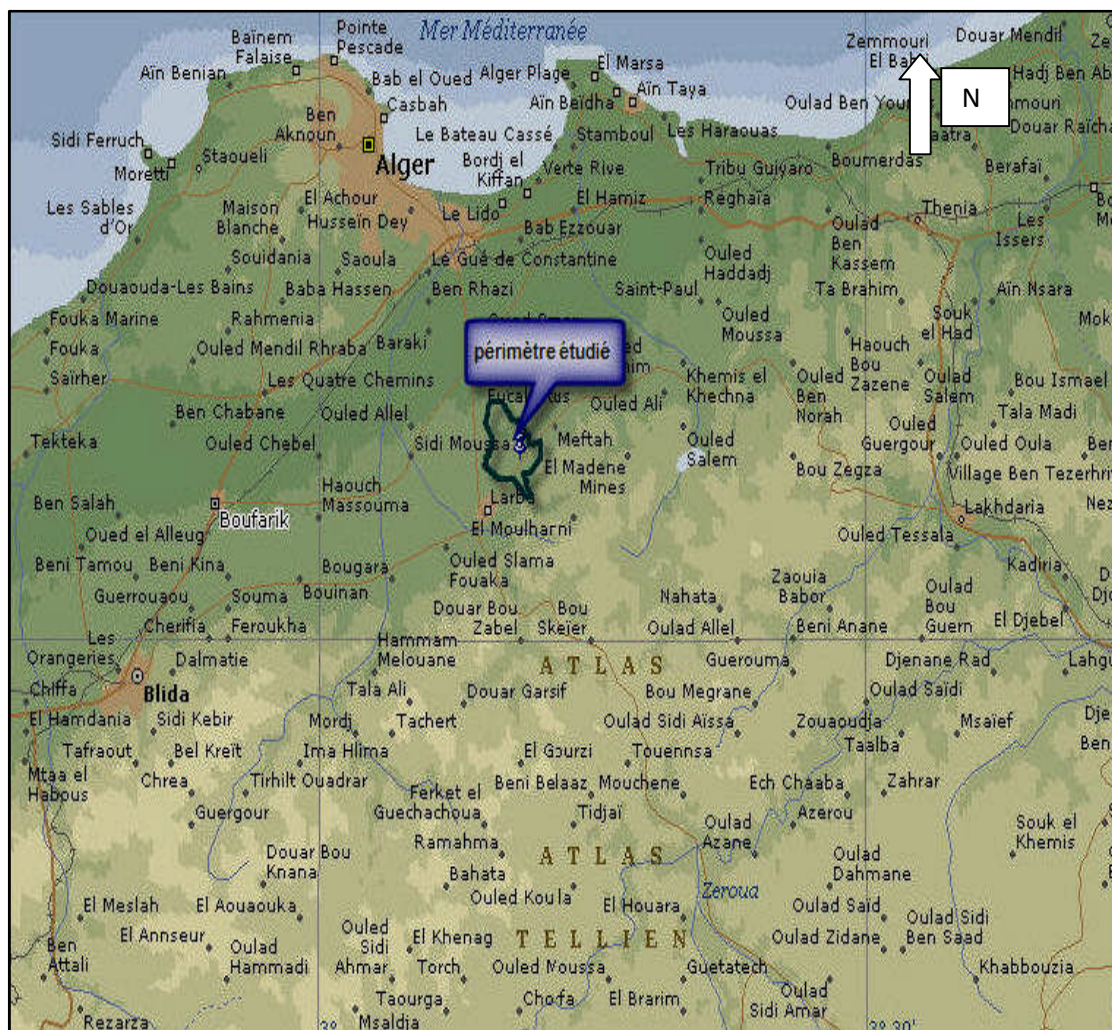
La plaine de la Mitidja est une vaste plaine située dans le centre nord de l'Algérie, elle couvre une superficie totale de 1450 km<sup>2</sup> avec une longueur moyenne de 100 Km, une largeur variant de 10 à 18 Km et une altitude moyenne de 100 m. Elle est située entre les longitudes 2°32'00''Est 3°19'00''est et les latitudes 36°25'17'' Nord à 36° 47'40 ''Nord.

Cette plaine s'étend sur quatre wilayas (Alger, Blida, Tipaza et Boumerdes). Qui constituent un important réservoir alimentaire en mesure de contribuer dans une large part, à la couverture des besoins de la population en produits agricoles.

La zone d'étude se trouve dans le périmètre de Sidi Hammed dans la commune de l'ARBAA (365Km<sup>2</sup>) qui se situe dans la partie nord de l'Algérie, et du nord de l'Atlas tellien, relatif à la plaine de la Mitidja centre, à 4Km à vol d'oiseau à l'est de l'Arbaa (BLIDA), et à 5 Km à l'ouest de Meftah ( voir Fig N° II.1).

- Au nord : Boukandoura et Domaine Chamlel;
- Au sud : la ville de l'Arbaa et Domaine Hamza ;
- Au l'est : la ville de Sidi Hammed et Domaine Ben Safi ;
- Au l'ouest : Route nationale N°8.

Le périmètre est alimenté essentiellement par les eaux de surface de la retenue collinaire de Sidi Hammed.



**Fig II.1** : Délimitation de périmètre

Source : Microsoft encarta 2007 études DVD(2)

## II.2- Les cultures en place

Dans la région de la Mitidja, les cultures qu'à peut plante sont :

- Les agrumes, pêchers, amandiers, abricotiers, oliviers, figuiers.
- Les cultures maraîchères (Artichaut, choux-fleurs, choux pommé, fraisier, tomate, pastèque, melon, piment, poivron, pois, haricot, etc.).

Les sols sont moyens pour toutes les cultures industrielles, les céréales : sorghos, maïs, blé dur, blé tendre, orge ainsi que, luzerne, bersim, etc.

Ces sols nécessitent un amendement organique (fumier) puisqu'ils ont une texture très fine, ils nécessitent un labour profond pour améliorer leur structure.

### II.3-climatologie

Le climat se définit comme étant l'ensemble des phénomènes météorologiques qui caractérisent l'état de l'atmosphère et de son évolution en un lieu donné.

Les principales composantes du climat sont : les précipitations, la température, le vent, l'évaporation et l'humidité relative....

#### II.3.1- pluviométrie

##### II.3.1.1-Pluviométrie moyenne mensuelle

Les données pluviométriques sont données par la station de l'Arbaa sur une période d'observation de 30ans (1980-2009).

**Tableau II .1:** Pluviométrie moyenne pour chaque mois en mm (Station de L'Arbaa)

MOIS	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	annuel
<b>P<sub>moy</sub> (mm/mois)</b>	31.4	53.3	80.9	115	93.6	73.5	68.5	58.4	47.5	8.2	2.9	5.9	<b>639.5</b>

##### II.3.1.2-répartition annuelle de la pluviométrie

D'après le tableau précédent ; on remarque que la pluviométrie annuelle moyenne est répartie comme suite :

Saison pluvieuse de Novembre à Avril, Saison sèche de juin à septembre, Saison moyenne, Mai et Octobre.

#### II.3.2-Température

Les relevés mensuels moyens des températures sur une période de 30 ans (1980à2009) sont résumés dans le tableau II.2

**Tableau II.2 :** Température moyenne mensuelle

Mois Paramètres	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
T <sub>moy</sub> (°C)	25.38	22.08	16.71	13.27	12.28	12.98	15.02	17.14	21.36	25.27	29.41	30.09
T <sub>min,moy</sub> (°C)	17.1	13.5	8.09	5.27	4.64	4.73	4.86	7.91	12.3	16	20.3	22.27
T <sub>max,moy</sub> (°C)	35.1	31.8	26.6	21.9	21.8	23.3	26.8	28.6	34.7	37.9	39	39

Source A.N.R.H station de l'Arbaa(BLIDA)

D'après les résultats portés au tableau II.2 ; a peut conclure :

- La moyenne du mois le plus froid est de 12.28C° correspondant au mois de janvier.
- La moyenne du mois le plus chaud est de 30.09C° correspondant au mois d'Août.
- La température moyenne annuelle est de 20.08°C.

### II.3.3- Evaporation

L'évaporation est un problème physique qui croit avec la température et la sécheresse de l'air. Les valeurs de la moyenne mensuelle de l'évaporation sont résumées dans le tableau II.3

**Tableau II.3:** moyenne mensuelle de l'évaporation

Mois Paramètres	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
Evap (mm)	112.9	105.5	83.6	66.6	67.9	69.4	89.6	111	153	167	187	189

Source A.N.R.H station de l'Arbaa(BLIDA)

### II.3.4- Le vent

Les vents dominants soufflent du nord et d'ouest vers l'est, avec une vitesse moyenne est de l'ordre 3.24 Km /h.

La répartition de la vitesse au coure de l'année est résumés dans le tableau II.4.

**Tableau II.4:** Vitesse moyenne des vents.

Mois Paramètres	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
Vent <sub>moy</sub> (Km/h)	3.55	2.77	2.9	2.96	3.1	3.6	3.62	3.16	3.2	3.35	3.4	3.29

Source A.N.R.H station de l'Arbaa(BLIDA)

### II.3.5- Etat hygrométrique

Les masses d'air sont plus ou moins chargées en humidité, l'état hygrométrique de l'air est mesuré trois fois dans la journée (7h, 13h et 17h).

**Tableau II.5 :** Humidité relative de l'air en %.

mois Paramètres	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
Humidité relative (%)	76.2	76.2	72.9	70.9	70.3	66.6	63.0	70.2	68.6	70.0	73.2	79.4



**II.3.6- Insolation**

L'insolation est la période durant laquelle le soleil brille sur le sol.

**Tableau II.6:** Moyenne mensuelle de l'insolation (latitude 36°).

mois Paramètres	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
Moy heure	379	357,7	313,9	303	304,1	307,8	360	386	428,6	433,5	447,5	425,5

**II-4- classement du climat**

**II.4.1-Indice d'aridité de Martonne**

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

$$I_A = \frac{P}{T + 10} \dots\dots\dots(1)$$

Avec  $I_A$  : indice climatique.

P : précipitation moyenne annuelle (mm).

T : température moyenne annuelle (°C).

A.N :  $I_A = \frac{639.5}{20.38 + 10} = 21.06$   **$I_A=21.06$**

**Tableau II.7:** Limite des climats d'après l'indice climatique de Martonne.

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

$I_A = 21.26$  tend vers la sub humide alors l'irrigation est par fois utile on est dans la limite entre la sub humide et le semi aride, mais pour mieux vérifier on utilise le Quotient d'Emberger.

### II.4.2- Quotient pluviométrique d'Emberger

Il s'agit selon les principes de Trace (1905) d'exprimer la sécheresse globale d'un climat en comparant la dépense en eau (évaporation et transpiration) au gain (précipitation) par le rapport (P / E) dans la quel l'évaporation est exprimée par une fonction de la température.

Expression définitive du quotient Q :

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

Avec :

P : précipitation moyenne annuelle (mm).

M : moyenne des températures maximales (Kelvin).

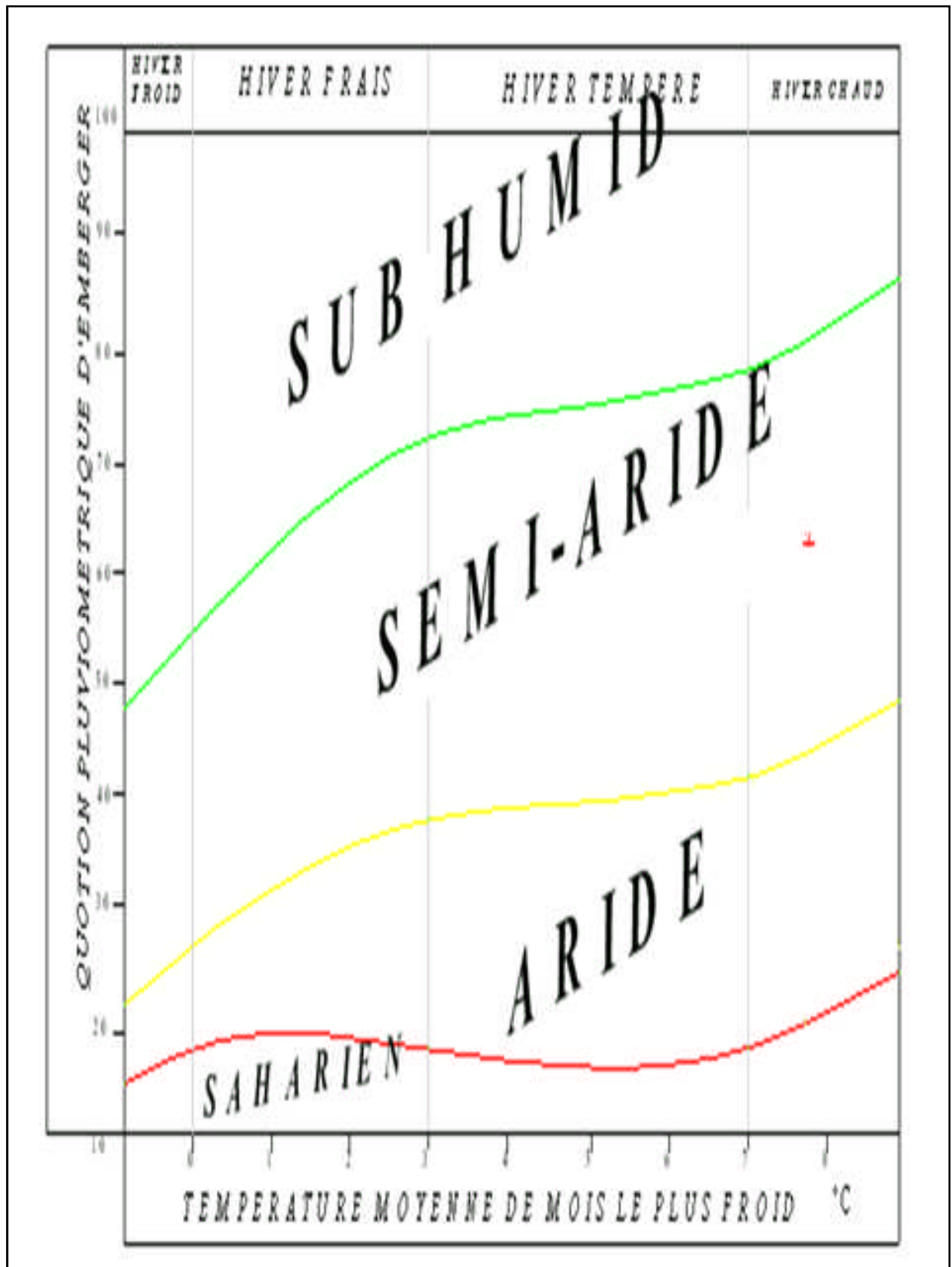
m : moyenne des températures minimales (Kelvin).

AN :  $M = 39 + 273 = 312\text{K}$

$m = 4.73 + 273 = 277.73\text{ K}$

$$Q = 2000 * \frac{639.5}{(312)^2 - (277.73)^2} = 63.28 \qquad \qquad \qquad \mathbf{Q=63.28}$$

D'après le diagramme bioclimatique d'Emberger (Figure 1), on peut dire que le climat de notre région est semi-aride, L'irrigation est Parfois utile dans la plus part des cas.

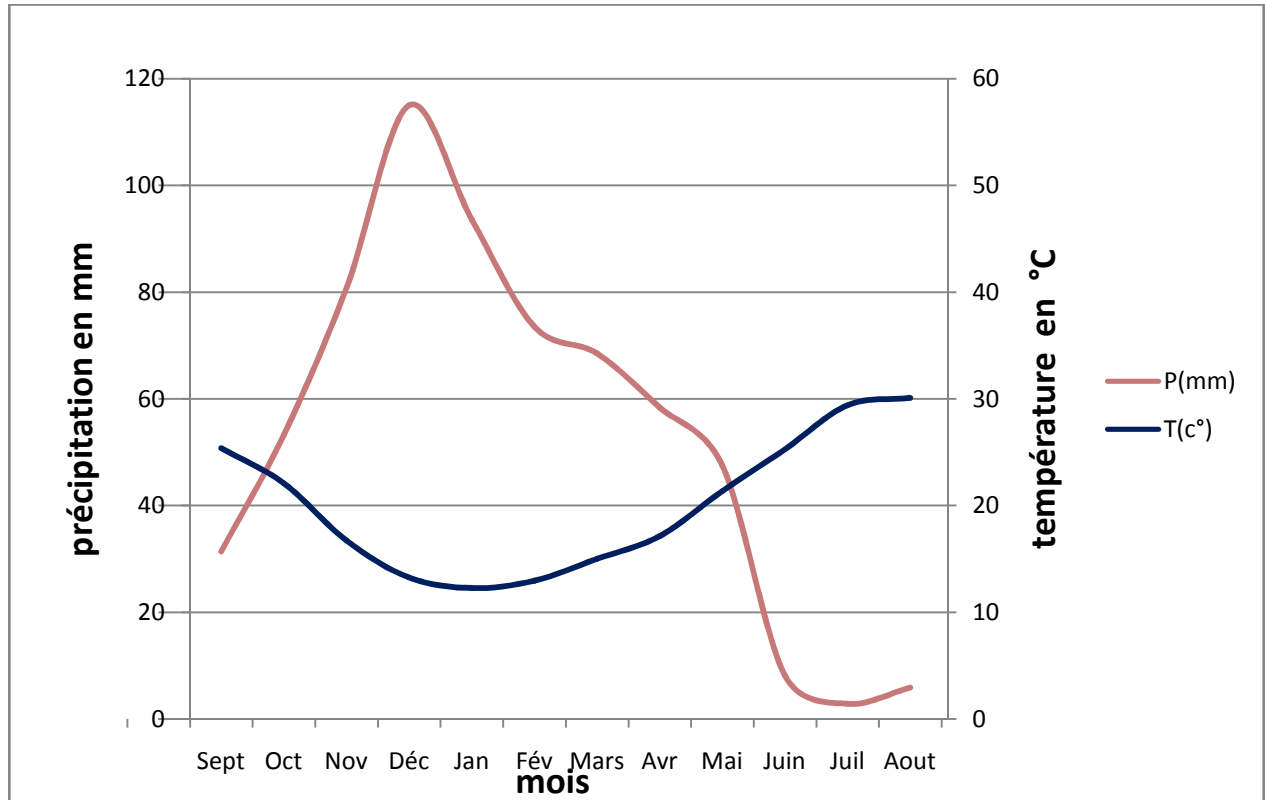


FigII.2: climogramme pluviométrique d'EMBERGER

### II.4.3-Diagramme ombrothermique de Gaussen

C'est une représentation graphique de variation des précipitations et des températures en fonction du temps (mois) qui nous permet de déterminer à la période où l'irrigation est indispensable (période sèche).

Dans notre cas l'irrigation est indispensable à partir de début du mois de mai jusqu'à la fin d'octobre, (fig I.2).



**FigII.3:** Diagramme ombrothermique de Gaussen

### II.5- géologies

A la fin du paléocène ou pendant le quaternaire d'un point de vue géologique, la Mitidja pouvait être considérée comme une région synclinale bordée par deux anticlinaux. Actuellement cette région ne fonctionne plus comme synclinal, elle a été comblée par des limons des éléments rocheux portés par l'érosion de la chaîne Atlasique à l'aide des torrents.

Dans la constitution géologique de la Mitidja on trouve :

#### II.5.1-Le pliocène marin

Formant la bande du sahel et servant de bordure à l'ancien massif.

Il comprend une couche puissante de marne bleue par fois sableux et la série de L'Astien (marne jaune, faciès gréseux, calcaire gréseux).

### II.5.2-Quaternaire marin

Il est localisé sur le versant Nord du sahel, et il forme une dépression Mitidjienne Entre Alger et Bordj El-bahri.

### II.5.3- Quaternaire continental

Villafranchien supérieur :

Ce sont des graviers silices fluviatiles et des graviers de grés crétacés mélangés à une argile rougeâtre situé de 100 m jusqu'à 300 m d'altitude.

Quaternaire ancien :

Il se trouve sous forme de répliques sur les bordures terrasses du sahel, échelonne entre 50 et 150 m au dessus des oueds caillouteux.

Quaternaire moyen :

Ce sont les terrasses qui s'étagent entre 8 à 30 m au dessus des oueds, les alluvions constituent la moyenne partie du piedmont de L'Atlas et forment un bourrelet typique à la limite du sahel et de plaines.

Quaternaire récent :

Ces alluvions forment le dernier comblement de la Mitidja, ils correspondent au rhabien terrasses de 5m, ce sont des limons gréseux, des limons argileux, des limons, des limons sableux, des limons caillouteux, et des cailloux grossier.

Quaternaire actuel :

Il est limité aux lits mineurs et majeurs des oueds cailloutis fluviatiles à galets roulés plats, blocs volumineux et des plages de limons principal.

### II-6-Hydrogéologie

La zone est constituée par des alluvions villafranchiennes de faible perméabilité, on Peut ajouter aussi que les systèmes aquifères de la Mitidja peuvent être repartis comme suit :

- Une série marneuse du plaissansien ou de miocène.
- Un premier aquifère constitué par des grés astien.
- Une série semi-perméable formée par des argiles et des graviers.
- La nappe est libre reposant sur un substratum argileux imperméable, donc on peut dire que le problème de la remontée de la nappe est évité, qui lui-même peut induire des effets de salinité.
- Après la sécheresse, l'alimentation des nappes est faible et le pompage des eaux souterraines a créé un rabattement de la nappe.

Durant ces deux dernières décennies, les eaux souterraines de la nappe de la Mitidja ont été affectées par quatre types de pollution qui sont:

- Pollution par les nitrates.
- Pollution par les métaux lourds.
- Pollution par les eaux salées par intrusion marine en Mitidja Orientale.
- Pollution accidentelle par les hydrocarbures.

### **II.6.1-La structure de l'aquifère Mitidjien**

La structure de l'aquifère Mitidjien est maintenant bien connue. On ne peut la comprendre sans avoir à l'esprit les données de l'évolution géomorphologique à la fin du Tertiaire et au Quaternaire, notamment au Quaternaire moyen et récent.

L'analyse du remplissage Mitidjien permet de définir deux grands ensembles de réservoirs :

- Le réservoir de la couche astienne gréseuse ou gréco-calcaire, en profondeur.
- Les alluvions du Quaternaire moyen et récent à l'intérieure desquelles des distinctions peuvent être faites.

### **II.6.2-La carte piézométrique de la Mitidja**

Les eaux souterraines s'écoulent au pied de l'Atlas en direction du Nord. L'écoulement est assez régulier et d'une façon générale, la surface piézométrique se confond avec la surface des eaux souterraines. Il y a très peu de nappes captives, sauf en basse plaine. D'une manière globale, la différence locale entre le niveau piézométrique et les cotes d'altitude donne la profondeur de la nappe.

Le tracé des courbes, de toute évidence, est influencé par deux facteurs :

La présence des réservoirs aquifères profonds du quaternaire moyen et récent,

La présence des exutoires ou convergent les eaux et les courbes (le Mazafran par exemple).

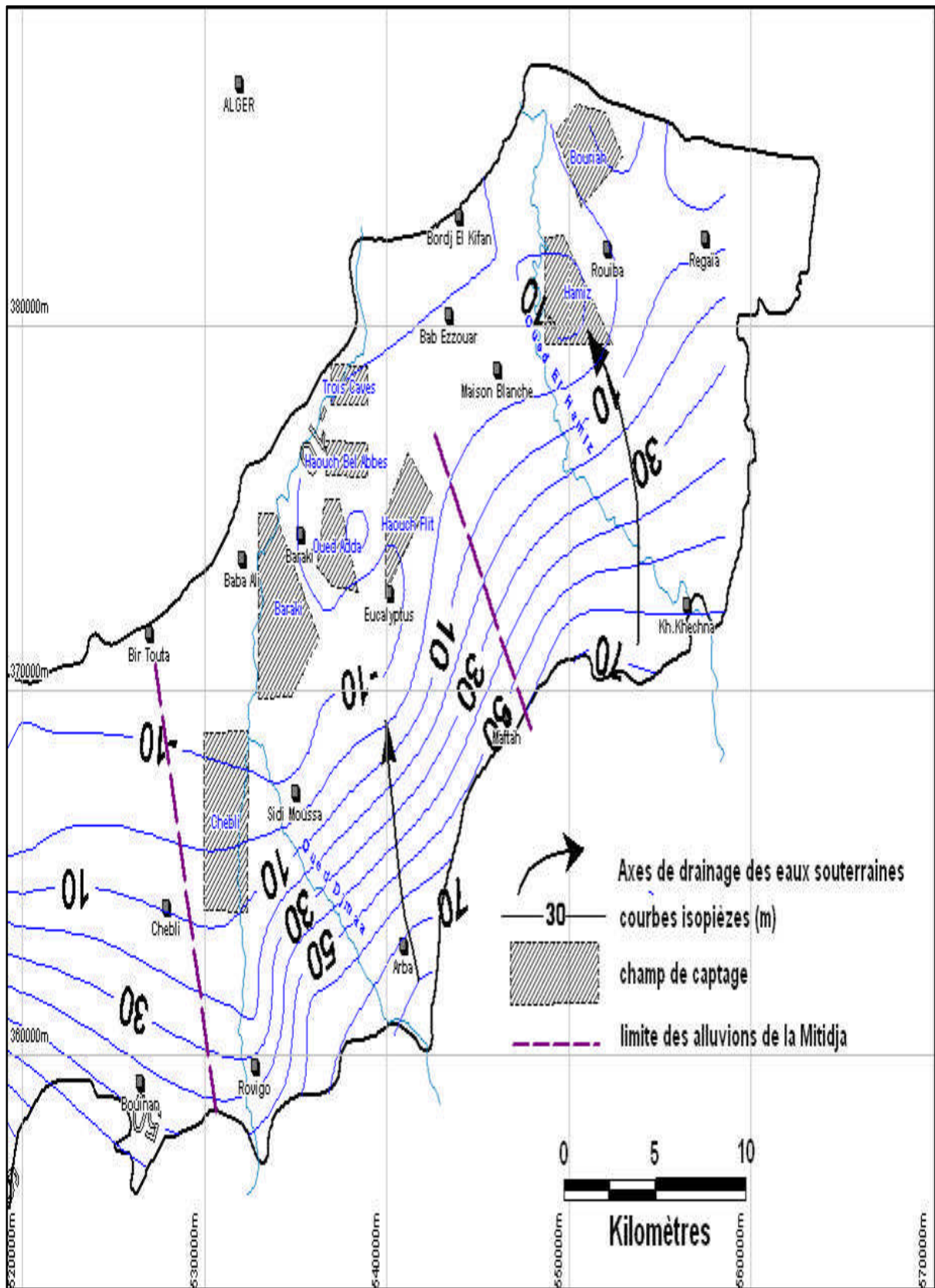


Fig II.4 : La carte piézométrique de la Mitidja

Source A.N.R.H station de l'Arbaa(BLIDA)

## II.7-Pédologie

En ce qui concerne l'alimentation en eau des plantes, le sol joue essentiellement un rôle de réservoir. Les caractéristiques de ce réservoir et son mode de fonctionnement utile à connaître dans un périmètre d'irrigation. Donc la pédologie est l'étude de reconnaissance des sols.

### II.7.1- Rétention en eau

Une quantité assez importante d'eau est emmagasinée dont une partie peut être facilement puisée par les végétaux. Voici les valeurs caractéristiques d'humidité de ces sols.

- Humidité à PF 2, 7 25% le texture équilibrée. L'horizon de surface est pauvre en argile.
- Humidité à PF 4, 2 13% le texture équilibrée. L'horizon de surface est pauvre en argile.

### II.7.2- Conductivité électrique

Le problème de sels ne se pose pas dans ces types de sols puisque leur conductivité électrique est très inférieure à 4mmhos/cm.

### II.7.3- Texture :

Ces sols sont peu caillouteux, non calcaire et de texture équilibrée. L'horizon de surface est pauvre en argile, il y a par contre, une accumulation assez importante d'argile en profondeur, il est à signaler également la présence d'un encroûtement très caillouteux à 40-80 cm de profondeur.

### II.7.4- Porosité :

Ils ont une assez grande porosité (environ 45% et une densité apparente de l'ordre de 1,4; l'aération et la circulation de l'eau se fait normalement jusqu'à la limite entre l'horizon A et l'horizon B<sub>t</sub> où il peut y avoir un obstacle pour la pénétration des racines et de l'eau.

### II.7.5-Etat physique du sol :

Les caractéristiques physiques du sol étudié, sont données dans le tableau suivant:

**Tableau II. 8:** Granulométrie

Profondeur (cm)	Argile%	Limon Fin%	Limon Grossier%	Sable Fin%	Sable Grossier%	Matière Organique%
0-50	21	36	25	13	05	0,9
50-70	10	15	17	46	11	0,8
70-130	14	44	26	10	01	0,6
130-200	20	31	26	17	05	-



D'après ce tableau nous constatons que la texture est à dominance limono-Argileuse, ce sol est très pauvre en matière organique.

### II.7.5.1-Description du profil

Le tableau suivant décrit le profil pédologique de notre parcelle.

**Tableau II.9** : description du profil

Profondeur en(Cm)	Description
0-50	Horizon de labour, humide, texture limono-argileuse, structure fondue, sous-structure polyédrique grossière, peu stable, porosité moyenne, racines décomposées, Hcl effervescence, couleur 10YR5/4
50-70	Humide, texture limono-sableuse, structure fondue, bonne porosité, racine de vigne en décomposition, calcaire, Hcl effervescence, couleur 10YR4/2
70-130	Niveau plus Humide, texture limoneuse, structure fondue, porosité moyenne à bonne, couleur 2,5Y4/4, Hcl effervescence.
130-200	Humide, limoneuse à limono-argileuse, structure fondue, moyenne porosité, Hcl effervescence, couleur 2,5Y4/4

### II.7.5.2-Analyse chimique

Le tableau suivant nous donne des résultats complémentaires au tableau précédent.

**Tableau II.10:** Analyse chimique :

Profondeur en (Cm)	Calcaire total	PH	CE mmhos
0-50	13	7,6	0,8
50-70	15	7,8	0,8
70-130	15	7,7	0,7
130-200	16	7,7	0.8

Source A.N.R.H Algérie

D'après ce tableau nous constatons que ce sol possède un taux de calcaire assez élevé. La conductivité électrique est (moyenne ou bien faible).

## II.8-Les ressources en eau

Il faut nécessairement combler le déficit hydrique durant la période sèche mi-septembre, par une irrigation. Pour cela, on doit faire l'inventaire des ressources en eau et étudier les possibilités de leur utilisation en agriculture.

Les eaux d'irrigation peuvent être superficielles (barrages, lacs, cours d'eau) ou souterraines (nappes, forages, puits). Elles doivent être en outre de bonne qualité, surtout peu chargées en sels.

### II.8.1- Retenue collinaire de SIDI HAMMED

Le périmètre de SIDI HAMMED a comme ressources en eau de la pluviométrie, la retenue collinaire de SIDI HAMMED

La retenue collinaire de SIDI HAMMED se situe dans la partie nord de l'Algérie et du nord de l'atlas tellien, relatif à la plaine de la Mitidja , a 4Km à vol d'oiseau à l'est de l'Arbaa ,

et a 5Km à l'ouest de Meftah .

La longueur de l'oued est ce 5.25Km environ, la superficie du bassin versant est de 18.48 Km<sup>2</sup> par planimétrie ; les côtes max et min sont respectivement de 831m et 133m.

- Volume utile :1.8Mm<sup>3</sup>.
- Volume régularisé :2.1Mm<sup>3</sup>.
- Cote de la crépine :141,00m
- Cote de la chambre de vanne :130,00

Tableau HIA Récapitulatif des dimensions de l'axe de seuil régulateur

Côte du seuil (m)		Hauteur de la pelle (m)		Largeur (m)
◆ min	◆ max	I	◆ max- Y min	
136	141		5	41

**Tableau II.11:** Apports moyens annuels obtenus var les formules empiriques

Modèle	Module Y (mm)	Apport moyen annuel $W_{in}^{\circ}(Mm^3)$	Module spécifique NI (1/s/km <sup>2</sup> )	Débit moyen Q (m <sup>3</sup> /s)
CHAUMONT	112.41	2.08	3.57	0.066
COUTAGNE (I)	193.98	3.58	6.14	0.114
COUTAGNE (II)	150.99	2.79	4.79	0.088
DERY	179.97	3.33	5.71	0.106
SAMIE	117.60	2.17	3.72	0.069
TURC	135.90	2.51	4.31	0.080
MOYENS	148.48	2.74	4.70	0.087

La répartition mensuelle des apports est présentée dans le tableau N°II.14

**Tableau II.12:** Répartition mensuelle de l'apport moyen interannuel

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	total
<b>Apport Min</b>	0.135	0.306	0.304	0.387	0.399	0.321	0.312	0.285	0.204	0.054	0.012	0.016	2.735
<b>Apport Max</b>	4.94	11.19	11.12	14.15	14.58	11.74	11.41	10.43	7.46	1.97	0.43	0.58	100

### II.8.2-Nappes phréatiques

Le niveau aquifère se trouve à une profondeur de 20m en moyenne, l'aquifère est constitué de graviers, de sables et d'une faible proportion d'argile.

La nappe est libre et repose sur un substratum argileux imperméable.

**Conclusion :**

A travers ce chapitre, les principales caractéristiques climatiques ont été remarquées :

De l'examen des données, il ressort que la région d'étude jouit d'un climat sub humide avec un régime pluviométrique variable en volume et en répartition dans le temps. L'année est caractérisée par des hivers pluvieux, des printemps généralement humides et des étés secs.

L'analyse de la répartition pluviométrique annuelle obtenue pour la station (020329) montre que les mois les plus pluvieux de l'année s'étendent de novembre à avril avec environ 80 % des précipitations. La période la plus sèche s'étend du mois de mai à septembre.

La répartition saisonnière des précipitations favorise le développement des plantes hivernales telles que le blé, l'orge, la vesce, l'avoine et autres.

Avec ce régime pluviométrique les cultures printanières dépendent dans une large mesure de l'irrigation, et ne peuvent subsister que les plantes résistantes au stress hydriques et à forte densité racinaire et dont la période végétative est assez courte.

L'examen des températures moyennes permet de conclure que le climat de la région a un caractère de continentalité avec un écart de température de 17 à 18°C entre l'été (Août) et l'hiver (Janvier).

L'humidité relative de l'air est modérée pendant toute l'année avec la valeur minimale est enregistrée au mois de Mai (63%) alors que la valeur maximale est notée au mois de Août (79,4%)

La vitesse moyenne annuelle du vent oscille autour de 3,3 Km/s.

On résume on peut dire que le climat régnant sur la région d'étude est favorable à toutes les cultures.

Les eaux de la retenue constituent la source d'eau principale pour l'irrigation du périmètre, les autres eaux n'assurent qu'une partie complémentaire.

Chapitre III :

# Etude hydologique

## CHAPITRE III : ETUDE HYDROLOGIQUE

### Introduction

Le présente 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 à projeter dans le périmètre, ainsi que, le dimensionnement de réseau de distribution.

### III.1- But de l'étude

L'analyse développée dans cette partie à pour objet d'évaluer la pluviométrie pour le périmètre irrigué, l'étude hydrologique est indispensable pour toutes mise en œuvre des projets : hydro-électrique, de distribution d'eau, de protection contre les crues, drainage d'irrigation, d'assainissement, barrage et de navigation fluviale.

### III.2-Présentation de la station

La station de L'ARBAA est prise comme station de référence, les caractéristiques de cette dernier sont résumé dans le tableau III.1

**Tableau III.1** : Les caractéristiques de La station de L'ARBAA

code	21403
nom de station	L'ARBAA
X	541.15
Y	362.95
Z	100
Altitude	36°36' N
Longitude	3°10' E

### III.3-Hydrologie

L'étude hydrologique dans notre cas à pour but de déterminer les précipitations mensuelles de fréquence ou dépassement de 80%.

Le tableau III.2, illustre la précipitation moyenne mensuelle de 1980/1981 au 2009/2010.

**Tableau III.2** : précipitations moyennes mensuelles en (mm)

année	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1980 /81	0	48.4	71.5	225	39.5	74.1	52	145	36	1.5	0	27	718.6
81/82	2.5	37.5	15	78.5	179	125	39.6	26	64.2	17	0	2.5	586.3
82/83	51	80	204	75	1.5	63	29	5	9	0	15	6.5	538.5
83/84	0	23.5	25.5	88.5	129	132	53	57.6	111	13	0	0	632.6
84/85	31.5	197	33	125	102	47.5	272	11.5	141	0.5	0	0	959.5
85/86	75.5	38.5	146	46	73	75.5	215	31.5	3	24	22	0	749
86/87	58	34	101	209	124	151	24.5	1	115	32	1	1	850.2
87/88	22	41	123	38	35	60.5	63	47	42.5	37	0	0	508.1
88/89	34	42.5	32.5	226	11.5	17.5	13.5	63	24	7	1	1.5	473.7
89/90	3	3.5	11.5	30	9	0	35.2	56.2	50.3	0	2.4	0	201.1
90/91	4.3	12.7	34.2	81.7	102	113	59	22	35	4	0	3	471.4
91/92	9	201	31	7.2	201	24.3	91.6	112	105	25	3.5	0	810.2
92/93	9.8	88.9	121	73.4	31.3	67.7	54.9	68.1	58.4	0	3.1	3.6	580.3
93/94	28.9	57.9	123	95.1	165	51	0	85	0.5	0	0	0	605.6
94/95	109	53.5	43.3	128	244	46.7	112	18.9	0	29	0	15	797.8
95/96	21.1	38.8	39.6	31.2	142	166	38.3	225	20.9	40	1.9	1.2	766.1
96/97	47.2	51	24.1	50.8	30.4	28.5	18.7	96.8	31.8	7	2	9.6	397.9
97/98	45.2	94	160	118	48.7	70.4	67.2	65.9	169	3.9	0	9.5	851.3
98/99	24.6	30.4	116	55.8	123	119	69.9	14.8	4.6	2.9	0	1.5	561.9
99/2000	26.5	19.5	113	202	4.1	7.3	10.5	34.3	33.7	0	0	0	451.3
2000/01	4.4	30.4	88.5	63.8	160	64.6	0	33.8	2.4	0	0	0	447.5
01/02	19.8	11.3	45.3	64.7	50.3	25.2	66.6	61.9	22.3	0	6.5	32	405.8
02/03	24.2	34.9	141	214	143	142	18	126	54.2	0	1.1	0	898.1
03/04	50.9	45	60.2	149	112	70.2	85.2	67.4	137	0	21	0	797.5
04/05	18	32.5	120	192	93.9	134	30.7	21.2	2.4	0	0	0	644.5
05/06	21.6	50.7	73.8	90.2	171	133	24.3	1.8	37	0	0	3.8	607.1
06/07	10.8	25.5	26.1	265	5.2	89.5	226	121	4.7	0.9	0	8.5	782.8
07/08	70.3	136	153	101	0	43.2	81.7	25.4	68.2	1.4	6	0	685.9
08/09	17.5	10.5	104	187	194	21.8	90.1	75.2	14.8	0	0	0	714.4
09/10	100	30.4	47.3	153	87.4	43.6	114	32.6	27.2	0	0	53	689.3
<b>MOY</b>	<b>31.4</b>	<b>53.3</b>	<b>80.9</b>	<b>115</b>	<b>93.6</b>	<b>73.5</b>	<b>68.5</b>	<b>58.4</b>	<b>47.5</b>	<b>8.2</b>	<b>2.9</b>	<b>5.9</b>	<b>639.5</b>

Source A.N.R.H station de l'Arbaa

La répartition des pluies est caractérisée par deux saisons bien marquées :

Une période humide allant de Novembre à Avril qui correspond à 80% du total annuel.

Une saison sèche allant de Mai à Octobre avec des minima en juillet et août durant lesquels les précipitations sont faibles.

#### III.4- L'homogénéité de la série pluviométrique

L'homogénéité est une analyse statistique de l'information aidant à une prise de décision conséquence.

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

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

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

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

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

Mr Wilcoxon (TOUAIBIA;2004) montré que la série est homogène avec une probabilité de 95%, si la relation ci-dessous est vérifiée.

Avec :

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

$$W_y = \sum$$

$W_y$ : Somme des rangs de sous séries.

$$W_{\min} = \frac{(\quad)}{\quad} - \frac{(\quad)(\quad)}{\quad} .$$

$$W_{\max} = (\quad) - \quad .$$



**Tableau III.3 :** Le procédé de test d'homogénéité pour la station de l'Arbaa

<b>Rang</b>	<b>P(mm)</b>	<b>Série X(mm)</b>	<b>Série Y(mm)</b>	<b>TRI(mm)</b>	<b>XUY</b>
1	718.6	718.6	397.9	959,5	X
2	586.3	586.3	851.3	898,1	Y
3	538.5	538.5	561.9	851,3	Y
4	632.6	632.6	451.3	850,2	X
5	959.5	959.5	447.5	810,2	X
6	749	749	405.8	797,8	X
7	850.2	850.2	898.1	797,5	Y
8	508.1	508.1	797.5	782,8	Y
9	473.7	473.7	644.5	766,1	X
10	201.1	201.1	607.1	749,0	X
11	471.4	471.4	782.8	718,6	X
12	810.2	810.2	685.9	714,4	Y
13	580.3	580.3	714.4	689,3	Y
14	605.6	605.6	689.3	685,9	Y
15	797.8	797.8		644,5	Y
16	766.1	766.1		632,6	X
17	397.9			607,1	Y
18	851.3			605,6	X
19	561.9			586,3	X
20	451.3			580,3	X
21	447.5			561,9	Y
22	405.8			538,5	X
23	898.1			508,1	X
24	797.5			473,7	X
25	644.5			471,4	X
26	607.1			451,3	Y
27	782.8			447,5	Y
28	685.9			405,8	Y
29	714.4			397,9	Y
30	689.3			201,1	X

$$W_y = 222.$$

$$W_{\min} = 169.35$$

$$W_{\max} = 264.65$$

$$\text{Donc : } 169.35 < W_y < 264.65$$

La condition de Mr Wilcoxon est vérifiée, donc la série des précipitations moyennes annuelle de la station d'AMEUR EL AIN est homogène à suiel de  $(1-\alpha)$  avec  $\alpha=0.05$ .

### III.5- Etude de l'échantillon et le choix du type de loi

La pluviométrie est souvent ajustable à des lois statistiques très nombreuses, on utilise pour notre projet celle qui garantit le meilleur ajustement possible.

Les lois d'ajustement les plus communément employées sont les suivantes :

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

#### III.5.1-Ajustement à la loi de Gauss ou loi normal

Le procédé de calcul consiste à:

- Classer les valeurs de l'échantillon par ordre croissant.
- Affecter un numéro d'ordre aux valeurs classées.
- Calculer la fréquence expérimentale par la formule de Hazen.
- Variable réduite de gauss :  $U = \frac{X - \bar{X}}{\delta}$  .
- Calcul des caractéristiques empirique de loi ( $\bar{X}$  ;  $\delta$  ;  $C_v$ ;  $C_{s=0}$ ).
- Le coefficient de variation :  $C_v = \frac{\delta}{\bar{X}}$  .

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

$$X_{P\%} = \bar{X} + \delta * U_{P\%} \quad \text{Avec:}$$

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

$U_{P\%}$ : variable réduit de Gauss.

$\bar{X}$  : Moyenne arithmétique.

$\delta$  : Écart type

Pour les calculs on a utilisée le logiciel hyfran. Les résultats obtenus figurent au tableau III-3 et au Feg III.1:

**Tableau III.4:** Ajustement à une loi de Gauss

Nombre d'observations: 30					
Paramètres					
mu	639.476667				
sigma	174.004365				
Quantiles					
q = F(X) (probabilité au non-dépassement)					
T = 1/q					
T	q	XT	Ecart- type	Intervalle de confiance (95%)	
10000	0.0001	-7.6672	90.719	-185.51	170.18
2000	0.0005	66.87	81.623	-93.143	226.88
1000	0.001	101.71	77.429	-50.08	253.5
200	0.005	191.2	66.887	60.074	322.33
100	0.01	234.61	61.931	113.2	356.02
50	0.02	282.04	56.675	170.93	393.14
20	0.05	353.2	49.216	256.72	449.69
10	0.1	416.45	43.207	331.75	501.15
5	0.2	493.06	37.133	420.26	565.86
3.3	0.3	548.3	33.95	481.74	614.85
2	0.5	639.48	31.769	577.2	701.76
1.5	0.6667	714.35	33.255	649.16	779.54
1.25	0.8	785.89	37.133	713.1	858.69
1.1111	0.9	862.5	43.207	777.8	947.21
1.0526	0.95	925.75	49.216	829.27	1022.2
1.0204	0.98	996.91	56.675	885.81	1108
1.0101	0.99	1044.3	61.931	922.94	1165.8
1.005	0.995	1087.8	66.887	956.63	1218.9
1.001	0.999	1177.2	77.429	1025.4	1329
1.0005	0.9995	1212.1	81.623	1052.1	1372.1
1.0001	0.9999	1286.6	90.719	1108.8	1464.5

L'examen graphique montre un bon ajustement (voir fig III.1).

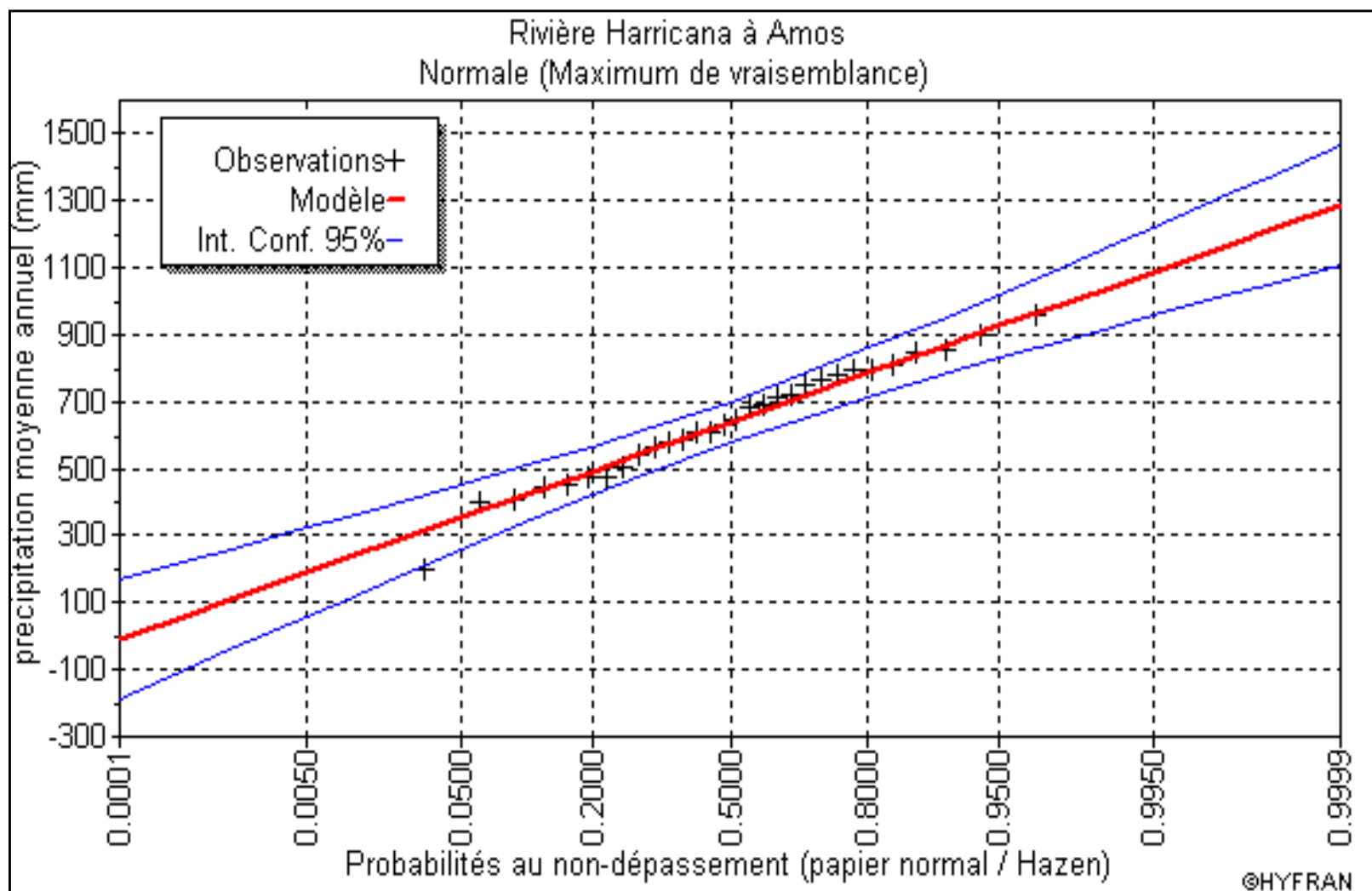


Fig III.1 : Ajustement à une loi de Gauss

### III.5.1.1-Test de validité de l'ajustement à la loi de Gauss

#### ➤ Test de Khi carrée

- ✓ On calcule  $\chi^2_{\text{calculé}}$ .
- ✓ On calcule le nombre de degré de liberté  $\gamma$  :
- ✓ On détermine  $\chi^2_{\text{théorique}}$  sur la table de Pearson III (voir tableau III-4 ci après)

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

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

**Tableau III.5** : table du  $\chi^2$ .

$\alpha \backslash \gamma$	0.9	0.5	0.3	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01	0.001
1	0.016	0.455	1.074	1.642	2.705	3.841	5.412	6.635	10.827
2	0.211	1.386	2.408	3.219	4.605	5.991	7.824	9.210	13.815
3	0.584	2.366	3.665	4.642	6.251	7.815	9.837	11.345	16.266
4	1.064	3.357	4.878	5.989	7.779	9.488	11.668	13.277	18.467
5	1.610	4.351	6.064	7.289	9.236	11.070	13.388	15.086	20.515
6	2.204	5.348	7.231	8.558	10.645	12.592	15.033	16.812	22.457
7	2.833	6.346	8.383	9.83	12.017	14.067	16.622	18.475	24.322
8	3.490	7.344	9.524	11.030	13.362	15.507	18.168	20.090	26.125
9	4.168	8.343	10.656	12.242	14.684	16.919	19.679	21.666	27.877

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

$$\chi^2_{\text{calculé}} = 2.20 \quad \gamma = 4$$

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

$$\chi^2_{\text{théorique}} = 9.488$$

$$\chi^2_{\text{calculé}} = 2.20 < \chi^2_{\text{théorique}} = 9.488$$

Donc l'ajustement est à considérer.

### III.5.2- Loi du log normal ou loi de Galton

Cette méthode est comme suit :

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

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

$$\text{Ln}(X_{p\%}) = \overline{\text{Ln}(\mathbf{X})} + \delta_{\text{Ln}} * U_{p\%} \dots \dots \dots (\text{II.9})$$

Avec:

$\text{Ln}$ : symbole de l'opérateur mathématique correspondant au logarithme népérien.

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

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

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

$$\delta_{\text{Ln}} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{i=n} [\text{Ln}(X_i) - \overline{\text{Ln}(\mathbf{X})}]^2} \quad \text{Si } n < 30 \dots \dots \dots (\text{II.10})$$

$$\delta_{\text{Ln}} = \sqrt{\frac{1}{1-n} \sum_{i=1}^{i=n} [\text{Ln}(X_i) - \overline{\text{Ln}(\mathbf{X})}]^2} \quad \text{Si } n \geq 30 \dots \dots \dots (\text{II.11})$$

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

Pour les calculs on a utilisé le logiciel HYFRAN Les résultats obtenus figurent au tableau III-5 et au Fig III.2:

**Tableau III.6:** Ajustement à une loi de Galton

Rivière Harricana à Amos					
Résultats de l'ajustement					
Lognormale (Maximum de vraisemblance)					
Nombre d'observations: 30					
Paramètres					
mu	6.416899				
sigma	0.321544				
Quantiles					
q = F(X) (probabilité au non-dépassement)					
T = 1/q					
T	q	XT	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)	
10000	0.0001	185.13	31.034	124.29	245.97
2000	0.0005	212.46	32.046	149.64	275.29
1000	0.001	226.59	32.422	163.04	290.15
200	0.005	267.34	33.044	202.56	332.12
100	0.01	289.67	33.15	224.68	354.66
50	0.02	316.2	33.116	251.28	381.12
20	0.05	360.64	32.799	296.34	424.94
10	0.1	405.36	32.365	341.91	468.8
5	0.2	467	32.045	404.18	529.82
3.3	0.3	517.19	32.446	453.58	580.8
2	0.5	612.1	35.934	541.66	682.55
1.5	0.6667	702.93	43.197	618.25	787.61
1.25	0.8	802.29	55.052	694.36	910.21
1.1111	0.9	924.29	73.798	779.62	1069
1.0526	0.95	1038.9	94.484	853.66	1224.1
1.0204	0.98	1184.9	124.09	941.62	1428.2
1.0101	0.99	1293.4	148.03	1003.3	1583.6
1.005	0.995	1401.5	173.22	1061.9	1741
1.001	0.999	1653.5	236.58	1189.7	2117.3
1.0005	0.9995	1763.4	265.98	1242	2284.9
1.0001	0.9999	2023.9	339.28	1358.7	2689

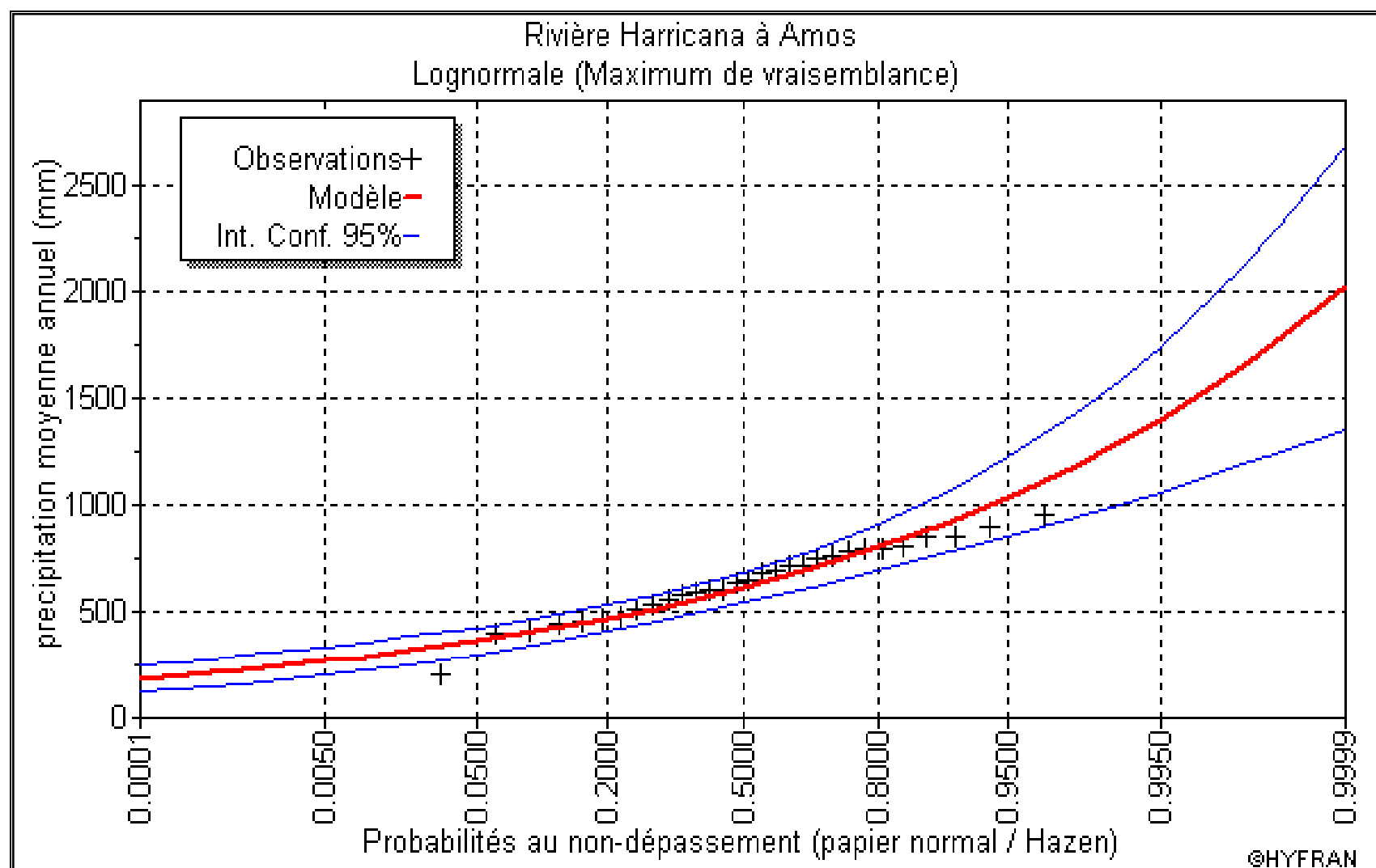


Fig III.2 : Ajustement à une loi de Galton



-L'examen graphique montre un bon ajustement (voir fig III.2).

### III.5.2.1-Test de validité de l'ajustement à la loi de Galton :

➤ **Test de Khi carrée :**

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

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

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

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

$$\chi^2_{\text{calculé}} = 6.87 \quad \gamma = 4$$

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

$$\chi^2_{\text{théorique}} = 9.488$$

$$\chi^2_{\text{calculé}} = 6.87 < \chi^2_{\text{théorique}} = 9.488$$

Donc l'ajustement est à considérer.

### Conclusion

Le test de Khi carré et les figures n°III.1 et n°III.2 montrent que la loi Normale présente une adéquation meilleure que la loi de Log-Normale.

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

Puisque la loi de *Gauss* est la plus adéquate, alors nous la retenons pour l'estimation de la pluviométrie moyenne mensuelle représentative de la région

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

$$P_{i, 80\%} = P_{\text{moy de chaque mois}} \times \frac{\text{é} \quad (\%) }{\text{é} \quad (\%)}$$

Avec : i : mois

On déduire les résultats suivants :

$$P_{\text{théo ann } 80\%} = 493,06 \text{mm.}$$

$$P_{\text{théo ann } 50\%} = 639,48 \text{mm.}$$

Donc les valeurs de  $P_{i,sec\ 80\%}$  devient comme suit :

**Tableau III.7** : Précipitation moyenne mensuelle de l'année de calcul.

mois	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout
$P_{i,moy}$ (mm)	31.4	53.3	80.9	115	93.6	73.5	68.5	58.4	47.5	8.2	2.9	5.9
$P_{i,80\%}$ (mm)	24.21	41.1	62.37	88.67	72.17	56.67	52.81	45.03	36.62	6.32	2.23	4.55

### 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.

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

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

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

Chapitre IV :

# Besion en eau

## CHAPITRE IV : BESOIN EN EAU

### Introduction :

Le but de ce chapitre est de déterminer les besoins en eau des cultures, pour se développer, puisent du sol, l'eau et les éléments nutritifs, la quantité d'eau donnée à la culture n'est pas entièrement absorbée par la culture, une partie percole et se perd en profondeur.

L'eau qui constitue la plante est libérée par la transpiration à travers l'appareil foliacé, le reste est évaporé par le sol ; l'ensemble de ces deux actions est l'évapotranspiration, ce phénomène conditionne et détermine les besoins en eau des cultures, dans un premier temps, la détermination des besoins en eau d'une culture nécessite :

- la connaissance de divers paramètres concernant aussi ; bien la plante elle-même que les données climatiques et pédologiques de la région.
- Les données climatiques donneront les indications concernant les besoins en eau des cultures.
- les paramètres pédologiques permettront d'estimer la réserve en eau utile du sol ; et les données culturales préciseront la réserve en eau facilement utilisable par la plante.

### IV.1-Les cultures adaptées à la zone d'étude

Afin de quantifier les besoins en eau des cultures, on doit étudier l'évolution de la répartition culturale de la situation existante et celle projetée dans le périmètre. Ce passage permettra l'augmentation des superficies occupées par les cultures rémunératrices.

L'enquête agro-économique a concerné un échantillon d'exploitations couvrant une superficie totale de 365 Ha .Par contre, l'étude foncière a été menée systématiquement sur toute la superficie agricole de la zone d'étude.

Les résultats de notre enquête, montrent la prédominance des grandes cultures avec 340Ha soit plus de 93% de la surface totale. Les arboricultures sont les plus répandues avec environ 72 % de la surface cultivée.

Les céréales avec toutes espèces confondues viennent en deuxième position dominée par le blé.

### IV.2-L'occupation des sols

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

L'occupation des sols retenue pour notre étude est donnée par le tableau IV.1

**Tableau IV.1:** surface occupée par les différentes cultures.

Les cultures	Arboricultures (243ha)	Céréales (47ha)	Maraichère (35ha)	Fourrages (15ha)
type	- Agrumes - Vignes -Pommier	-blé -orge	-tomate -piment	-Maïs fourrager -Sorgho fourrager

### IV.3- Le besoins en eau d'une culture

Le besoin en eau est défini comme étant le niveau d'évapotranspiration d'une culture indemne de maladie et poussant dans une parcelle d'une surface supérieure a un hectare dans des conditions optimales de sol.

### IV.4. L'évapotranspiration réelle ou de culture (ETR ou ETC)

C'est la valeur réelle de l'évapotranspiration .Le plus souvent, elle est inférieure à l'évapotranspiration potentielle, puisque le sol n'est pas en permanence a 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 climatique, donnée par la formule (5-1).

$$ET_{\text{culture}}=K_C \times ET_0 \dots\dots\dots (4-1).$$

KC : représente le coefficient cultural, dépend du type de la culture et de son stade de développement, et des conditions climatiques qui y règnent.

Avec :

ET<sub>culture</sub> : représente l'évapotranspiration de culture ;

Kc : coefficient cultural ;

ET<sub>0</sub> : représente l'évapotranspiration de référence

#### IV.5- Calcul de l'évapotranspiration potentielle ou de référence

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 orientées vers l'établissement de formules universelles. qui 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 employées, sont :

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

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

- Priestly, Taylor, Makkink, Turc, Hargreaves, Blaney , Cridle, Thornthwaite, Penman et Monteith modifiée.

Dans notre mémoire fin d'étude, le calcul des besoins en eau des cultures est effectuée à l'aide de logiciel CROPWAT, qui permet au passage, l'évaluation de l'évapotranspiration de référence, selon la méthode empirique la plus appropriée de M<sup>r</sup> Penman et Monteith modifiée.

#### IV.6- Méthode de M<sup>r</sup> Penman et M<sup>r</sup> Motheit modifiée

En Angleterre, précisément en 1948, M<sup>r</sup> Penman et M<sup>r</sup> Motheit ont proposé une étude 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 montré 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 faibles humidité.

Pour cela, nous adaptons la nouvelle formule de M<sup>r</sup> Penman et M<sup>r</sup> Motheit, modifiée, qui prend en compte l'effet du paramètre vent, ainsi que les corrections supplémentaires qui tiennent compte des conditions météorologique diurne et nocturne.

L'expérience a montré que l'expression obtenue, prédit de près, l'évapotranspiration de référence, non seulement dans des régions humides et fraîches comme en Angleterre, mais aussi dans des zones très chaudes et semi arides.

La formule de M<sup>r</sup> Penman et M<sup>r</sup> Motheit modifiée se présentant comme suite:

$$ET_0 = C \times [W \times Rn + (1 - W) \times F(u) \times (ea - ed)] \dots \dots \dots (4-2).$$

Tel que :

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

$W$  : facteur de pondération tenant compte de l'effet de rayonnement a différente température et altitude.

$Rn$  : rayonnement net en évaporation équivalente, exprime en mm/jour.

$F(u)$  : fonction liée au vent.

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

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

La différence (ea-ed) consiste en 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, fonder sur la méthode de M<sup>r</sup> Penman et M<sup>r</sup> Motheit, modifiée et recommandée par la consultation des experts de la FAO tenue a Rome en mai 1990.

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

- Température : Les températures moyennes mensuelles sont données en degré Celsius.
- Humidité de l'air : l'humidité relative de l'air exprime en pourcentage %.
- Insolation journalière : L'insolation journalière donnée en heures d'insolation.
- Vitesse de vent : La vitesse du vent peut être introduite en m/s.

Les résultats de l'évapotranspiration de référence  $ET_0$  calculés à l'aide du logiciel CROPWAT 8.0 sont récapitulés dans le tableau ci-après.

**Tableau IV.2:** Evapotranspiration de référence ETO calculée à l'aide du logiciel CROPWAT 8.0

Pays		BLIDA		Station		L'ARBAA	
Altitude		100 m.		Latitude		36.36 °N	
				Longitude		3.10 °E	
Mois	Temp Moy	Humidité	Vent	Insolation	Ray.	ETo	
	°C	%	km/jour	heures	MJ/m <sup>2</sup> /jour	mm/jour	
Janvier	12.2	70	74	9.8	13.1	1.20	
Février	12.9	66	86	11.0	17.1	1.89	
Mars	15.0	63	87	11.6	21.6	2.88	
Avril	17.1	70	76	12.9	26.6	3.85	
Mai	21.3	68	77	13.8	29.7	4.96	
Juin	25.2	70	80	14.5	31.3	5.81	
Juillet	29.4	73	82	14.4	30.8	6.38	
Août	30.0	79	79	13.7	28.3	6.04	
Septembre	25.3	76	85	12.6	23.8	4.47	
Octobre	22.0	76	66	11.5	18.7	2.96	
Novembre	16.7	73	70	10.5	14.3	1.69	
Décembre	13.2	71	71	9.7	12.1	1.10	
<b>Moyenne</b>	<b>20.0</b>	<b>71</b>	<b>78</b>	<b>12.2</b>	<b>22.3</b>	<b>3.60</b>	

#### IV.7-Calcul de la pluie efficace

Pour tenir compte des pertes, le programme CROPWAT, nous permet de calculer la précipitation efficace, définie comme étant la fraction des précipitations contribuant effectivement à la satisfaction des besoins de l'évapotranspiration de la culture après déduction des pertes par ruissellement de surface, par percolation en profondeur, etc.

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



**Tableau IV.3:** Les pluies efficaces calculées à l'aide du logiciel CROPWAT

Station		Méthode Précipitations eff.	
L'ARBAA		Pourcentage fixé	
	Pluie	Pluie eff.	
	mm	mm	
Janvier	72.2	57.7	
Février	56.7	45.3	
Mars	52.8	42.2	
Avril	45.0	36.0	
Mai	36.6	29.3	
Juin	6.3	5.1	
Juillet	2.2	1.8	
Août	4.5	3.6	
Septembre	24.2	19.4	
Octobre	41.1	32.9	
Novembre	62.4	49.9	
Décembre	88.6	70.9	
<b>Total</b>	<b>492.7</b>	<b>394.1</b>	

#### IV.8- Les besoins eau des cultures suivant le calendrier cultural

L'appréciation des besoins en eau des cultures, par le logiciel CROPWAT, nécessite l'introduction des renseignements ci après :

- Durée des phases de croissance (en jour) : initiale, mi-saison, développement et récolte.
- Coefficients culturaux ( $K_c$ ) : pour chaque phase de croissance et pour chaque culture.
- Profondeur d'enracinement ( $P$ ) en (mètre) : deux valeurs sont entrées celle de la phase initiale et celle de la phase plein développement.
- Tarsissement admissible ( $p$ ) du sol, exprime en fraction d'humidités totales disponibles :

C'est le niveau critique de l'humidité du sol a partir du quel le stress du au manque d'eau se fait sentir, affectant l'évapotranspiration et la production de la plante.

Coefficients de réponse du rendement  $K_Y$  : pour estimer les productions dues au stress hydrique, nous devons connaître les différents coefficients de réponse pour chaque phase de croissance.

Les besoins théoriques mensuels sont déterminés par le bilan hydrique

$$B = ETP - (P_{eff} + RFU) + D \dots\dots\dots (4-5)$$

Avec :

B : besoin en eau d'irrigation (mm) ;

ETP : évapotranspiration (mm / jour) ;

Pef : pluie efficace ;

RFU : réserve facilement utilisable ;

D : drainage.

$$RFU = Y (H_{cc} - H_{pf}) \cdot D_a \cdot Z \dots\dots\dots (4-6)$$

Avec :

Y : degré de tarissement.

Da : densité apparente.

Z : profondeur d'enracinement mm.

Hcc : humidité à la capacité au champ.

Hpf : humidité au point de flétrissement.

Pef : pluie efficace (calculer d'après les formules (4-3) et (4-4)).

L'irrigation est fait lorsque  $B > 0$ , (d'après la formule (4-6)).

#### IV.9- Détermination des besoins en eau des cultures

Pour le calcul des besoins en eau de l'arboriculture on a utilisé une méthode de bulletin du FAO N°36. Cette méthode consiste à déterminée :

L'irrigation est fait lorsque  $B > 0$ , (d'après la formule 4-6).

##### IV.9.1- L'Evaporation maximale de la culture

$$ETM = K_c \cdot E_{To} ; (mm/j) \dots\dots\dots (4-7)$$

Avec :

Kc: coefficient cultural.

ETo : évapotranspiration de référence.

##### IV.9.2- Besoin en eau d'irrigation

###### IV.9. 2.1- Le besoin d'irrigation net, Bnet

C'est le volume (ou la hauteur) d'eau d'irrigation théorique nécessaire pour obtenir une Production normale sur l'ensemble de la surface cultivée.

(à l'exclusion des pertes et de la contribution des autres ressources).

### IV.9.2.2- Le besoin d'irrigation brut, Bbrut

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

$$B_{\text{brut}} = B_{\text{net}} \cdot R_p + L_R ; (\text{mm/j}) \dots \dots \dots (4-10)$$

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

$$R_p = \frac{E \cdot C_u}{100} \dots \dots \dots (4-11)$$

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

$C_u$  : coefficient d'uniformité.

$L_R$  : besoin supplémentaire en eau pour le lessivage du sol pour l'irrigation.

### IV.10-efficiences de l'irrigation

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

La différence entre les deux volumes indique les pertes.

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

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

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

$E_e$ : Efficacité 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 efficacité globale, produit entre les trois efficacités décrites ci-dessus égalé à 0.75.

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

**NB** : On introduire les données climatiques dans le logiciel CROPWAT 8.0 mais on obtient certains résultats faux.

Les résultats de calcul pour les différentes cultures sont reportés dans les tableaux IV.4

**Tableau IV.4: Représentation de l'assolement choisi.**

Culture		Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou
Céréales	Ble			←									
	Orge		←										
	Avoine		←										
Cultures maraichères	Tomate	⇒						←					
	Pomme de terre		←					←					
Fourrages	Maïs fourrager								←				
	Sorgho fourrager									←			
Arboriculture	Agrumes	←											→
	Vignes	←											→
	Pécher	←											→
	Pommier	←											→
	Olivier	←											→

**Tableau IV.5:** besoins en eau d'irrigation des agrumes.

culture: Agrumes			station climatique: l'arbaa				
date de plantation:01/03							
Mois	Décade	Phase	Kc coeff	ETc mm/jour	ETc mm/dec	Pluie eff. mm/dec	Bes. Irr. mm/dec
Mar	1	Init	0.7	1.78	17.8	14.5	3.3
Mar	2	Init	0.7	2.01	20.1	14.2	6
Mar	3	Init	0.7	2.24	24.6	13.5	11.2
Avr	1	Init	0.7	2.46	24.6	12.7	11.9
Avr	2	Init	0.7	2.69	26.9	12	14.9
Avr	3	Crois	0.7	2.95	29.5	11.3	18.2
Mai	1	Crois	0.68	3.1	31	11	20
Mai	2	Crois	0.64	3.17	31.7	10.6	21.1
Mai	3	Crois	0.6	3.13	34.5	7.6	26.9
Jui	1	Crois	0.56	3.08	30.8	3.7	27
Jui	2	Crois	0.52	3.01	30.1	0.7	29.4
Jui	3	Crois	0.48	2.9	29	0.7	28.3
Jui	1	Crois	0.45	2.79	27.9	0.8	27.1
Jui	2	Crois	0.41	2.65	26.5	0.4	26.1
Jui	3	Mi-sais	0.37	2.35	25.9	0.7	25.2
Août	1	Mi-sais	0.36	2.25	22.5	0.6	21.9
Août	2	Mi-sais	0.36	2.22	22.2	0.6	21.6
Août	3	Mi-sais	0.36	2.02	22.2	2.6	19.6
Sep	1	Mi-sais	0.36	1.8	18	4.7	13.3
Sep	2	Mi-sais	0.36	1.61	16.1	6.5	9.6
Sep	3	Mi-sais	0.36	1.43	14.3	8	6.3
Oct	1	Mi-sais	0.36	1.25	12.5	9.4	3.1
Oct	2	Mi-sais	0.36	1.07	10.7	10.8	0
Oct	3	Mi-sais	0.36	0.93	10.2	12.8	0
Nov	1	Mi-sais	0.36	0.8	8	14.6	0
Nov	2	Mi-sais	0.36	0.66	6.6	16.5	0
Nov	3	Arr-sais	0.39	0.57	5.7	18.9	0
Déc	1	Arr-sais	0.41	0.44	4.4	22.4	0
Déc	2	Arr-sais	0.41	0.29	2.9	25.3	0
Déc	3	Arr-sais	0.41	0.34	3.7	23.3	0
Jan	1	Arr-sais	0.41	0.41	4.1	20.7	0
Jan	2	Arr-sais	0.41	0.44	4.4	19.3	0
Jan	3	Arr-sais	0.41	0.56	6.1	17.9	0
Fév	1	Arr-sais	0.41	0.67	6.7	16.2	0
Fév	2	Arr-sais	0.41	0.78	7.8	14.7	0
Fév	3	Arr-sais	0.41	0.91	7.3	14.5	0
total					627.3	394.5	392

**Tableau IV.6:** besoins en eau d'irrigation des vignes.

culture: vignes		station climatique: l'arbaa					
date de plantation:01/03							
Mois	Décade	Phase	Kc coeff	ETc mm/jour	ETc mm/dec	Pluie eff. mm/dec	Bes. Irr. mm/dec
Mar	1	Init	0.3	0.76	7.6	14.5	0
Mar	2	Init	0.3	0.86	8.6	14.2	0
Mar	3	Init	0.3	0.96	10.5	13.5	0
Avr	1	Init	0.3	1.06	10.6	12.7	0
Avr	2	Init	0.3	1.15	11.5	12	0
Avr	3	Init	0.3	1.26	12.6	11.3	1.4
Mai	1	Init	0.3	1.38	13.8	11	2.7
Mai	2	Init	0.3	1.49	14.9	10.6	4.3
Mai	3	Init	0.3	1.57	17.3	7.6	9.7
Jui	1	Init	0.3	1.65	16.5	3.7	12.8
Jui	2	Init	0.3	1.74	17.4	0.7	16.6
Jui	3	Init	0.3	1.8	18	0.7	17.3
Jui	1	Init	0.3	1.88	18.8	0.8	18
Jui	2	Init	0.3	1.95	19.5	0.4	19.1
Jui	3	Crois	0.3	1.93	21.2	0.7	20.5
Août	1	Crois	0.36	2.22	22.2	0.6	21.6
Août	2	Crois	0.42	2.6	26	0.6	25.4
Août	3	Crois	0.49	2.76	30.3	2.6	27.7
Sep	1	Crois	0.56	2.81	28.1	4.7	23.4
Sep	2	Mi-sais	0.62	2.79	27.9	6.5	21.4
Sep	3	Mi-sais	0.63	2.51	25.1	8	17.1
Oct	1	Mi-sais	0.63	2.19	21.9	9.4	12.6
Oct	2	Mi-sais	0.63	1.87	18.7	10.8	7.9
Oct	3	Mi-sais	0.63	1.63	18	12.8	5.2
Nov	1	Mi-sais	0.63	1.4	14	14.6	0
Nov	2	Mi-sais	0.63	1.16	11.6	16.5	0
Nov	3	Mi-sais	0.63	0.94	9.4	18.9	0
Déc	1	Mi-sais	0.63	0.68	6.8	22.4	0
Déc	2	Mi-sais	0.63	0.44	4.4	25.3	0
Déc	3	Mi-sais	0.63	0.52	5.7	23.3	0
Jan	1	Mi-sais	0.63	0.62	6.2	20.7	0
Jan	2	Arr-sais	0.63	0.68	6.8	19.3	0
Jan	3	Arr-sais	0.56	0.76	8.4	17.9	0
Fév	1	Arr-sais	0.46	0.75	7.5	16.2	0
Fév	2	Arr-sais	0.36	0.68	6.8	14.7	0
Fév	3	Arr-sais	0.27	0.6	4.8	14.5	0
total					529.5	394.5	284.8

**Tableau IV.7 :** besoins en eau d'irrigation de céréal.

Mois	Décade	Phase	Kc coeff	ETc mm/jour	ETc mm/dec	Pluie eff. mm/dec	Bes. Irr. mm/dec
Nov	2	Init	0.3	0.55	3.3	9.9	0
Nov	3	Init	0.3	0.44	4.4	18.9	0
Déc	1	Crois	0.3	0.32	3.2	22.4	0
Déc	2	Crois	0.41	0.29	2.9	25.3	0
Déc	3	Crois	0.6	0.49	5.4	23.3	0
Jan	1	Crois	0.78	0.77	7.7	20.7	0
Jan	2	Mi-sais	0.91	0.98	9.8	19.3	0
Jan	3	Mi-sais	0.91	1.23	13.5	17.9	0
Fév	1	Mi-sais	0.91	1.48	14.8	16.2	0
Fév	2	Mi-sais	0.91	1.72	17.2	14.7	2.5
Fév	3	Mi-sais	0.91	2.02	16.2	14.5	1.7
Mar	1	Mi-sais	0.91	2.32	23.2	14.5	8.7
Mar	2	Arr-sais	0.91	2.62	26.2	14.2	12
Mar	3	Arr-sais	0.8	2.57	28.3	13.5	14.8
Avr	1	Arr-sais	0.64	2.27	22.7	12.7	10
Avr	2	Arr-sais	0.49	1.88	18.8	12	6.8
Avr	3	Arr-sais	0.35	1.49	11.9	9	0.7
					229.6	278.8	57.3

**Tableau IV.8 :** besoins en eau d'irrigation de tomate.

culture: tomate		station climatique: l'arbaa					
date de plantation: 15/05							
Mois	Décade	Phase	Kc coeff	ETc mm/jour	ETc mm/dec	Pluie eff. mm/dec	Bes. Irr. mm/dec
Mai	2	Init	0.6	2.98	17.9	6.3	12.6
Mai	3	Init	0.6	3.14	34.6	7.6	27
Jui	1	Init	0.6	3.31	33.1	3.7	29.3
Jui	2	Crois	0.63	3.63	36.3	0.7	35.5
Jui	3	Crois	0.72	4.32	43.2	0.7	42.5
Jui	1	Crois	0.82	5.12	51.2	0.8	50.4
Jui	2	Crois	0.92	5.95	59.5	0.4	59.1
Jui	3	Mi-sais	0.99	6.25	68.8	0.7	68.1
Aoû	1	Mi-sais	0.99	6.15	61.5	0.6	60.9
Aoû	2	Mi-sais	0.99	6.07	60.7	0.6	60.1
Aoû	3	Mi-sais	0.99	5.52	60.7	2.6	58.1
Sep	1	Arr-sais	0.98	4.88	48.8	4.7	44
Sep	2	Arr-sais	0.88	3.92	39.2	6.5	32.7
Sep	3	Arr-sais	0.76	3.02	30.2	8	22.2
Oct	1	Arr-sais	0.67	2.31	13.9	5.6	9.2
total					659.5	49.6	611.8

**Tableau IV.9 :** besoins en eau d'irrigation des piments.

culture: piment		station climatique: l'arbaa					
date de plantation:10/05							
Mois	Décade	Phase	Kc coeff	ETc mm/jour	ETc mm/dec	Pluie eff. mm/dec	Bes. Irr. mm/dec
Mai	2	Init	0.6	2.98	20.8	7.4	15.6
Mai	3	Init	0.6	3.14	34.6	7.6	27
Jui	1	Init	0.6	3.31	33.1	3.7	29.3
Jui	2	Crois	0.63	3.64	36.4	0.7	35.6
Jui	3	Crois	0.71	4.24	42.4	0.7	41.7
Jui	1	Crois	0.79	4.93	49.3	0.8	48.5
Jui	2	Mi-sais	0.86	5.61	56.1	0.4	55.7
Jui	3	Mi-sais	0.88	5.59	61.5	0.7	60.8
Août	1	Mi-sais	0.88	5.48	54.8	0.6	54.2
Août	2	Mi-sais	0.88	5.41	54.1	0.6	53.4
Août	3	Arr-sais	0.87	4.86	53.5	2.6	50.9
Sep	1	Arr-sais	0.8	4.01	40.1	4.7	35.3
Sep	2	Arr-sais	0.75	3.34	16.7	3.3	13.4
total					553.3	33.8	521.6

**Tableau IV.10 :** besoins en eau d'irrigation des Maïs fourrager.

culture: Maïs fourrager		station climatique: l'arbaa					
date de plantation:16/04							
Mois	Décade	Phase	Kc coeff	ETc mm/jour	ETc mm/dec	Pluie eff. mm/dec	Bes. Irr. mm/dec
Avr	2	Init	0.3	1.15	8.1	8.4	2.1
Avr	3	Init	0.3	1.26	12.6	11.3	1.4
Mai	1	Crois	0.35	1.62	16.2	11	5.2
Mai	2	Crois	0.54	2.67	26.7	10.6	16.2
Mai	3	Crois	0.74	3.87	42.5	7.6	34.9
Jui	1	Mi-sais	0.93	5.11	51.1	3.7	47.4
Jui	2	Mi-sais	0.97	5.6	56	0.7	55.2
Jui	3	Mi-sais	0.97	5.79	57.9	0.7	57.3
Jui	1	Mi-sais	0.97	6.06	60.6	0.8	59.8
Jui	2	Arr-sais	0.96	6.21	62.1	0.4	61.7
Jui	3	Arr-sais	0.78	4.97	54.6	0.7	54
Août	1	Arr-sais	0.57	3.53	35.3	0.6	34.7
Août	2	Arr-sais	0.4	2.47	14.8	0.4	14.5
total					498.6	56.9	444.2



**Tableaux IV.11:** tableau récapitulatifs des besoins d'irrigation des cultures:

cultures	Désignation	Besoins mensuel (mm/mois)											Total	
		S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt		A
Arboriculture	Agrumes	29.2	3.1					20.5	45	68	84.7	78.4	63.1	392
	Vignes	61.9	25.7						1.4	16.7	46.7	57.6	74.7	284.7
	Pommier	76.3	54	7.1						4.5	73.4	90.8	106.2	412.3
	Olivier	37.5	20.3						19.8	80.6	120.7	154.8	127.8	561.478
céréale	blé						4.2	43.3	74.1	46.1	17.5			185.2
	orge						4.2	43.3	74.2	46.1	15			182.8
cultures maraichères	tomate	98.9	9.2							39.6	107.3	177.6	179.1	611.7
	piment	48.7								42.6	106.6	165	158.5	521.4
fourrages	Maïs fourrager								3.5	56.3	159.9	175.5	49.2	444.4
	Sorgho fourrager										84.8	105.1	34.2	224.085
		352.5	112.3	7.1				107.1	218	400.5	883.6	1005	792.8	3820.1

Les besoins en eau d'irrigation des cultures envisageables pour le périmètre qui irrigué à partir de la retenue collinaire de sidi hammed sont reportés dans l'annexe, le tableau IV.11 récapitule les résultats.

**Tableaux IV.12:** tableau récapitulatifs des Besoins annuel totaux :

cultures	Désignation	Superficie en (ha)	Besoins annuel en(m <sup>3</sup> /ha)	Besoins annuel totaux en(m <sup>3</sup> )
Arboriculture	Agrumes	150	3920	588000
	Vignes	12	2847	34164
	Pommier	60	4123	247380
	Olivier	21	5614.8	117910.8
céréale	blé	37	1852	68524
	orge	10	1828	18280
cultures maraichères	tomate	25	6117	152925
	piment	10	5214	52140
fourrages	Maïs fourrager	5	4444	22220
	Sorgho fourrager	10	2240.9	22409
	total			1323952.8

D'après le tableau les besoins bruts en eau pour l'irrigation du périmètre sont estimés à environs 1.33Mm<sup>3</sup>.

#### IV. 11-Comparaison entre les besoin du périmètre et la capacité de la retenu

La surface totale du périmètre étudiant est 365ha et celle apte a l'irrigation d'après l'étude pédologique est seulement 340 ha, la capacité totale de la retenu est 2.1Mm<sup>3</sup> et le volume utile est 1.8Mm<sup>3</sup>.

Sur la base de ces données et les besoins totaux des cultures calculées, l'exploitation agricole du périmètre va être gérée de telle manière à satisfaire les besoins sans le risque de l'abaissement brusque du niveau normale de la retenu.

## Conclusion

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

Cette étude à pour but principal de déterminer les besoins des cultures ainsi le volume nécessaire pour le mois de pointe apporter pour les différentes cultures à l'aide du logiciel CROPWAT 8.0, et comparer avec la capacité de la retenue, les besoins totaux pour l'année sont de **1.33Mm<sup>3</sup>** et la capacité de la retenue est **2.1Mm<sup>3</sup>**. Donc les calculs permettent de confirmer que le volume d'eau stocke au niveau de la retenue est suffisant pour l'irrigation de notre périmètre.

# Chapitre V

## choix et découpage d'îlot d'irrigation

## CHAPITRE V : CHOIX ET DECOUPAGE D'ILOT D'IRRIGATION

### Introduction

Le terme « Ilot d'irrigation » décrit l'unité Hydro – agricole alimentée par une seule prise d'irrigation.

La prise (ou borne) d'irrigation représente le point limite du système de distribution ou l'administration du réseau d'irrigation intervenant dans la gestion de l'eau.

En aval de la prise, la gestion de l'eau est à la charge de l'exploitant, ou d'un groupe d'exploitant

La taille des parcelles et des exploitations est variable (2ha, 6ha ,12ha) et la forme des parcelles est régulière.

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

La délimitation du périmètre de 365 ha a se trouve sur le territoire de la commune de L'ARBAA.

L'altitude du périmètre varie de 55 m à 90 m

La structure foncière du périmètre est représentée par le secteur privé et comprend plusieurs Propriétaires identifiés.

**Tableau V.1** : Les différente Parcelles du périmètre

<b>N° de la parcelle</b>	<b>Propriétaires</b>	<b>Surface de la parcelle (ha)</b>
1	privé	9.72
2	privé	9.88
3	privé	10.31
4	privé	8.99
5	privé	5.24
6	privé	8.13
7	privé	6.69
8	privé	1.95
9	privé	7.35
10	privé	5.92
11	privé	6.55
12	privé	6.36
13	privé	5.15
14	privé	8.07
15	privé	9.73
16	privé	11.12
17	privé	7.05
18	privé	6.5
19	privé	7.3
20	privé	6.86
21	privé	8.4
22	privé	6.28
23	privé	8.31
24	privé	5.17
25	privé	7.33
26	privé	4.92
27	privé	5.65
28	privé	6.67

**Tableau V.1:** Les différentes Parcelles du périmètre (suite)

29	privé	3.48
30	privé	3.42
31	privé	3.66
32	privé	10.33
33	privé	10.14
34	privé	8.77
35	privé	9.87
36	privé	12.75
37	privé	8.71
38	privé	12.19
39	privé	11.36
40	privé	7.5
41	privé	8.16
42	privé	10.06
43	privé	5.35

Dans ce chapitre, nous considérons d'abord les différents facteurs concernant le dimensionnement et le découpage des îlots et examinons par la suite la situation foncière de la zone d'étude, avec un découpage provisoire des îlots selon les principes indiqués ci-dessous :

### V.1 - Taille des îlots d'irrigation

Comme il vient d'être indiqué ci-dessus la taille des îlots d'irrigation variera selon les possibilités pratiques de découpage des îlots en fonction de la situation foncière existante. En outre ; la taille de l'îlot doit être déterminée en fonction des facteurs suivants :

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

## V.2 -Débit fictif continu

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

Le débit fictif continu se calcul par la relation suivante :

$$q = \frac{B_m}{T \cdot t \cdot K} \text{ en (l/s/ha)}$$

Tel que :  $B_m$  : Besoins mensuels maximum net en  $m^3/ha$  ;

$T$  : Temps d'irrigation par jour = 20h/j ;

$t$  : Durée d'irrigation en jours = 30 jours ;

$K$  : Coefficient d'efficience globale du système d'irrigation = 0.75.

## V.3-Débit d'équipement

Le débit fourni par la prise doit correspondre à une main d'eau compatible avec le système d'irrigation adopté au niveau de l'exploitation.

Plusieurs facteurs peuvent faire varier la valeur à choisir pour le module ; le premier de ces facteurs, est la méthode d'arrosage, plus elle est perfectionnée, plus le module pourra être réduit ; si les surfaces à mettre en eau sont petites on peut judicieusement donner de petites quantités d'eau.

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

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

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

On note que ces conditions, ont été déjà définies dans les paragraphes précédents.

Le module, pour rester commode, pratique et économique on a opté pour une main d'eau qui doit se situer entre 10 et 20 l/s.



#### V.4-Taille de l'îlot

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

**Tableau V.2 : Débits normalisés des prises**

Taille de l'îlot S (ha)	Débit d'équipement de la prise (l/s)
$S \leq 15$	15
$15 < S \leq 20$	20
$20 < S \leq 25$	25
$25 < S \leq 30$	30

En dehors de la période de pointe, le débit fictif continu exigé au niveau de l'îlot sera inférieur au débit équipé au niveau de la prise, ceci peut arriver aussi lors de la période de pointe dans les cas suivants :

- la superficie de l'îlot est inférieure à la superficie nominale correspondant au débit de la prise (cas sortant des plus petits îlots).
- le plan de cultures est moins intensif que celui supposé pour le dimensionnement de la prise.

Dans ces conditions, le volume fourni à l'îlot doit être ajusté aux besoins soit par une diminution du débit fourni en continu, soit par l'introduction d'un tour d'eau au niveau des prises, ou bien encore par une combinaison des deux.

#### V.5- Découpage des îlots

Le découpage des îlots devrait être effectué en respectant les principes suivants :

- Les limites des îlots suivant les limites de parcelles telles qu'elles sont indiquées sur les plans parcellaires.
- Les tailles des îlots sont conformes aux classes de superficies définies dans les sections précédentes.
- Une limite d'un îlot ne doit pas diviser une exploitation ou propriété d'un seul tenant à moins que la taille de celle –ci dépasse la superficie maximum admise pour un îlot.
- Dans le cas où une grande exploitation privée doit – être divisée en deux îlots ou plus, ces îlots sont la mesure du possible de la même taille.

### **V. 6-L'emplacement des bornes d'irrigation dans les' îlots**

Chaque îlot sera desservi par une prise d'irrigation sur le réseau de distribution par conduites qui suivent les limites de ces îlots.

Par conséquent, la prise serait toujours située sur la limite de l'îlot, sur le coté amont ; dans le cas de petites surfaces et au centre dans le cas de grandes parcelles.

La borne est placée sur le côté haut de l'îlot, dans une position aussi centrale que possible. Cependant, on tient compte aussi de la facilité d'accès à la borne à partir d'une route ou piste existante. Ce critère, de même que la topographie, conduit parfois à placer la borne dans un coin de l'îlot. Dans certains cas, la disposition du réseau fait que le point haut de l'îlot est éloigné de la borne. Dans le cas d'une borne qui dessert plus d'une exploitation, la borne est positionnée, dans la mesure du possible, sur la limite entre les exploitations.

### **Conclusion**

On a découpé les îlots de notre périmètre suivant l'étude foncière et suivant les limites des propriétaires privés existant, Donc Notre périmètre est découpé en 43 îlots.

Le découpage de notre périmètre d'étude en ilots est une étape essentielle avant d'entamer la partie de dimensionnement du réseau d'irrigation quand va la traiter dans le chapitre suivant.

# Chapitre VI

## Projection et dimensionnement de réseau d'irrigation

## CHAPITRE VI:

# PROJECTION ET DIMENSIONNEMENT DE RESEAU D'IRRIGATION

### **Introduction**

Le réseau collectif de distribution d'eau, est essentiellement constitué par des canalisations enterrées, livrant l'eau gravitaire aux différents exploitants, par l'intermédiaire des bornes (prises) d'arrosages.

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

C'est dans ce contexte, que notre attention dans ce chapitre s'est accentuer à la mise au point de la méthodologie d'optimisation du réseau de distribution d'irrigation sous pression, présentée ci-après

### **VI.1-Modalités de dessertes**

#### **VI.1.1 -L'irrigation à la demande**

Cette technique laissant le choix à l'agriculteur d'utiliser sa propre borne (prise) d'irrigation en temps opportun. C'est le mode le plus couramment retenu, néanmoins, très complexe, car les appels de débits sont totalement aléatoires.

#### **VI.1.2 -L'irrigation au tour d'eau**

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

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

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

#### **VI.1.2.1-Tour d'arrosage à la borne**

Chacune des bornes du réseau reçoit un débit correspondant au débit fictif continu des superficies irriguées qu'elles desservent. Ce débit constitue alors, le module qui est utilisé successivement par les différentes prises de la borne et pendant des durées proportionnelles aux superficies desservies. Chaque borne est équipée d'un limiteur de débit commun aux différentes prises.

#### **VI.1.2.2 -Tour d'arrosage à l'antenne**

Dans le cas des petites propriétés, les modules disponibles lors de l'application des modalités précédentes, pourront être trop faibles, d'où l'option de regrouper plusieurs bornes sur une seule antenne donnée.

Le débit fictif continu relatif aux superficies irriguées, desservies par cette antenne, constituera le module d'irrigation, successivement délivré aux différentes prises de l'antenne.

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

### **VI.2- Adduction**

La conduite d'adduction permet d'alimenter les terres agricoles du périmètre de SIDI HAMED en eaux d'irrigation.

L'analyse du relief de la zone d'étude, ou plus précisément, du parcours entre le site de la source d'eau (retenue collinaire de SIDI HAMED) et l'entête du périmètre à irriguer nous instruit au préalable sur la configuration du système d'adduction qui servira à véhiculer l'eau entre les deux bouts.

Le site de production (retenue collinaire) se trouvant à une cote de 130m.

L'entête projeté du périmètre à 1030.42m (distance réelle), à une cote de 83.2m.

### **VI.2.1- Choix de la trace**

Pour le choix du tracé de la conduite d'adduction (CH V – N1) il sera tenu compte de certain impératif que l'on s'efforcera dans la mesure du possible de respecter :

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

### **VI.3-La méthodologie de dimensionnement**

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

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

### **VI.4- Calcul des débits a transité par le réseau collectif**

Les conditions de la desserte envisagée 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.

#### **VI.4.1- Débits spécifiques**

Le but est de définir les débits nécessaires que le système d'irrigation doit véhiculer pour répondre à la demande en eau des cultures. Les débits spécifiques sont définis d'après les besoins en eau de chaque culture, évalués précédemment à partir de la répartition culturale et des besoins de lessivage. Ces débits spécifiques sont définis par la formule (6.1) et permettront de déterminer les débits à la parcelle et à l'entête de l'entité d'étude.

$$q_s = \frac{B_m}{T * t * 3,6 * K} \text{ en } (l / s / ha). \quad \dots\dots\dots (6.1)$$

Tels que :

$B_m$  : Besoins mensuels maximum net en m<sup>3</sup>/Ha ;

$T$  : Temps d'irrigation par jour 20h/j ;

$t$  : Durée d'irrigation en jours =30jours ;

$K$  : Coefficient d'efficience globale du système d'irrigation : 0.75.

Calcul du débit spécifique:

- Le mois de pointe est juillet ;
- Les besoins de pointe sont de 1005mm ;
- Le débit spécifique  $q_s$  de l'assolement est trop important 4,65 l/s/Ha, on choisira le débit spécifique de la culture la plus exigeante.

Les cultures les plus exigeantes sont les Tomates.

$$q_s = \frac{179.1 * 10^4}{20 * 30 * 3600} = 0.83 l / s / ha$$

Le débit spécifique  $q_s=0.83/s/ha$  est inférieur à 1.5 l/s/Ha donc le choix reste valable.

#### VI.4.2- Loi de Clément

Le calcul des débits de canalisation ne présente guère de difficulté si l'irrigation est réglementée par un tour d'arrosage. Il va autrement si on impose de distribuer l'eau à la demande, l'usage devient libre d'irriguer quand il veut.

Clément (1966) a proposé une méthode de calcul pour satisfaire la demande maximale du réseau. Il est alors indispensable de déterminer le débit de pointe d'une manière précise afin de limiter les diamètres des canalisations.

Deux modèles ont été proposés par Clément :

#### Un appelé le premier modèle de Clément

Il est basé sur une approche probabilistique, ou dans une population de R bornes, le nombre de borne suit une distribution binomiale.

### L'autre modèle appelé deuxième modèle de élément

Qui est basé sur le processus d'irrigation, à un état donnée j (j est le nombre de borne ouvertes et R-j est le nombre de borne fermé). Les modèles de élément bien que théorique, ont été utilisé en France, en Italie, au Maroc et en Tunisie.

#### Premier modèle de élément

Pour les systèmes d'irrigation à la demande, le débit nominal des borne (d) est sélectionné, D est le débit calculé déterminé en fonction des besoins en eau de la période de pointe sur la base de 24 heures :  $D = q_s * A_p$  ou le  $q_s$  est le débit fictif continue spécifique et  $A_p$  : est la superficie de l'îlot à irrigué par la borne. Il permet aux fermiers d'irriguer pendant un laps de temps inférieurs à 24 heures. Cette condition implique que la probabilité que toutes les bornes opérant simultanément est très basse. Donc, ce n'est pas raisonnable de calculer le réseau d'irrigation en ajoutant les débits à délivrer à toutes les bornes simultanément. Par conséquent, la probabilité d'approche pour calculer les débits dans les sections d'un réseau à la demande a été largement utilisée dans le passé et elle continue jusqu'à aujourd'hui d'être pratique.

En résumant :

- $q$  : est le débit spécifique continu (l/s/ha) ;
- $A$  : la superficie irriguée (ha) ;
- $R$  : est le nombre total de borne ;
- $d$  : est le débit nominal de chaque borne (l/s) ;
- $T$  : est la durée de la période maximum (h) ;
- $T'$  : est la durée d'exploitation du réseau (h) ;
- $r$  : est le coefficient d'utilisation du réseau (définie par la proportion  $T'/T$ ).

Le  $t'$  est le temps moyen d'opération de chaque borne pendant la période maximum tel que :

$$t' = \frac{(q_s * A * T)}{R} / d \dots \dots \dots (6.2)$$

La probabilité élémentaire, p d'opération de chaque prise d'eau est définie par la relation suivante :

$$p = \frac{t'}{T} = \frac{t'}{r * T} = \frac{(q_s * A * T)}{R * d * r * T} \dots \dots \dots (6.3)$$



Donc

$$P = \frac{(qs * A)}{R * d * r} \dots\dots\dots (6.4)$$

Par conséquent, pour une population de R bornes homogènes, la probabilité de trouver une borne ouverte est p, alors que la probabilité de trouver une borne fermée est (1-p). Le nombre de borne opérationnelle est considéré comme une variable aléatoire qui a une distribution binomiale avec une moyenne (μ).

$$\mu = R * P \dots\dots\dots (6.5)$$

Et une variance (σ) n

$$\sigma = R * p(1 - p) \dots\dots\dots (6.6)$$

Donc la probabilité cumulative Pq pour les bornes qui opèrent simultanément est :

$$P = \sum C * P * (1 - p)^{(\dots)} \dots\dots\dots (6.7)$$

Ou:

$$C = \frac{\dots}{*(\dots)} \dots\dots\dots (6.8)$$

La formule de Clément fait de façon simple l'augmentation relative du débit (Q") à assurer pour une distribution à la demande , soit par apport à un débit Q fictif correspondant à une distribution par rotation fonctionnant sans interruption pendant toute la journée , pour satisfaire la totalité des besoins d'irrigation (T = 24 heures) ou soit par rapport au débit Q' = – égale au débit Q calculé sur une durée réduite d'utilisation (T= 24 heures) Le débit Q est calculé par la formule suivante :

$$Q'' = \frac{Q}{r} \times \left( 1 + \mu \sqrt{\frac{1}{n_1} - \frac{1}{n}} \right) \dots\dots\dots (6.9)$$

Avec : n : nombre de prises

n1: nombre de prises en fonction simultanément

$$n = \frac{\dots}{*} = \frac{\dots}{*} \dots\dots\dots (6.10)$$

d : c'est le débit moyen d'une prise d'arrosage

S : la surface en hectare desservie

q : le débit caractéristique ( $\text{m}^3/\text{s}/\text{ha}$ ) correspond à une distribution fonctionnant sans interruption pendant la période ( $T = 24 \text{ h}$ ) ou les besoins correspondants ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) sont ce du mois de pointe.

La formule dépend de deux paramètres :

### Valeur de rendement d'utilisation du réseau (r)

$$r = \frac{Q}{n \cdot q} \leq 1 \dots \dots \dots (6.11)$$

Clément pense que le rendement (r), doit rester assez proche de l'unité. En effet la conduite reste très rarement inutilisée totalement pendant les mois chauds et secs. Surtout si le nombre d'utilisation (les prises n) est relativement grand :

$$r = \frac{20}{24} = 0,83$$

Le débit Q de la prise qu'on trouve dans le marché  $Q = 11,11 \text{ l/s}$  c'est-à-dire à deux prises ou bien les Bornes à quatre prises tel que  $Q = 22,22 \text{ l/s}$

### Qualité de fonctionnement

Elle dépend de la qualité de fonctionnement choisie, c'est-à-dire de la probabilité pour que le nombre de prises ouvertes ne dépasse pas la capacité de transport du réseau.

Plus on cherchera une qualité de fonctionnement élevée, c'est-à-dire proche de 100%, Le débit à assurer sera important, les diamètres seront grands et le prix de revient sera plus élevé.

Or en agriculture les rendements ne sont pas proportionnels à la quantité d'eau fournie. Cela signifie en pratique que si exponentiellement le réseau est un peu insuffisant, la baisse de la production agricole qui en résultera, sera extrêmement faible et négligeable, c'est pourquoi il faut chercher un compromis entre le prix de revient du réseau et la qualité de fonctionnement dont dépend de la production.

Une étude de cette nature n'est pas encore faite. En son absence Clément propose de choisir très prudemment une qualité de fonctionnement à une valeur  $\mu = 1,645$

Le débit nominal (d) de la prise dépend du type ou la classe de la borne d'irrigation utilisée.

**Application numérique**

Le débit à la borne  $Q = q * S$

Jusqu'au la, la prise normalisée choisi sur le marché est de 11,11 l/s en appliquant la formule de Clément on trouve le débit de Clément qui répond à la probabilité d'ouverture des bornes c'est l'irrigation à la demande

$$Q'' = \frac{Q}{r} \times \left( 1 + \mu \sqrt{\frac{1}{n_1} - \frac{1}{n}} \right) \dots\dots\dots (6.12)$$

Or

$$Q'' = \frac{Q}{r} * (1 + 1.645 * \sqrt{\frac{1}{n_1} - \frac{1}{n}}) \dots\dots\dots (6.13)$$

Tel que :

- q: Débit spécifique ;
- r : Rendement d'utilisation du réseau ;
- n : Nombre de prises de la borne ;
- s : Surface desservie en hectare .

On note que le type de prise utilisé dépend de la surface desservie :

- Pour  $S < 10\text{Ha}$ , on choie une borne à 2 prises.
- Pour  $S > 15\text{Ha}$ , on choisie une borne à 4 prises.

**VI.4.3- Débits caractéristiques**

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

$$Q = q * F \dots\dots\dots (6.14)$$

Avec :

- $Q$  : Débit caractéristique en (l/s).
- $q$  : Débit spécifique de pointe du modèle le plus exigeant en (l/s/Ha).
- $F$  : Surface agricole utile du secteur en (Ha).

### VI.5- Optimisation des canalisations

Ayant ainsi déterminé, les débits de pointe à transmettre pour chaque tronçon, nous procéderons ensuite à la détermination des diamètres. Il existe de nombreuses solutions adéquates aux contraintes techniques du problème.

Néanmoins, il convient de rechercher la solution au moindre coût. La méthode d'optimisation du réseau de distribution adoptée dans le cadre de notre projet, est celle de Mr Labye, qui tient compte des conditions suivantes :

#### VI.5.1- La vitesse admissible

La fixation d'un seuil minimum de vitesse admissible dans les conduites, ne correspond pas véritablement à un impératif technique et n'a pour objectif, que l'introduction d'un seuil raisonnable de diamètre maximum envisagé, pour transiter un débit donné. Ceci nous permettra d'accélérer le calcul d'optimisation. Par contre, la fixation d'un seuil maximum de vitesse tolérée correspond à un compromis entre :

- La recherche d'économie sur le coût d'investissement.
- Les risques entraînés par les coups de béliers éventuels et le coût de la protection anti-bélier qui en résulterait.

**Tableau VI.1:** Seuils des vitesses admissibles en fonction des diamètres.

Diamètre (mm)	Seuils des vitesses admissibles (m/s)	
	Vitesse minimum	Vitesse maximum
100	0,20	1,80
125	0,25	1,85
150	0,25	1,95
200	0,35	-
250	0,40	-
300	0,40	-
350	0,40	-
400	0,50	-
500	0,50	-
600	0,50	-
700	0,50	-
800	0,50	-
900	0,50	-

### VI.5.2- La perte de charge

Les pertes de charge linéaires dépendent, pour un tronçon donné:

- du diamètre D de la conduite (ici, diamètre nominal DN) ;
- du débit Q (ici, débit de dimensionnement) ;
- de la rugosité hydraulique ks, exprimée en mm ;
- de la longueur du tronçon.

Les pertes de charge linéaires  $\Delta H_{lin}$  se calculent par la formule de Colebrook selon:

$$\Delta H_{lin} = \lambda \cdot (L \cdot v^2 / 2g D) \dots\dots\dots(6.15)$$

Les valeurs du coefficient de perte de charge linéaire lambda ( $\lambda$ ) dépendent du nombre de Reynolds Re :

$$Re = v D / \nu \dots\dots\dots(6.16)$$

Le coefficient lambda est obtenu par la formule de Colebrook et White :

$$1 / \sqrt{\lambda} = - 2 \log ((k/3,7 D) + (2,51/Re\sqrt{\lambda})) \dots\dots\dots(6.17)$$

Ou :

$\lambda$  : coef. de perte de charge.

D : diamètre de la conduite [m].

L : longueur de la conduite [m].

V : vitesse moyenne [m/s].

G : accélération = 9,81 [m/s<sup>2</sup>].

K : rugosités de la conduite [m].

Ce coefficient est égal à : 0,025 mm pour les conduites PEHD.

0,5 mm pour les conduites en Fonte.

Re : nombre de Reynolds.

$\nu$  : viscosité cinématique de l'eau à 10°C [1,3 x 10<sup>-6</sup> m<sup>2</sup>/s].

Les pertes de charge singulières sont considérées comme des fractions de pertes de charge linéaires :

$$\Delta H_{sin} = 0.05 \div 0.15 \Delta H_{lin} \dots\dots\dots(6.18)$$

### **VI.5.3-Matériaux de construction des canalisations**

#### **VI.5.3.1- Choix du matériau des conduites**

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

#### **VI.5.3.2-les matériaux**

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

Nous utiliserons les conduites en PEHD (polyéthylène à haute densité) pour les conduites dont le diamètre est inférieur ou égal à 500 mm et inférieur à 25 Bars, et la fonte pour les conduites dont le diamètre est supérieur ou égal à 600 mm.

##### **a) Tuyaux en fonte**

Présentent plusieurs avantages :

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

L'inconvénient est que les tuyaux en fonte sont très lourds, très chers et ne sont pas disponible sur le marché.

##### **b) Tuyaux en acier**

Les tuyaux en acier sont plus légers que les tuyaux en fonte, d'où l'économie sur le transport et la pose

- Bonne résistance aux contraintes (choc et écrasement).

Leur inconvénient est la corrosion.

##### **c) Tuyaux en PVC (Polyvinyle de chlorure)**

- Bonne résistance à la corrosion ;
- Disponible sur le marché ;
- Une pose de canalisation facile.

Leur inconvénient est le risque de rupture.

**Remarque :**

Dans notre projet on utilise des conduites en PEHD (polyéthylène à haute densité).

**VI.5.3.3- Avantages des canalisations en PEHD**

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

**VI.5.4-Diamètre:**

Les diamètres des conduites d'adduction et de desserte sont définis en tenant compte des conditions suivantes:

**VI.5.4.1-La desserte gravitaire :**

Le choix du diamètre des conduites est effectué de façon à ce que la vitesse d'écoulement dans les canalisations soit admissible et comprise entre : 0,2 à 2,00 m/s, et cela, afin de ne pas provoquer certaine contrainte d'ordre technique : risque de coups de bélier violents lors des changements brusques du régime d'écoulement ou difficulté d'alimenter correctement les points à desservir.

Après avoir fixé les vitesses d'écoulement, le diamètre sera choisi de façon à ce que les pertes de charges dans le tronçon de desserte doivent avoir une valeur qui permettra d'assurer une pression suffisante pour le bon fonctionnement des équipements d'irrigation prévus.

Le calcul hydraulique est résumé dans les tableaux VI.2, VI.3, VI.4:

**Tableau VI.2 : Calcul hydraulique de premier tronçon**

tronçon		longueur(m)	vitesse (m/s)	surface (ha)	débit (m <sup>3</sup> /s)	diamètre (mm)		charge(m)		Perte H(m)	cote terrain(m)		cote pieso (m)	
d	a					calculé	normalisé	amont	aval		amont	aval	amont	aval
CH V	N1	1030.42	1.5	340	0.2822	489	500	48.56	45.52	3.04	130	83.2	175.5	131.7
N1	B1	147.5	0.8	71.55	0.05939	194	200	48.98	48.56	0.41	83.2	81.4	131.8	130.4
B1	B2	278.91	0.87	51.95	0.04312	152	160	50.12	48.98	1.14	81.4	80.26	130.4	130.4
B2	B3	253.64	0.85	32.65	0.0271	123	125	51.39	50.12	1.26	80.26	80	130.4	131.4
B3	B4	185.31	0.8	19.27	0.016	100	110	52.45	51.39	1.05	80	77.07	131.4	129.5
B4	B5	108.19	0.7	7.35	0.0061	71	90	53.18	52.45	0.73	77.07	75.2	129.5	128.4

**Tableau VI.3 : Calcul hydraulique de deuxième tronçon**

tronçon		longueur(m)	vitesse (m/s)	surface (ha)	débit (m <sup>3</sup> /s)	diamètre (mm)		Charge(m)		Perte H	cote terrain		cote pieso (m)	
d	a					calculé	normalisé	amont	aval		amont	aval	amont	aval
N1	N2	735.9	1	269.3	0.22352	301	315	50.30	48.56	1.7	83.2	77.5	131.8	127.8
N2	B6	505.85	0.8	117.2	0.09734	248	250	51.28	50.30	0.98	77.5	75	127.8	126.3
B6	B7	297.58	0.9	104.5	0.08673	208	250	52.19	51.28	0.90	75	72.05	126.3	124.2
B7	B8	239.45	0.97	90.9	0.07544	180	200	52.36	52.19	0.17	72.05	70	124.2	122.4
B8	B9	216.91	0.92	78.25	0.06495	177	200	53.20	52.36	0.84	70	66.76	122.4	120.0
B9	N3	213.38	0.87	65	0.05396	170	200	53.98	53.20	0.78	66.76	75	120.0	129.0
N3	B10	305.62	0.8	14.9	0.01235	88	90	55.98	53.98	1.9	75	72.05	129.0	128.0
N3	B11	57.87	0.8	50.1	0.04161	162	200	54.21	53.98	0.22	75	70	129.0	124.2
B11	B12	280.49	0.95	34.1	0.0283	112	125	56.14	54.21	1.92	70	66.76	124.2	122.9
B12	B13	188.37	0.9	15.5	0.01292	80	90	57.89	56.14	1.75	66.76	60	122.9	117.9



**Tableau VI.4 : Calcul hydraulique de troisième tronçon**

tronçon		longueur(m)	vitesse (m/s)	surface (ha)	débit (m <sup>3</sup> /s)	diamètre (mm)		Charge (m)		Perte H(m)	cote terrain(m)		cote pieso (m)	
d	a					calculé	normalisé	amont	aval		amont	aval	amont	aval
N2	B14	72.54	1	152	0.12618	286	315	50.58	50.30	0.28	77.5	76.62	127.8	127.2
B14	B15	292.21	0.8	138.2	0.11477	270	315	51.12	50.58	0.53	76.62	74.2	127.2	125.3
B15	B16	270.65	0.85	120	0.09965	236	250	51.77	51.12	0.64	74.2	71.39	125.3	123.2
B16	N4	383.88	0.89	104.25	0.08653	210	250	52.88	51.77	1.11	71.39	67.72	123.2	120.6
N4	B17	130.2	0.75	13	0.01079	88	90	53.66	52.88	0.77	67.72	65.87	120.6	119.5
N4	B18	124.69	0.8	63.65	0.05283	183	200	52.50	52.88	0.38	67.72	69.65	120.6	122.2
B18	B19	252	0.87	42.1	0.03497	137	160	51.33	52.50	1.16	69.65	70	122.2	121.3
B19	B20	256.1	0.81	23.5	0.01955	110	110	50.00	51.33	1.33	70	70.67	121.3	120.7
N4	B21	365.15	0.86	27.6	0.02291	112	125	54.95	52.88	2	67.72	65	120.6	119.9
B21	B22	150.63	0.81	14	0.01161	85	90	56.03	54.95	1.08	65	64.89	119.9	120.9

Les résultats d'optimisation du réseau de distribution sont donnés dans l'annexe.

**Tableau VI.5** : les linéaires des conduites de distribution.

Matériaux de construction	Diamètre (mm)	Longueur (m)
PEHD	90	883
PEHD	110	441
PEHD	125	899
PEHD	160	531
PEHD	200	1000
PEHD	250	1458
PEHD	315	1101
PEHD	500	1031

### VI.6-Equipements hydromécaniques

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

#### La borne d'irrigation

Chaque îlot sera desservi par une borne d'irrigation à une, à trois ou à quatre prises (tubulures) et chaque prise équipée d'un limiteur de débit, d'un compteur et éventuellement d'un stabilisateur (ou réducteur) de pression.

La borne assure quatre fonctions :

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

Le choix de la Borne dépend de la surface :

Pour les surfaces <10Ha on prend la Borne à deux prises.

Pour les surfaces >15Ha on prend la Borne à quatre prises.

#### Venteuses ou soupapes d'échappement

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

**Puits de vidange**

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

**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.

**Conclusion**

Il n'y pas une méthode type d'irrigation, chaque projet doit être bien réfléchi et quelque soit le système choisi, la gestion du pilotage de l'irrigation doit être rigoureuse et régulière.

Pour conclure, dans le cadre de ce projet le périmètre est découpé en 43 îlots d'irrigation du périmètre avec une taille moyenne de 8.5 Ha pour équiper 360 Ha.

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.

La longueur totale du réseau de desserte avoisine **16.5 Km** comprenant les diamètres confondus (de **90 à 500 mm**).

## Chapitre VII

# Organisation de chantier

## CHAPITRE VII : ORGANISATION DE CHANTIER

### Introduction

Si il est nécessaire pour un ingénieur de savoir calculer les différentes parties des ouvrages qu'il conçoit, il lui est indispensable de connaître les procédés, les moyens et l'organisation à mettre en place pour leur réalisations.

Dans ce chapitre, il nous est demandé en premier lieux, de définir les travaux à entreprendre, calculer leurs volumes et estimer leurs coûts. En second lieux définir les engins nécessaires à chaque tache de ces travaux. Enfin d'établir l'ordonnancement des opérations constituant l'ensemble des travaux suivant la méthode CPM (critical path method) par réseau à nœuds ou à flèches.

Avoir une méthode d'ordonnancement des travaux nous permet de décomposer l'ouvrage ou les ouvrages à réaliser en plusieurs opérations ou taches, de déterminer les relations entre opérations, ainsi connaître les taches qui sont en amont et celles qui sont en aval d'une opération (la succession chronologique des opérations).

### VII.1- Définitions des travaux à entreprendre

Il nous est demandé de calculer le volume des travaux de l'adduction ainsi que celui du réseau d'irrigation.

#### VII-1-1 Travaux concernant l'adduction

Les taches constituant les travaux à faire pour la mise en place de l'adduction sont :

- Exécution des tranchées ;
- Pose du lit de sable ;
- Bardage des conduites ;
- Pose conduites ;
- Raccordement ;
- Essais d'étanchéités ;
- Remblayage des tranchées ;
- Nivellement et compactage.

### **1. Exécution des tranchées**

C'est une opération de terrassement (déblais) qui consiste à faire des excavations suivant une pente de talus dans notre cas de 1. Ces excavations seront faites par une pelle hydraulique et le déblai sera posé d'un coté de la tranchée, l'autre coté étant réservé au bardage des conduites.

### **2. Pose du lit de sable**

Cette opération consiste à posé un lit de sable au fond de la tranchée, ce lit aura une épaisseur de 10cm dans notre cas.

### **3. Bardage des conduites**

Le bardage des conduites consiste à aligner les conduites le long de la tranchée (coté libre) avant la pose et cela pour vérifier si la conduite est en bonne état (pas de fissuration ou d'effritement aux bouts) et aussi l'exactitude du nombre de conduites.

### **4. Essais d'étanchéités**

Une fois les conduites posées au fond de la tranchée, il est obligatoirement nécessaire de vérifier leurs étanchéités (en plus des essais en usine) (problème incertain dans les conduites en acier) mais aussi et surtout l'étanchéité des joints. Cela se fait par un essai à la fumée ou à l'eau si le diamètre est faible.

### **5. Remblayage des tranchées**

C'est une opération de terrassement qui consiste à enterrer les conduites, en utilisant le remblai résultant des excavations.

### **6. Nivellement et compactage**

Une fois le remblai est exécuté, on fait le nivellement qui consiste à étaler les terres qui sont en monticule, ensuite à compacter pour augmenter la densité des terres et éviter un tassement par la suite.

#### **VII.1.2- Travaux concernant l'implantation du réseau d'irrigation**

Les taches constituant les travaux à faire pour l'implantation du réseau d'irrigation sont identiques à celles de l'adduction.

## VII.2- Calcul des volumes des travaux du projet

### VII.2.1- Calcul des volumes des travaux de l'adduction

On calcule les volumes des travaux de terrassements de La conduite d'adduction (CH V-N1) qui servira à véhiculer l'eau entre les deux bouts (retenue collinaire et l'entête du périmètre)

#### 1- Déblais d'excavation

Le volume des déblais est calculé en fonction des surfaces des profils en travers (voir schéma des profils).

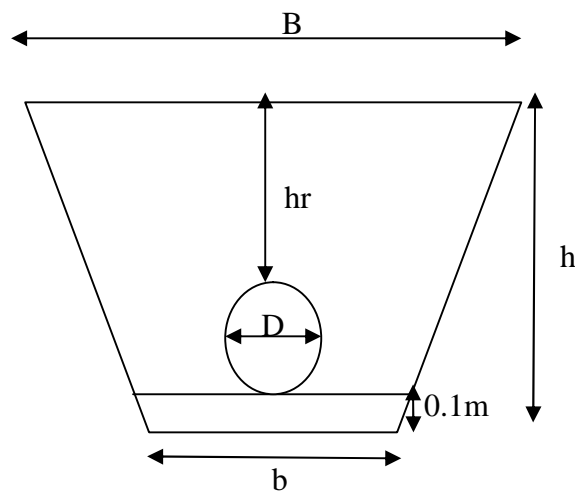
Le volume des déblais est calculé en fonction des surfaces des profils en travers (des sections 1, 2,3 et 4).

Profil I à une surface S1 :7 m<sup>2</sup>

Profil II à une surface S2:7 m<sup>2</sup>

Profil III à une surface S3:7 m<sup>2</sup>

Profil IV à une surface S4: 7 m<sup>2</sup>



**Fig VII.1:**profil en travers

Pour l'adduction :

- On a pris une profondeur  $h=2\text{m}$  constante le long de l'adduction et même pour les tronçons constituant le réseau d'irrigation.
- La profondeur du lit de sable  $=0.1\text{m}$
- L'espace entre les deux cotés de la canalisation est constant qui est égale à  $0.5\text{m}$
- La largeur de la base  $b$  se calcule pour les différents diamètres par la formule suivante :

$$b = D + 2 \cdot (0,5)$$

- Avec D : le diamètre de la canalisation
- La largeur au miroir B se calcule pour les différents diamètres par la formule suivante :

$$B = b + 2.m.h$$

Avec :

$$m=1$$

Le volume de déblais est donné par la formule suivante :

$$V_d = \sum \frac{S_i + S_{i+1}}{2} \cdot L_i$$

$S_i$  : surface du profil 1

$S_{i+1}$  : surface du profil II

$L_i$  : distance entre ces deux profils.

Les résultats de calcul sont récapitulés dans le tableau VII.1

**Tableau VII.1 : volume du déblai**

Diamètre (mm)	b (m)	B (m)	S(m <sup>2</sup> )	Longueur (m)	Volume du déblai (m <sup>3</sup> )
500	1.5	5.5	7	1031	7217

## 2. Lit de sable

Sur une longueur de 1031m on doit poser 10 cm de sable sur une largeur de 1,1m (voir profil en travers)

Volume du sable est calculé comme suit :

$$V = S.L$$

$$S = \frac{B' - b}{2} \cdot h$$

Avec :

$$B' = b + 2.m.(0.1)$$

Les résultats de calcul sont récapitulés dans le tableau VII-2

**Tableau VII.2 : volume du lit de sable.**

Diamètre (mm)	b (m)	B' (m)	S (m <sup>2</sup> )	Longueur (m)	Volume du lit de sable (m <sup>3</sup> )
500	1.5	1.7	0.16	1031	164.96



### 3. Remblais compacté

Le volume du remblai compacté de chaque tronçon sera calculé comme suit :

$$V_{rci} = V_{di} - (V_{lsi} + V_{ci})$$

$V_{rci}$  : volume du remblai compacté du tronçon i

$V_{di}$  : volume du déblai du tronçon i

$V_{lsi}$  : volume du lit de sable du tronçon i

$V_{ci}$  : volume occupé par la canalisation dans le tronçon i

Les résultats de calcul sont récapitulés dans le tableau VII.3

**Tableau VII.3** : volume du remblai compacté.

Diamètre (mm)	Section de la conduite (m <sup>2</sup> )	Volume du lit de sable (m <sup>3</sup> )	Volume occupé par la conduite (m <sup>3</sup> )	Volume du déblai (m <sup>3</sup> )	Volume du remblai compacté (m <sup>3</sup> )
500	0.1950	164.96	201.0450	7217	6851

### VII.2.2 Calcul des volumes des travaux du réseau d'irrigation

Pour les valeurs de (h, m) sont identiques a celles de l'adduction, il suffit juste de calculer les valeurs de b, B et B' pour les différents gamme de diamètres constituant le réseau d'irrigation.

#### 1. Déblais d'excavation

Le tableau VII.4 récapitule les résultats de calculs des volumes des déblais d'excavation

**Tableau VII.4** : volume du déblai.

Diamètre (mm)	b (m)	B (m)	S (m <sup>2</sup> )	Longueur (m)	Volume du déblai (m <sup>3</sup> )
90	1.09	5.09	6.18	883	5456.94
110	1.11	5.11	6.22	441	2743.02
125	1.125	5.125	6.25	899	5618.75
160	1.16	5.16	6.32	531	3355.92
200	1.2	5.2	6.4	1000	6400
250	1.25	5.25	6.5	1458	9477
315	1.315	5.315	6.63	1101	7299.63

## 2. Lit de sable

Le tableau VII.5 récapitule les résultats de calculs de volume de lit de sable pour les différents diamètres du réseau.

**Tableau VII.5 : volume du lit de sable.**

Diamètre (mm)	b (m)	B' (m)	S (m <sup>2</sup> )	Longueur (m)	Volume du lit de sable (m <sup>3</sup> )
90	1.09	1.29	0.119	883	105.08
110	1.11	1.31	0.121	441	53.36
125	1.125	1.325	0.1225	899	110.13
160	1.16	1.36	0.126	531	66.91
200	1.2	1.4	0.13	1000	130.00
250	1.25	1.45	0.135	1458	196.83
315	1.315	1.515	0.1415	1101	155.79

## 3. Remblais compacté

Pour chaque diamètre du réseau, on conclue le volume du remblai compacté d'après les résultats des deux tableaux précédents

Le tableau VII.6 récapitule les résultats de calculs de volume du remblai compacté pour les différents diamètres du réseau

**Tableau VII.6 : volume du remblai compacté.**

Diamètre (mm)	Section de la conduite (m <sup>2</sup> )	Volume du lit de sable (m <sup>3</sup> )	Volume occupé par la conduite (m <sup>3</sup> )	Volume du déblai (m <sup>3</sup> )	Volume du remblai compacté (m <sup>3</sup> )
90	0.0063	105.0770	5.5788	5456.94	5346.28
110	0.0094	53.3610	4.1622	2743.02	2685.50
125	0.0122	110.1275	10.9566	5618.75	5497.67
160	0.0200	66.9060	10.6030	3355.92	3278.41
200	0.0312	130.0000	31.2000	6400	6238.80
250	0.0488	196.8300	71.0775	9477	9209.09
315	0.0774	155.7915	85.2124	7299.63	7058.63

Le tableau VII-7 récapitule les résultats de calculs de volume des travaux de terrassement du réseau d'irrigation :

**Tableau VII.7 : volume des travaux de terrassement.**

Travaux	Quantité (m <sup>3</sup> )
déblai	40351.26
Lit de sable	818.09
remblai	39314.38

**VII.3- Calcul des coûts des travaux**

Les prix unitaires des opérations sont :

- Excavation (déblais) 400DA le m<sup>3</sup>.
- Remblais compacté : 450DA / m<sup>3</sup>.
- Sable : 1000DA le m<sup>3</sup>.
- Pour les prix du ML des conduites en PEHD sont récapitulés dans le tableau VII.8

**Tableau VII.8 : les prix du ML des conduites en PEHD.**

Diamètre (mm)	Prix du ML (DA)
90	240.41
110	341.0784
125	467.8128
160	621.6561
200	945.2196
250	1451.2095
315	2255.9121
500	5722.92

**VII.3.1- Calcul des coûts des travaux de l'adduction**

On note le coût des travaux pour l'adduction dans le tableau VII.9

**Tableau VII.9 : le coût des travaux pour l'adduction**

Opération	Volume m <sup>3</sup>	Prix unitaire DA	Prix total DA
Excavation (déblais)	7217	400	2886800
Lit de sable	164.96	1000	164960
Remblais compacté	6851.00	450	3082950

**Tableau VII.10** : Le prix total de la conduite d'adduction

Diamètre (mm)	Prix du ML (DA)	Longueur (m)	Prix total DA
500	5722.92	1031	5900330.52

**VII.3.2- Calcul des coûts des travaux du réseau d'irrigation**

On note le coût des travaux pour le réseau d'irrigation dans le tableau VII.11

**Tableau VII.11** : le coût des travaux pour le réseau d'irrigation.

Opération	Volume m <sup>3</sup>	Prix unitaire DA	Prix total DA
Excavation (déblais)	40351.26	400	16140504
Lit de sable	818.09	1000	818090
Remblais compacté	39314.38	450	17691471

**Tableau VII.12** : Le prix total de la conduite de réseau d'irrigation

DIAMTRE	PRIX ML	LON T	PRIX TOTAL
90	240.41	883	212282.03
110	341.0784	441	150415.574
125	467.8128	899	420563.707
160	621.6561	531	330099.389
200	945.2196	1000	945219.6
250	1451.2095	1458	2115863.45
315	2255.9121	1101	2483759.22
			6658202.97

A travers ces tableaux donnant les prix unitaires de chaque opération, ainsi que les coûts totaux de l'ensemble des travaux à entreprendre, on peut retirer un chiffre principal.

- 53343308.5 DA coût de l'ensemble du projet.

## VII.4- Engins utilisés

### VII.4.1-Pelle hydraulique équipée en retro

Engin de terrassement sur roues ou sur chenilles, utilisant, pour excaver ou charger des matériaux, un godet situé à l'extrémité d'un bras. Les déplacements du bras et du godet peuvent être animés par une transmission hydraulique (pelle hydraulique) ou par des câbles (pelle à câble).

Dans la partie d'exécution des déblais (l'excavation de la tranche de la semelle) on utilise une pelle hydraulique équipée en rétro



**Fig VII.2 : Pelle hydraulique**

### VII.4.2- la niveleuse

#### Constitution :

La niveleuse automotrice est constituée de :

- un tracteur à roues prolongées vers l'avant par un long bras coudé reposant lui même à son extrémité sur un essieu à deux roues directrices commandées depuis le tracteur.
- toutes les roues sont inclinables sur leur essieux pour permettre à la niveleuse de se déplacée en toute terrain.
- une couronne circulaire
- une lame (outil de travail monté sur la couronne).



**Fig VII.3 : la niveleuse**

**Conclusion :**

En passant en revue l'ensemble des étapes, c'est à dire définition, calcul de volume et estimation du coût des tâches, définitions des engins nécessaire pour effectuer les tâches, et on a pu : calculer avec exactitude le volume de travaux de chaque opération à réaliser pour l'implantation du réseau d'irrigation et de l'adduction, connaissant le volume de travaux de chaque tâche et le prix unitaire de cette dernière on a pu estimer le coût de chaque tâches séparément et le coût globale du projet (utile pour prévoir le financement du projet)

53343308.5 DA

Connaissant le type de chaque opération on a envisagé les engins nécessaires.

## 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 gravitairement 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 l'aspersion et le goutte à goutte permettent une meilleure gestion de la ressource en eau et une meilleure conservation du sol.

Le périmètre de SIDI HAMMED est un périmètre stratégique, qui mérite cet aménagement afin d'assurer au niveau de ca région l'autosuffisance.

## BIBLIOGRAPHIE

- **Touiabia.b**(2004) Manuel pratique d'hydrologie.
- **AZIEZ** : cours et travaux dirigé d'irrigation 4<sup>ème</sup> Année Blida, ENSH.
- **BAHBOUH L.S**, Cours et travaux pratiques d'irrigation d'agro pédologie, 3<sup>ème</sup> Année Blida, ENSH.
- **LEULMI.S** : travaux dirigé d'irrigation 5<sup>ème</sup> Année Blida, ENSH.
- **BENAISSA .A** :(2010) dimensionnement du réseau d'irrigation dans la région de saneg w.de medea.(ENSH.BLIDA) .
  
- **BENABDELKADER. A** :(2010) Impact du changement du foncier et des assolements sur le réseau d'irrigation collectif d'un périmètre de la Mitidja Ouest (tranche II) (ENSH.BLIDA).
- **TADJ. M** : (2010) irrigation du périmètre de sridja à partir d'une station d'épuration (w.laghout) (ENSH.BLIDA).
  
- **Jean Robert, T (1998)** Traité d'irrigation, France.
- **Sitographie :**

[http// :www.google/traingle.texturale.fr](http://www.google/traingle.texturale.fr).

[http// www.fao.sorgho/ag/agl/aglw/aquastat/dbase/indexfra2.jsp](http://www.fao.sorgho/ag/agl/aglw/aquastat/dbase/indexfra2.jsp).



# BIBLIOGRAPHIE

***ANNEXES***

ANNEXE 1

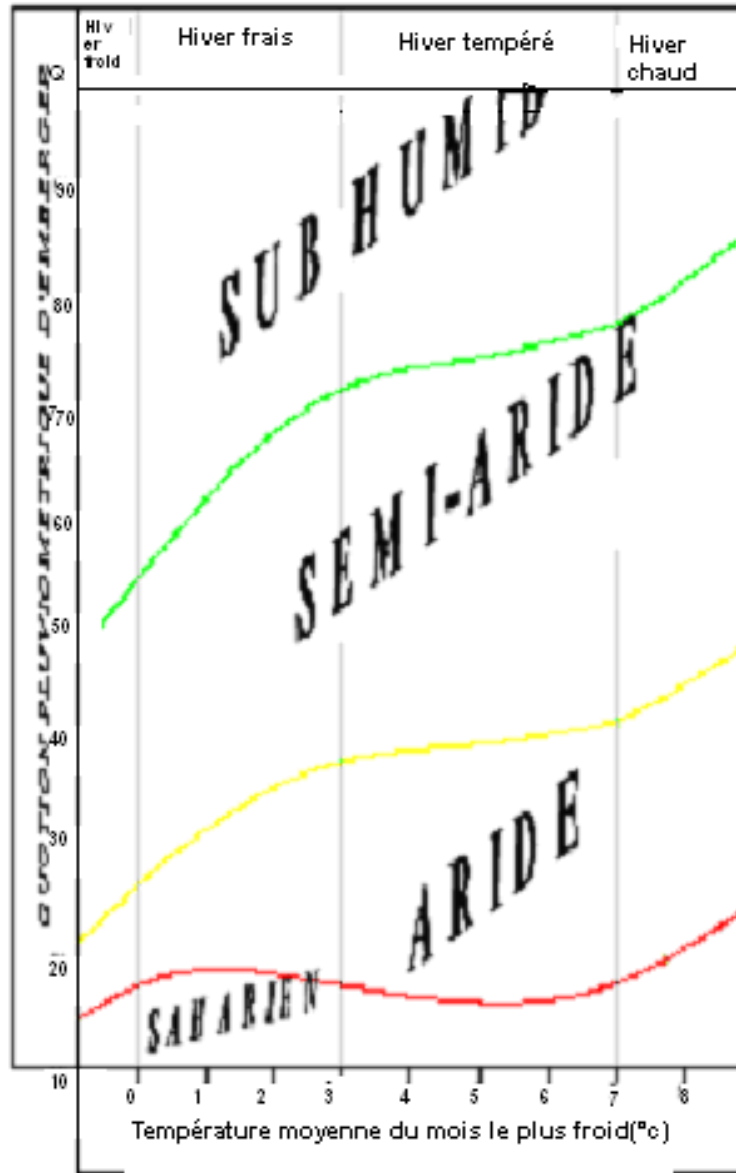


Diagramme bioclimatique d'Emberger

## ANNEXE 2

année	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1980 /81	0	48.4	71.5	225	39.5	74.1	52	145	36	1.5	0	27	718.6
81/82	2.5	37.5	15	78.5	179	125	39.6	26	64.2	17	0	2.5	586.3
82/83	51	80	204	75	1.5	63	29	5	9	0	15	6.5	538.5
83/84	0	23.5	25.5	88.5	129	132	53	57.6	111	13	0	0	632.6
84/85	31.5	197	33	125	102	47.5	272	11.5	141	0.5	0	0	959.5
85/86	75.5	38.5	146	46	73	75.5	215	31.5	3	24	22	0	749
86/87	58	34	101	209	124	151	24.5	1	115	32	1	1	850.2
87/88	22	41	123	38	35	60.5	63	47	42.5	37	0	0	508.1
88/89	34	42.5	32.5	226	11.5	17.5	13.5	63	24	7	1	1.5	473.7
89/90	3	3.5	11.5	30	9	0	35.2	56.2	50.3	0	2.4	0	201.1
90/91	4.3	12.7	34.2	81.7	102	113	59	22	35	4	0	3	471.4
91/92	9	201	31	7.2	201	24.3	91.6	112	105	25	3.5	0	810.2
92/93	9.8	88.9	121	73.4	31.3	67.7	54.9	68.1	58.4	0	3.1	3.6	580.3
93/94	28.9	57.9	123	95.1	165	51	0	85	0.5	0	0	0	605.6
94/95	109	53.5	43.3	128	244	46.7	112	18.9	0	29	0	15	797.8
95/96	21.1	38.8	39.6	31.2	142	166	38.3	225	20.9	40	1.9	1.2	766.1
96/97	47.2	51	24.1	50.8	30.4	28.5	18.7	96.8	31.8	7	2	9.6	397.9
97/98	45.2	94	160	118	48.7	70.4	67.2	65.9	169	3.9	0	9.5	851.3
98/99	24.6	30.4	116	55.8	123	119	69.9	14.8	4.6	2.9	0	1.5	561.9
99/2000	26.5	19.5	113	202	4.1	7.3	10.5	34.3	33.7	0	0	0	451.3
2000/01	4.4	30.4	88.5	63.8	160	64.6	0	33.8	2.4	0	0	0	447.5
01/02	19.8	11.3	45.3	64.7	50.3	25.2	66.6	61.9	22.3	0	6.5	32	405.8
02/03	24.2	34.9	141	214	143	142	18	126	54.2	0	1.1	0	898.1
03/04	50.9	45	60.2	149	112	70.2	85.2	67.4	137	0	21	0	797.5
04/05	18	32.5	120	192	93.9	134	30.7	21.2	2.4	0	0	0	644.5
05/06	21.6	50.7	73.8	90.2	171	133	24.3	1.8	37	0	0	3.8	607.1
06/07	10.8	25.5	26.1	265	5.2	89.5	226	121	4.7	0.9	0	8.5	782.8
07/08	70.3	136	153	101	0	43.2	81.7	25.4	68.2	1.4	6	0	685.9
08/09	17.5	10.5	104	187	194	21.8	90.1	75.2	14.8	0	0	0	714.4
09/10	100	30.4	47.3	153	87.4	43.6	114	32.6	27.2	0	0	53	689.3
<b>MOY</b>	31.4	53.3	80.9	115	93.6	73.5	68.5	58.4	47.5	8.2	2.9	5.9	<b>639.5</b>

## ANNEXE 3

table du  $\chi^2$ 

$\alpha$ $\gamma$	0.9	0.5	0.3	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01	0.001
1	0.016	0.455	1.074	1.642	2.705	3.841	5.412	6.635	10.827
2	0.211	1.386	2.408	3.219	4.605	5.991	7.824	9.210	13.815
3	0.584	2.366	3.665	4.642	6.251	7.815	9.837	11.345	16.266
4	1.064	3.357	4.878	5.989	7.779	9.488	11.668	13.277	18.467
5	1.610	4.351	6.064	7.289	9.236	11.070	13.388	15.086	20.515
6	2.204	5.348	7.231	8.558	10.645	12.592	15.033	16.812	22.457
7	2.833	6.346	8.383	9.83	12.017	14.067	16.622	18.475	24.322
8	3.490	7.344	9.524	11.030	13.362	15.507	18.168	20.090	26.125
9	4.168	8.343	10.656	12.242	14.684	16.919	19.679	21.666	27.877



## ANNEXE 5

Seuils des vitesses admissibles en fonction des diamètres

Diamètre (mm)	Seuils des vitesses admissibles (m/s)	
	Vitesse minimum	Vitesse maximum
100	0,20	1,80
125	0,25	1,85
150	0,25	1,95
200	0,35	-
250	0,40	-
300	0,40	-
350	0,40	-
400	0,50	-
500	0,50	-
600	0,50	-
700	0,50	-
800	0,50	-
900	0,50	-
1000	0,50	-
1100	0,50	-
1250	0,50	-
1500	0,50	-
2000	0,50	2,00

Source: Etude d'aménagement hydro- agricole