

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE -ARBAOUI Abdellah-

**DEPARTEMENT D'IRRIGATION ET DRAINAGE**

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

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

**Option: IRRIGATION ET DRAINAGE**

**THEME DU PROJET :**

**Etude de réhabilitation et extension du périmètre Oued  
Ladrat (600 ha) à partir du barrage Ladrat de la  
W. Médéa**

**PRESENTE PAR**

**M<sup>r</sup> KADRI Hicham**

**Devant les membres du jury**

<b>Noms et Prénoms</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
<b>M<sup>r</sup> : MESSAHEL Mekki</b>	Professeur	Président
<b>M<sup>me</sup> : BENKACI Tarek</b>	M.C.B	Examinatrice
<b>M<sup>me</sup> : MAZOUZI Sabra</b>	M.A.B	Examinatrice
<b>M<sup>r</sup> : BOUCHAMA Hasina</b>	M.A.A	Examinatrice
<b>M<sup>r</sup> : AZIEZ Ouahiba</b>	M.A.A	Promotrice

**Septembre - 2015**

## *Dédicace*

*Je dédie ce travail :*

*A mon père ;*

*A ma mère ;*

*A mes frères Amine, Fares et Abdesslem ;*

*A mes sœurs Souhila et Ilhem et à toute ma famille et à ma fiancée ;*

*A tous mes amis, et particulièrement à Mehdi Rahmoune, Rabie Missoum et à Amine Menasria.*

*Hichem*

## *Remercîments :*

Tout d'abord, nous remercions ALLAH de nous avoir donné la santé, la volonté et la patience pour bien mener ce travail.

Nous remercions notre encadreur, Madame Ouahiba AZIEZ pour tous ses efforts, son aide, et ses conseils constructifs durant ce projet.

Nous tenons à remercier tout le personnel de la Direction des Ressources Hydrauliques de Médéa et particulièrement Mr ABDI, Responsable du département de l'agriculture, pour ses efforts, son aide, sa patience et sa disponibilité.

Nous exprimons également toute notre gratitude aux enseignants qui ont contribué à notre formation au sein de l'Ecole Nationale Supérieure d'Hydraulique.

Nous adressons une pensée particulièrement affective à nos amis de l'Ecole Nationale Supérieure d'Hydraulique qui ont rendu agréables nos longues années d'études.

Nous remercions tout particulièrement les membres du jury pour avoir accepté de participer en tant qu'examineurs à notre soutenance.

Enfin, nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce projet.

## ملخص:

الهدف من إنجاز مذكرة نهاية الدراسة و المتمثل في إعادة تهيئة و توسيع المساحة الزراعية لمنطقة وادي العذرات بأعالي ولاية المدية. المورد المائي آت من تعبئة مياه شبكة التزويد على مستوى سد العذرات. إن النقص الكبير في الموارد المائية أدى إلى توسيع تقنية السقي بالتقطير في الجزائر كوسيلة للاستعمال العقلاني للماء، وفي هذا الصدد تقدم هذه المذكرة التي نقوم من خلالها بدراسة شاملة للمنطقة الزراعية لواد العذرات، من حيث الشروط المناخية والتربة... الخ.

الهدف الأساسي من وراء عملنا هذا، هو متابعة لشبكة أنجزت من دون دراسة ومن ثم مقارنة النتائج النظرية بما هو موجود، وفي الأخير حاولنا إعطاء بعض الملاحظات والاقتراحات من خلال النتائج المحصل عليها.

## RESUME :

Le présent mémoire a pour objectif, la réhabilitation et l'extension du périmètre Ladrat dans les hauteurs de la wilaya de Médéa. Les ressources en eau proviennent de la mobilisation de l'eau au niveau du barrage de Ladrat.

Le grand manque des ressources hydriques a amené au développement de la technique d'irrigation au goutte à goutte en Algérie, comme moyen d'utilisation rationnelle et économique de l'eau, ce qui a permis aux agriculteurs de découvrir ou d'installer ce système d'irrigation. Cependant, Nous avons constaté qu'en pratique il existe une certaine anarchie, surtout pour les études et pour la mise en place des réseaux d'irrigation. Ainsi, ce mémoire a pour principal but de confronter les résultats pratiques, c'est-à-dire l'irrigation telle qu'elle est pratiquée réellement, avec ceux trouvés par les calculs théoriques.

Ainsi, au terme de ce travail nous avons pu émettre certaines conclusions et recommandations quant à la bonne conception, à l'exploitation et à la gestion d'un tel système.

## ABSTRACT:

The present work ainsat studing the rehabilitation and extension the perimeter Ladrat of the high Médéa.

The water resource comes from the mobilisation of water at the level of the dam of Ladrat.

The large luck in hydro resources lead to development of located irrigation technique in Algeria, like a way of rational and economical use of water in this frame work, we have a general study of the area where our project is going to be realized, and it concerns climate conditions and the ground... etc.

The principal aim of this thesis is a pursuance of a local area network realized without study, and make a comparison between theoretical results and those existing. In the end, we give some observations and recommendations a cording to me obtained results.

## Sommaire

Introduction Générale.....	1
----------------------------	---

### **Chapitre I : Présentation de la zone d'étude**

I.1	Introduction .....	2
I.2	Situation et climat.....	2
I.2.1	Situation géographique .....	2
I.2.2	Les caractéristiques climatologiques .....	4
I.2.2.1	Pluviométrie .....	4
I.2.2.2	Température.....	6
I.2.2.3	Evaporation .....	7
I.2.2.4	Vent.....	8
I.2.2.5	Humidité relative.....	9
I.2.2.6	Insolation.....	10
I.2.2.7	Gelée.....	10
I.2.2.8	Le sirocco .....	10
I.2.2.9	Le brouillard .....	10
I.3	Classification du climat.....	11
I.3.1	Indice d'aridité de Martonne .....	12
I.3.2	Diagramme d'Emberger .....	12
I.3.3	Climogramme de Gaussen.....	13
I.4	Caractéristique de la région.....	14
I.4.1	Géologie.....	14
I.4.2	L'hydrographie.....	15
I.4.3	Hydrogéologie .....	15
I.4.4	Ressources en eaux de la zone d'étude.....	16
I.5	Conclusion.....	16

### **Chapitre II : Etude Agro-pédologique**

II.1	Introduction .....	17
II.2	Classification du sol de la région d'étude .....	17
II.2.1	Les sols peu évolués d'origine non climatiques d'apport alluvial modaux .....	18
II.2.2	Les sols calcimagnésiques carbonatés bruns calcaires à encroûtements .....	19
II.2.3	Les sols isohumiques marron.....	20
II.3	Caractéristiques physico-chimiques du sol : .....	22
II.3.1	Caractéristiques physiques du sol .....	22
II.3.1.1	La texture.....	22
II.3.1.2	La structure.....	22
II.3.1.3	La perméabilité.....	22

II.3.1.4	La densité apparente $da$ .....	23
II.3.1.5	La densité réelle $dr$ .....	23
II.3.1.6	La porosité totale $P$ .....	23
II.3.2	Caractéristique chimiques du sol .....	24
II.4	Aptitudes culturales ou fertilité .....	25
II.4.1	Choix des cultures.....	25
II.4.2	Carte d'aptitude culturale.....	25
II.4.3	Cultures proposées .....	26
II.5	Conclusion : .....	27

### **Chapitre III : Etude de la ressource en eau et hydrologie**

III.1	Introduction .....	28
III.2	Caractéristiques du bassin versant de L'OUED LADRAT .....	28
III.2.1	Caractéristiques hydrauliques principales du barrage Ladrat .....	29
III.2.2	Etude géologique .....	30
III.2.3	Les ouvrages de stockage.....	30
III.2.3.1	Description des ouvrages du barrage Ladrat .....	30
III.2.4	Etude de la qualité de l'eau d'irrigation.....	31
III.3	Conclusion.....	33
III.4	Hydrologie.....	34
III.4.1	Etude des Précipitations .....	34
III.4.2	Répartition de la pluie moyenne annuelle.....	34
III.4.3	Homogénéité de la série pluviométrique .....	37
III.4.4	Ajustement de la série pluviométrique .....	40
III.4.5	Test de validité de l'ajustement à la loi choisie .....	44
III.4.5.1	Test de validité de l'ajustement à la loi Normale .....	45
III.4.5.2	Test de validité de l'ajustement à la log-Normale .....	46
III.5	Détermination de l'année de calcul.....	47
III.6	Conclusion.....	47

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

IV.1	Introduction .....	48
IV.2	Occupation du sol du périmètre .....	48
IV.3	Rotation et Assolement.....	49
IV.3.1	Choix des cultures à mettre en place.....	49
IV.4	Répartition des surfaces en fonction de l'assolement proposé.....	50
IV.4.1	Les cultures de plein champ en irrigué.....	50
IV.4.2	Les cultures de plein champ en sec .....	50
IV.4.3	Les cultures sous serres.....	51
IV.4.4	Arboriculture : .....	51

IV.5	Cycle végétatif des cultures.....	51
IV.6	Besoin en eau du périmètre .....	52
IV.6.1	Besoins en eau des cultures.....	52
IV.6.2	L'évapotranspiration (E T).....	52
IV.6.3	L'évapotranspiration potentielle (ETP).....	52
IV.6.4	Calcul de l'évapotranspiration potentielle (E T P).....	52
IV.7	Calcul des besoins en eau des cultures (l'ETM).....	55
IV.7.1	L'évapotranspiration maximale de culture (ETM).....	55
IV.7.2	Calcul des besoins d'eau d'irrigation.....	56
IV.7.3	Calcul de la pluie efficace .....	56
IV.7.4	Calcul de la réserve facilement utilisable (RFU).....	57
IV.7.5	Calcul des besoins nets ( $B_{net}$ ).....	58
IV.7.6	Calcul des besoins bruts ( $B_{brut}$ ).....	58
IV.8	Calcul des débits.....	68
IV.8.1	Calcul des débits Spécifiques.....	68
IV.8.2	Débit caractéristique.....	70
IV.8.3	Débit de réseau.....	70
IV.9	Conclusion.....	71

## **Chapitre V: Présentation du réseau existant**

V.1	Introduction .....	72
V.2	Les réseaux hydroagricoles existants .....	72
V.2.1.	Parcelle nord (vallée d'Oued Ladrat).....	72
V.2.1.1	Ressources hydriques .....	72
V.2.1.2	Description du réseau existant.....	73
V.2.1.3	L'état des bornes existant .....	74
V.2.1.4	L'état des vidanges de fond existant.....	74
V.2.1.5	L'état des vannes existant.....	75
V.2.1.6	L'état des ventouses.....	75
V.2.2.	Parcelle sud (Plateau Tiara) .....	76
V.2.2.1	Ressources hydriques .....	76
V.2.2.2	Station de pompage .....	76
V.2.2.3	Dimensions du réservoir existant .....	77
V.2.2.4	Description du réseau existant.....	78
V.2.2.5	L'état des bornes existantes .....	79
V.2.2.6	L'état des vidanges de fond existantes .....	79
V.2.2.7	L'état des vannes existantes .....	80
V.2.2.8	L'état des ventouses.....	80
V.3	Description de l'état des ouvrages en ligne.....	80
V.3.1	Les ventouses .....	80
V.3.2	Les vannes et les bornes.....	81
V.4	Les problèmes rencontrés.....	82

V.5	Les causes.....	82
V.6	Conclusion.....	83

## **Chapitre VI : Dimensionnement du réseau**

VI.1	Introduction.....	84
VI.2	Types d'adduction .....	84
VI.2.1	Adduction gravitaire .....	84
VI.2.2	Adduction par refoulement .....	84
VI.2.3	Adduction mixte.....	85
VI.3	Ilots d'irrigation.....	85
VI.4	Choix de tracé.....	85
VI.5	Étude des variantes.....	86
VI.5.1	Présentation des variantes du périmètre nord .....	86
VI.5.2.1	Calcul des débits aux bornes : .....	86
VI.5.2.2	Choix de matériaux des canalisations.....	88
VI.5.2.3	Dimensionnement des canalisations.....	90
VI.5.2.4	Calcul des pressions.....	93
VI.5.2.5	Calcul des pertes de charge.....	96
VI.5.2	Présentation des variantes du périmètre sud .....	97
VI.5.2.1	Calcul des débits aux bornes .....	98
VI.5.2.2	Dimensionnement des canalisations.....	100
VI.5.2.3	Calcul des pressions.....	103
VI.5.2.4	Calcul des pertes de charge.....	107
VI.6	Conclusion.....	111

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

VII.1	Introduction .....	112
VII.2	Les différentes méthodes d'irrigations .....	112
VII.2.1	L'irrigation de surface .....	112
VII.2.1.1	Les avantages de l'irrigation de surface : .....	114
VII.2.1.2	Les inconvénients : .....	114
VII.2.2	L'irrigation par sous pression : .....	114
VII.2.2.1	Les inconvénients: .....	115
VII.2.2.2	Les avantages : .....	115
VII.2.3	L'irrigation localisé ou micro irrigation : .....	116
VII.2.3.1	Les Avantages : .....	117
VII.2.3.2	Les inconvénients : .....	118
VII.2.4	Irrigation souterraine : .....	118

VII.3	Choix de la technique d'arrosage : .....	119
VII.4	Conclusion : .....	120

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

VIII.1	Introduction .....	121
VIII.2	Données départ .....	121
VIII.3	Dimensionnement théorique .....	123
VIII.3.1	Dose nette pratique .....	123
VIII.3.2	Calcul de la dose brute .....	124
VIII.3.3	Fréquence des arrosages .....	124
VIII.3.4	Durée d'arrosage par mois .....	124
VIII.3.5	Durée d'arrosage journalier .....	125
VIII.3.6	Nombre de poste .....	125
VIII.3.7	Surface du poste .....	125
VIII.4	Calculs hydrauliques : .....	125
VIII.4.1	Conditions hydrauliques de base .....	125
VIII.4.2	Le débit .....	126
VIII.4.3	Le nombre d'arbres par rampe .....	126
VIII.4.4	Nombre des goutteurs par rampe .....	126
VIII.4.5	Le nombre des rampes .....	126
VIII.4.6	Débit de la rampe .....	126
VIII.4.7	Débit de la porte rampe .....	127
VIII.4.8	Nombre de porte rampe .....	127
VIII.4.9	Débit de la conduite secondaire .....	127
VIII.5	Dimensionnement des canalisations du réseau .....	127
VIII.5.1	Calcul des diamètres et vérification des pertes de charges .....	127
VIII.6	La pression d'eau à la borne de distribution : .....	128
VIII.7	Conclusion : .....	130

### **Chapitre VII : Calcul technico-économique**

IX.1	Introduction .....	131
IX.2	Devis du réseau d'irrigation .....	131
IX.3	Calcul du volume de terrassement .....	132
IX.4	La conduite principale .....	133
IX.4.1	Calcul du volume et prix de déblai .....	133
IX.4.2	Calcul du volume et prix de lit de sable .....	133
IX.4.3	Calcul du volume et prix de remblai .....	134
IX.5	Devis estimatif de projet : .....	135
IX.6	Conclusion : .....	136
	Conclusion Générale .....	137

## **Liste des tableaux :**

### **Chapitre I : Présentation de la zone d'étude**

Tableau 1 : Pluviométrie moyenne mensuelle.....	4
Tableau 2 : Nombre moyen de jours pluvieux .....	5
Tableau 3 : Températures moyennes et maximales et minimales mensuelles en C° par le site de l'Oued Ladrat.....	6
Tableau 4: Evapotranspiration moyenne en (mm) .....	8
Tableau 5: Vitesses moyennes mensuelles des vents (m/s).....	8
Tableau 6: Humidité relative moyenne de la zone d'étude .....	9
Tableau 7: Insolation moyennes mensuelles.....	10
Tableau 8 : Nombre moyen de jours de brouillard (Station de Mongorno).....	10
Tableau 9: Limite des climats d'après l'indice climatique de Martonne.....	11

### **Chapitre II : Etude Agro-pédologique**

Tableau 1 : Fiche analytique :.....	24
Tableau 2: Signification des symboles des aptitudes Culturale .....	26
Tableau 3 : Gamme de cultures proposées à la zone d'étude.....	27

### **Chapitre III : Etude de la ressource en eau et hydrologie**

Tableau 1: Caractéristique hydrauliques du barrage Ladrat.....	29
Tableau 2 : Les valeurs des principaux paramètres de la qualité de l'eau du barrage .....	32
Tableau 3 : classification des eaux en fonction des principaux paramètres de la qualité de l'eau.....	32
Tableau 4 : la répartition mensuelle des précipitations (mm) .....	34
Tableau 5 : la répartition mensuelle des précipitations (mm) .....	35
Tableau 6 : test de wilcoxon .....	38
Tableau 7 : ajustement des pluies à la loi normale .....	41
Tableau 8 : ajustement des pluies à la loi log-normal .....	43
Tableau 9 : Précipitation moyenne mensuelle de l'année de calcul .....	46

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

Tableau 1 : Répartition des superficies par type de culture.....	48
Tableau 2 : L'assolement triennal des cultures en plein champ en irriguées.....	50

Tableau 3 : L'assolement biennal des cultures en plein champ en sec .....	50
Tableau 4 : L'assolement biennal des cultures sous serres .....	51
Tableau 5 : Cycle végétatif des cultures .....	51
Tableau 6:Evapotranspiration de référence ET0 de Penman et Monteith .....	55
Tableau 7 : représente les valeurs de pluie efficace : .....	57
Tableau 8 : Besoins en eau d'irrigation de Pomme de terre (S) .....	59
Tableau 9 : Besoins en eau d'irrigation de pomme de terre (AS) .....	60
Tableau 10 : Besoins en eau d'irrigation de carotte .....	61
Tableau 11 : Besoins en eau d'irrigation de tomate .....	62
Tableau 12 : Besoins en eau d'irrigation d'oignon sec .....	63
Tableau 13 : Besoins en eau d'irrigation de l'ail.....	64
Tableau 14 : Besoins en eau d'irrigation de piment/poivron.....	65
Tableau 15 : Besoins en eau d'irrigation de petit pois .....	66
Tableau 16 : Besoins en eau d'irrigation des pommiers.....	67
Tableau 17 : Donnée sur les résultats des besoins nets (mm) de la culture.....	69

### **Chapitre V: Présentation du réseau existant**

Tableau 1: Caractéristiques du barrage .....	72
Tableau 2 : caractéristiques du réseau existant.....	73
Tableau 3: état des bornes .....	74
Tableau 4 : état des vidanges.....	75
Tableau 5 : état des vannes .....	75
Tableau 6 : Etat des ventouses.....	75
Tableau 7 : caractéristiques du réseau existant.....	78
Tableau 8 : Etat des bornes.....	79
Tableau 9 : Etat des vidanges de fond .....	79
Tableau 10 : Etat des vannes .....	80
Tableau 11 : Etat des ventouses.....	80

### **Chapitre VI : Dimensionnement du réseau**

Tableau 1: les débits au niveau de chaque borne: .....	87
Tableau 2 : calcul des diamètres des conduites: .....	90
Tableau 3:Résultats de calculs (Altitudes des nœuds, demande, charge totale et pression). .....	95
Tableau 4 : Les résultats de calculs (les débits, les vitesses et les pertes de charge) .....	96
Tableau 5 : les débits au niveau de chaque borne: .....	98
Tableau 6 : calcul des diamètres des conduites .....	100
Tableau 7:Les résultats de calculs (Altitudes des nœuds, demande, charge totale et pression)..	105
Tableau 8 : les résultats de calcul (débits, vitesses et pertes de charges) .....	107

## **Chapitre VIII : Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par goutte-à-goutte**

Tableau 1 : caractéristique du l'ilot choisi .....	121
Tableau 2 : calculs des diamètres et pertes de charges de la rampe et porte rampe .....	128
Tableau 3 : calculs des diamètres et pertes de charges de la conduite secondaire .....	128
Tableau 4 : récapitulatif des calculs des diamètres et pertes de charges .....	129

## **Chapitre IX : Calcul technico-économique**

Tableau 1 : Factures pro-forma des pièces du réseau d'irrigation .....	131
Tableau 2 : calcul du volume de déblai .....	133
Tableau 3 : calcul du prix de déblai.....	133
Tableau 4 : calcul du volume de lit de sable.....	134
Tableau 5 : Calcul du prix de lit de sable .....	134
Tableau 6 : calcul du volume remblai .....	135
Tableau 7 : Calcul du prix de remblai .....	135
Tableau 8 : facture pro-forma.....	135

## Liste des figures :

### **Chapitre I : Présentation de la zone d'étude**

Figure 1 : Position de la commune de SIDI MEHIEDDINE (web 1).....	3
Figure 2:Plan de situation de la zone d'étude (web 2).....	3
Figure 3 : Graphe de température.....	7
Figure 4: Climtogramme pluviométrique d'EMBERGER.....	13
Figure 5 : climogramme de gaussen.....	14
Figure 6 : Carte géologique détail de la zone d'étude (échelle : 1/25000).....	15

### **Chapitre II : Etude Agro-pédologique**

Figure 1 : Carte morpho-pedologique d'El Omaria.....	21
--	----

### **Chapitre III : Etude de la ressource en eau et hydrologie**

Figure 1 : Image Satellitaire de Barrage Ladrat (web 1).....	28
Figure 2: ajustement de pluie annuelle à une loi normal.....	42
Figure 3 : ajustement de pluie annuelle à une loi log-normal .....	44

### **Chapitre V: Présentation du réseau existant**

Figure 1 : Barrage Ladrat .....	72
Figure 2 : équipements électromécaniques .....	76
Figure 3 : réservoir d'irrigation .....	77
Figure 4 : Etat d'une venteuse.....	81
Figure 5 : regard contunue une vounteuse.....	81
Figure 6 : Etat des bornes-type B- (ø150).....	81
Figure 7: Etat des vannes (ø200).....	81

### **Chapitre VI : Dimensionnement du réseau**

Figure 1 : Simulation du réseau de distribution d'Oued Ladrat (Epanet).....	94
Figure 2: Simulation du réseau de distribution de plateau Tiara variante 1 (Epanet). .....	104
Figure 3 : Simulation du réseau de distribution de plateau Tiara variante 2 (Epanet). .....	110

## **Chapitre VII : technique d'irrigation**

Figure 1 : Irrigation à la raie par siphon.....	113
Figure 2 : Irrigation à la raie par gaine.....	113
Figure 3 : irrigation par aspersion .....	114
Figure 4 : Pivot.....	116
Figure 5 : système d'irrigation au goutte-à-goutte.....	117
Figure 6 : Elévation de la nappe phréatique pour l'irrigation souterraine,.....	119

## **Chapitre IX: Calcul technico-économique**

Figure 1 : Schéma d'une tranchée .....	132
--	-----

## **Liste des planches :**

**Planche 1 :** Plan de situation du périmètre Ladrat (W.MEDEA).

**Planche 2 :** Plan du réseau d'irrigation du périmètre Ladrat (W.MEDEA).

**Planche 3 :** Profil en long de la conduite principale du réseau d'irrigation du périmètre nord (Vallée Oued Ladrat).

**Planche 4 :** Profil en long de la conduite principale du réseau d'irrigation du périmètre sud (Plateau Tiara).

**Planche 5 :** Carte des zones homogène du périmètre Ladrat (W.MEDEA).

**Planche 6 :** plan du réseau goutte a goutte de la parcelle (06) du périmètre sud de willaya médéa

---

## Introduction Générale :

La feuille de Médéa comprend une région élevée appartenant à la zone moyenne de l'Atlas Tellien et dans laquelle se distinguent deux parties différentes : au nord le massif crétacé et au centre le plateau tertiaire de Médéa qui touche au sud la zone crétacée de Berrouaghia.

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

Le périmètre d'Oued Ladrat situé dans la wilaya de Médéa a reconnu plusieurs problèmes à cause de la dégradation de son réseau d'irrigation. C'est pour cette raison qu'on a choisi cette zone d'étude.

Aussi l'Algérie est un pays où le climat est à dominance semi-aride et aride, une part se trouve dans beaucoup de cas confronté à une rareté et /où à une distribution irrégulière des pluies dans l'espace et dans le temps.

L'objectif global de notre travail peut se résumer en trois points :

- Calcul des besoins des cultures et dimensionnement du réseau d'irrigation.
- Etude des techniques et réseau d'irrigation
- Augmentation des superficies agricoles cultivables.

Pour atteindre cet objectif nous avons entrepris les étapes citées ci après :

- Analyse de conditions naturelles de la région d'étude,
- L'étude agro-pédologique
- Analyse des ressources en eau
- Étude des besoins en eau des cultures
- Analyse actuel de l'état du réseau d'irrigation

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

### Introduction :

Dans ce chapitre, nous présentons les paramètres climatiques ainsi que les différentes caractéristiques physiques qui sont favorables à la mise en valeur en irrigation.

La zone d'étude concerne le périmètre d'OUED LADRAT qui est situé dans la Wilaya de MEDEA.

### Situation et climat :

#### Situation géographique :

Notre étude est réalisée sur deux parcelles indépendantes qui se situent dans la commune de SIDI MEHIEDDINE à environ 30 Km à l'est de la ville de Médéa, et à 25 Km au sud-ouest de la ville de Tablat. Ces deux parcelles sont séparées par des domaines privés sur une distance de 2 Km.

La première parcelle (vallée d'oued Ladrat, 145 ha) est située au nord et est limitée :

- Au nord par : Bouchrahi, Ouled allel et ferkat Toualeb.
- Au sud par : Ouled Ben Aid, Oum M'chabet, Ouled Lachehab, El Touahria et une partie de la route CW N°23 à 10 Km environ au Sud-Ouest d'El OMARIA.
- A l'est par : Ouled Mehanni et El Guetarnia.
- A l'ouest par : Barrage de l'Oued Ladrat.

Cette première parcelle s'étend entre les parallèles 36° 13' 41'' et 36° 14' 33'' Nord et la longitude 3° 4' 30'' et 3° 9' 23''.

Quant à la seconde (Plateau Tiara, 330 ha), elle est située au sud et est limitée :

- Au Nord par : Ouled Ben Aid, Oum M'chabet, Ouled Lachehab et Nouayel.
- Au Sud par : Oued El besbes.
- A l'Est par : Sidi Naamene.
- A l'Ouest par: Ferkat Ouled Said et Douar Ouled el besbas.

Cette seconde parcelle s'étend entre les parallèles 35° 12' 16'' et 36° 13' 30'' Nord et la longitude 3° 5' 21'' et 3° 7' 33''



Figure 1 : Position de la commune de SIDI MEHIEDDINE (web 1)

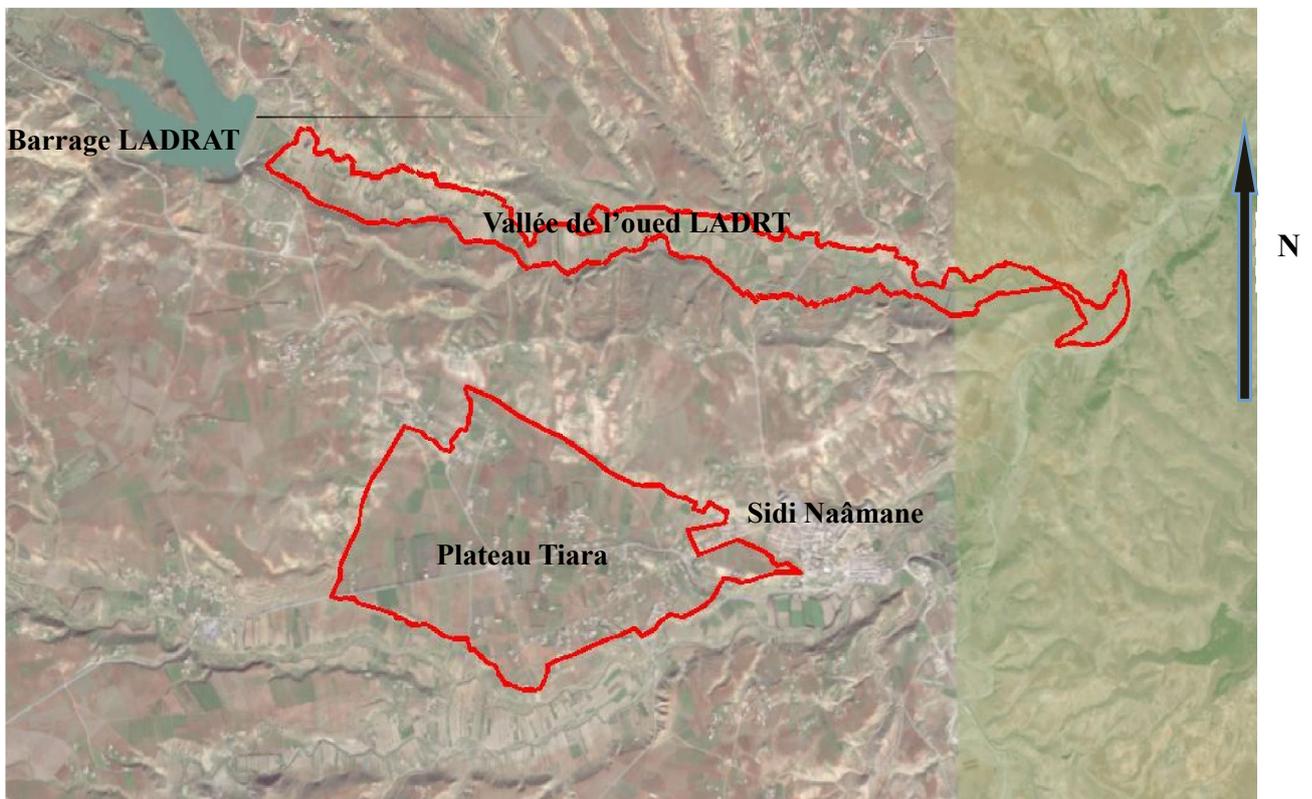


Figure 2: Plan de situation de la zone d'étude (web 2)

### I.2.1 Les caractéristiques climatologiques :

Le climat général de la région où l'étude est réalisée est semi-aride, et est fortement influencé par l'altitude et l'éloignement de la mer.

Les précipitations du bassin versant de l'OUED LADRAT sont très irrégulières, et sont généralement localisées sur le versant nord des montagnes.

Les différents paramètres du climat sont les précipitations, la température, l'évaporation, l'humidité relative, le vent, etc...

#### I.2.2.1 Pluviométrie :

Les moyennes des précipitations varient en fonction de l'altitude. En effet, on retrouve en moyenne 500 mm de précipitations près des sommets du bassin versant de l'Oued Ladrat, et 300 mm de précipitations sur le site de l'Oued Ladrat.

La station d'EL OMARIA PEP [(CS : 090205) ; coordonnées (533.05, 327.5, 659)] est située dans la partie inférieure du bassin versant.

##### ➤ Pluviométries moyennes mensuelles :

Les pluviométries moyennes mensuelles sur une période d'observation de 45 ans (De 1969 jusqu'à 2013) à la station d'EL OMARIA PEP sont représentées dans le tableau 1 suivant :

Tableau 1 : Pluviométrie moyenne mensuelle

Source : Rapport de l'ANRH Blida (Station El Omaria PEP)

Mois (jours)	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc	Année
Precipitation (mm)	46.41	43.15	44.67	32.38	32.38	8.27	3.04	6.03	22.23	28.00	37.12	40.35	344.04

##### Interprétation du tableau :

L'analyse des données présentées sur le tableau 1 nous a permis de constater une variation relativement similaire de la pluviométrie au cours des dernières années.

On a pu distinguer les trois saisons suivantes selon la moyenne des précipitations :

- Saison pluvieuse de Novembre à Mai.
- Saison moyenne de Septembre et Octobre.
- Saison sèche de Juin, Juillet et Août.

➤ **Nombre moyen de jours pluvieux :**

Le nombre moyen de jours pluvieux pour une long période à la station Berrouaghia est illustré sur le tableau suivant :

Tableau 2 : Nombre moyen de jours pluvieux

Source : Rapport de l'ANRH Blida (Station El Omaria PEP)

MOIS	Station Berrouaghia
	Nombre de jours
JANVIER	9
FEVRIER	7.7
MARS	7
AVRIL	5.6
MAI	4.9
JUIN	2.6
JUILLET	0.5
AOUT	0.7
SEPTEMBRE	3
OCTOBRE	5.5
NOVEMBRE	7
DECEMBRE	8.4
MOYENNE ANNUELLE	61.2

**Interprétation du tableau :**

L'analyse des données présentées sur le tableau 2 nous permet de conclure que :

- Le nombre de jour pluvial moyen annuel à la station de Berrouaghia est de 61.2 jours.
- Le nombre de jour pluvial maximal est de 9j, il est observé au mois de janvier.
- Le nombre de jour pluvial minimal est de 0.5j, il est observé au mois de juillet.

**I.2.2.2 Température :**

La détermination des conditions de température au site de l'OUED LADRAT se base sur les observations de longue durée effectuées par la station de Beni Slimane.

Tableau 3 : Températures moyennes et maximales et minimales mensuelles en C° par le site de l'Oued Ladrat.

Source : Rapport de l'ANRH Blida (Satation de beni Slimane)

MOIS	T <sub>min</sub>	T <sub>max</sub>	T <sub>moy</sub>
JANVIER	3.4	13.2	8.3
FEVRIER	3.4	14.6	9
MARS	5.1	18	11.4
AVRIL	7	20.2	13.5
MAI	10.8	25.9	18.3
JUIN	15.4	32	23.6
JUILLET	17.9	36.1	27
AOUT	18.8	36.4	27.6
SEPTEMBRE	15.3	30	22.6
OCTOBRE	11.4	24.8	18
NOVEMBRE	7	18.8	13
DECEMBRE	4.3	14.1	9.2
<b>MOYENNE</b>	<b>9.983</b>	<b>23.675</b>	<b>16.83</b>

Avec :

$$T_{\text{moy}} = \frac{T_{\text{max}} + T_{\text{min}}}{2}$$

**Interprétation du tableau :**

L'analyse et le traitement des données présentées sur le tableau 3 nous a permis de faire ressortir les conclusions suivantes :

- la température moyenne mensuelle la moins élevée a été enregistrée durant le mois de Janvier avec 8.3°C. Quant à la température moyenne mensuelle la plus élevée, elle a été enregistrée durant le mois d'Août avec 27.6 °C.
- La température maximale correspond au mois d'Août avec 36.4 °C, c'est le mois le plus chaud de l'année.
- La température minimale correspond au mois de Janvier et Février avec 3.4 °C, ce sont les deux mois les plus froids de l'année.

En se basant sur les données présentées sur le tableau 3, nous avons pu tracer les graphes de température suivants (Figure : 3)

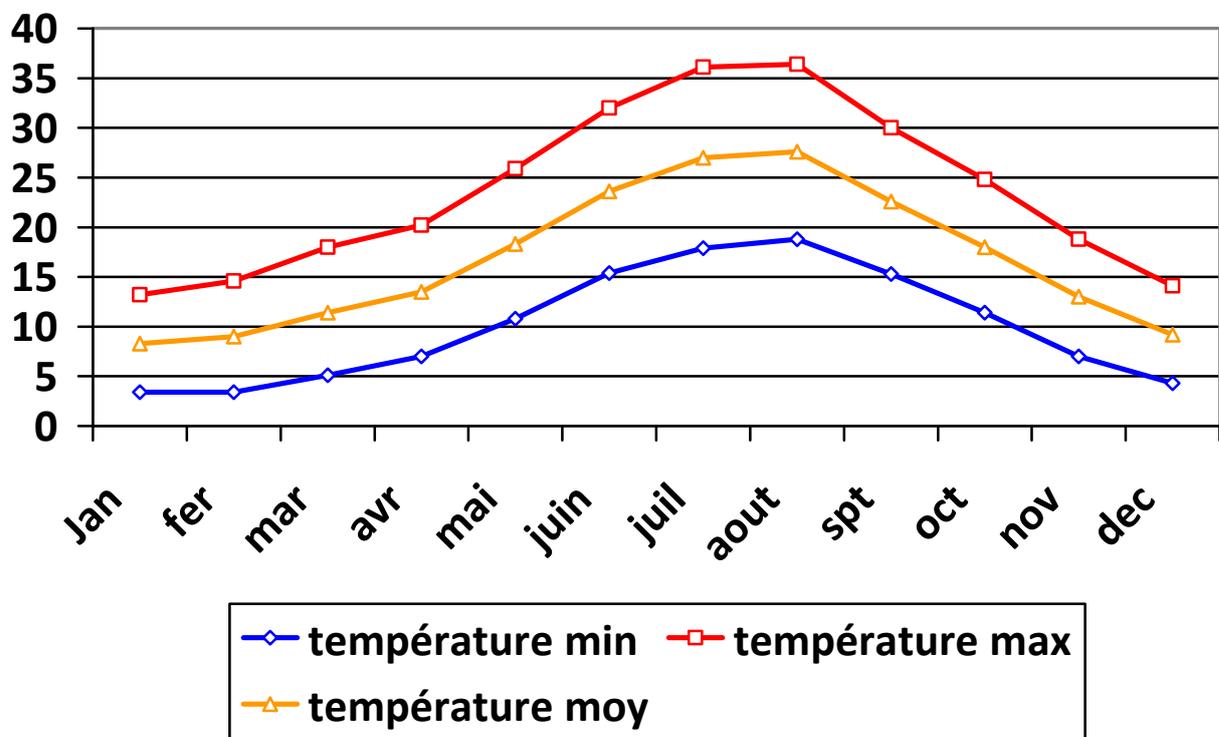


Figure 3 : Graphe de température

### 1.2.2.3 Evaporation :

L'évaporation se traduit par la transformation de l'eau liquide en vapeur d'eau, elle dépend généralement de la température ambiante et des mouvements de l'air. L'évaporation est mesurée par un bac cylindrique (bac classe A).

Tableau 4: Evapotranspiration moyenne en (mm)

Source : Rapport de l'ANRH Blida (Station Beni Slimane)

Mois	Jan	Fer	Mar	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Spt	Oct	Nov	Dec	Moyenne annuelle
ETP (mm)	39	54	86	120	166	207	223	198	146	97	53	36	1407

**Interprétation du tableau :**

En période estivale, l'évapotranspiration atteint son maximum. Sous l'effet des températures élevées et de ce vent sec et chaud (siroco).

L'évapotranspiration moyenne annuelle à la station de Beni Slimane est de 1407 mm.

**I.2.2.4 Vent :**

Le vent constitue un facteur écologique important à des titres divers.

- Agent de transport.
- Facteur climatique.
- Facteur mécanique.

Son action : Il influe à la fois sur le sol (évaporation et érosion) et sur la végétation (distribution). On peut donc en déduire que la connaissance de la direction des vents et leurs vitesses est importante pour la réalisation de notre étude.

Les vents dominants en période hivernale ont une direction dominante Ouest. En période estivale (Juillet et Août) et en Septembre, les vents sont de direction Nord-Ouest.

L'ensemble des vents enregistrés varient de 2 à 4 m/s durant toute l'année.

Le tableau 5 suivant présente les vitesses moyennes des vents pour une série de mesures de 12 ans au niveau de la station de Médéa (30 km à l'EST de notre parcelle).

Tableau 5: Vitesses moyennes mensuelles des vents (m/s)

Source : Rapport de l'ANRH Blida (Station de Médéa)

Mois	Septembre	octobre	novembre	décembre	Janvier	février	Mars	avril	mai	juin	Juillet	Août
v m/s	3.1	3.1	3.4	3.4	3.5	3.2	3.6	3.9	3.4	3.3	3	2.9

**Interprétation du tableau :**

Les données du tableau 5 nous ont permis d'en déduire que :

- La vitesse maximale est de 3,9 m/s, elle est observée au mois d'Avril.
- La vitesse minimale est de 2,9 m/s, elle est observée au mois d'Août.

**I.2.2.5 Humidité relative:**

L'humidité relative ou le degré hygrométrique de l'air est un élément du cycle hydrologique qui contrôle l'évaporation du sol et la couverture végétale. Elle indique que l'état de l'atmosphère est plus ou moins proche de la condensation. C'est la valeur de l'humidité relative qui comprend la sensation de l'humidité ou de sécheresse de l'air.

L'évolution de l'humidité de l'air moyenne en fonction des mois de l'année donnée par la station de Médéa est représentée sur le tableau 6 suivant :

Tableau 6: Humidité relative moyenne de la zone d'étude

Source : Rapport de l'ANRH Blida (Station de Médéa)

Mois	sept	oct	nov	Déc	jan	Fév	mars	Avril	Mai	juin	juil	août	Moy
Humidité relative moyenne H%	62	69	78	74	78	74	70	68	64	54	46	50	65.58

**Interprétation du tableau :**

L'analyse des données présentées sur le tableau 6 nous permet de conclure que :

- Le mois le plus humide est le mois de Janvier et Novembre avec 78%
- Le mois le moins humide est le mois de juillet avec 46%
- L'humidité relative annuelle moyenne est de 65.58 %.

**I.2.2.6 Insolation :**

L'insolation peut être définie comme étant la durée d'exposition d'un site au soleil.

L'évolution du degré d'insolation durant l'année est représentée sur le tableau 7 suivant :

Tableau 7: Insolutions moyennes mensuelles

Source : Rapport de l'ANRH Blida (Station de beni Slimane)

Mois	sept	Oct	nov	déc	Jan	Fév	Mars	avril	mai	Juin	juillet	Août
Insolation h/J	8	7	7	6	6.5	7	7.5	7.5	8	11	10	9.5

**I.2.2.7 Gelée :**

La période des gelées dans la zone du périmètre s'étale de Novembre à Mai ; les fréquences les plus élevées sont observées au cours des mois de Décembre, Janvier et Février avec respectivement 6, 10 et 7 jours de gelée. L'année totalise en moyenne 29 jours de gelée.

**I.2.2.8 Le sirocco :**

Le sirocco est fréquent dans la zone d'étude, il se manifeste de Juin à octobre, ce vent sec et chaud peut causer des dégâts importants aux cultures en faisant augmenter la température et en asséchant le sol. Dans l'année, on observe en moyenne 21 jours de sirocco.

**I.2.2.9 Le brouillard:**

Le brouillard est très répandu dans l'année. Il est néfaste pour les cultures, en favorisant les maladies cryptogamiques.

Tableau 8 : Nombre moyen de jours de brouillard (Station de Mongorno)

Source : Rapport de l'ANRH Blida (Station de Mongorno)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
<b>Le brouillard (jours/moi)</b>	9.4	6.3	7.4	4.4	5	5.4	0.9	0.4	1.4	5.2	9.2	8.4	63.4

## I.1 Classification du climat :

### I.3.1 Indice d'aridité de Martonne:

Cet indice permet de connaître le degré de sécheresse du climat de la région d'étude.

Il est calculé par la formule suivante :

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

Avec:

$I_A$ : Indice climatique de Martonne.

P : Précipitation moyenne annuelle (mm).

T : Température moyenne annuelle (°C).

A.N :

$$I_A = \frac{344.04}{16.83 + 10} \rightarrow I_A = 12.82$$

Tableau 9: 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

$I_A = 12.82$  donc  $10 < I_A \leq 20$ . On peut donc en déduire que notre climat est sec vers semi-aride, et donc l'irrigation est souvent indispensable.

### I.3.2 Diagramme d'Emberger :

Ce diagramme permet de déterminer l'étage bioclimatique et la valeur du coefficient pluviométrique en utilisant la formule et le diagramme bioclimatique d'Emberger.

$$Q = \frac{1000}{\frac{(M+m)(M-m)}{2}} = \frac{2000 \cdot P}{M^2 - m^2}$$

Avec :

Q : Coefficient pluviométrique d'Emberger.

P : Précipitation moyenne annuelle (mm).

M : Température moyenne maximale du mois le plus chaud en Kelvin.

m : Température moyenne minimale du mois le plus froid en Kelvin.

- La Température moyenne maximale correspond au mois d'Août avec 36.4°C.
- La Température moyenne minimale correspond au mois de janvier avec 3.4°C.

A.N :

$$M = 273 + 36.4 = 309.4 \text{ K}$$

$$m = 273 + 3.4 = 276.4 \text{ K}$$

Donc :

$$Q = \frac{2000 \cdot 344,04}{309,4^2 - 276,4^2} \rightarrow Q = 35.59$$

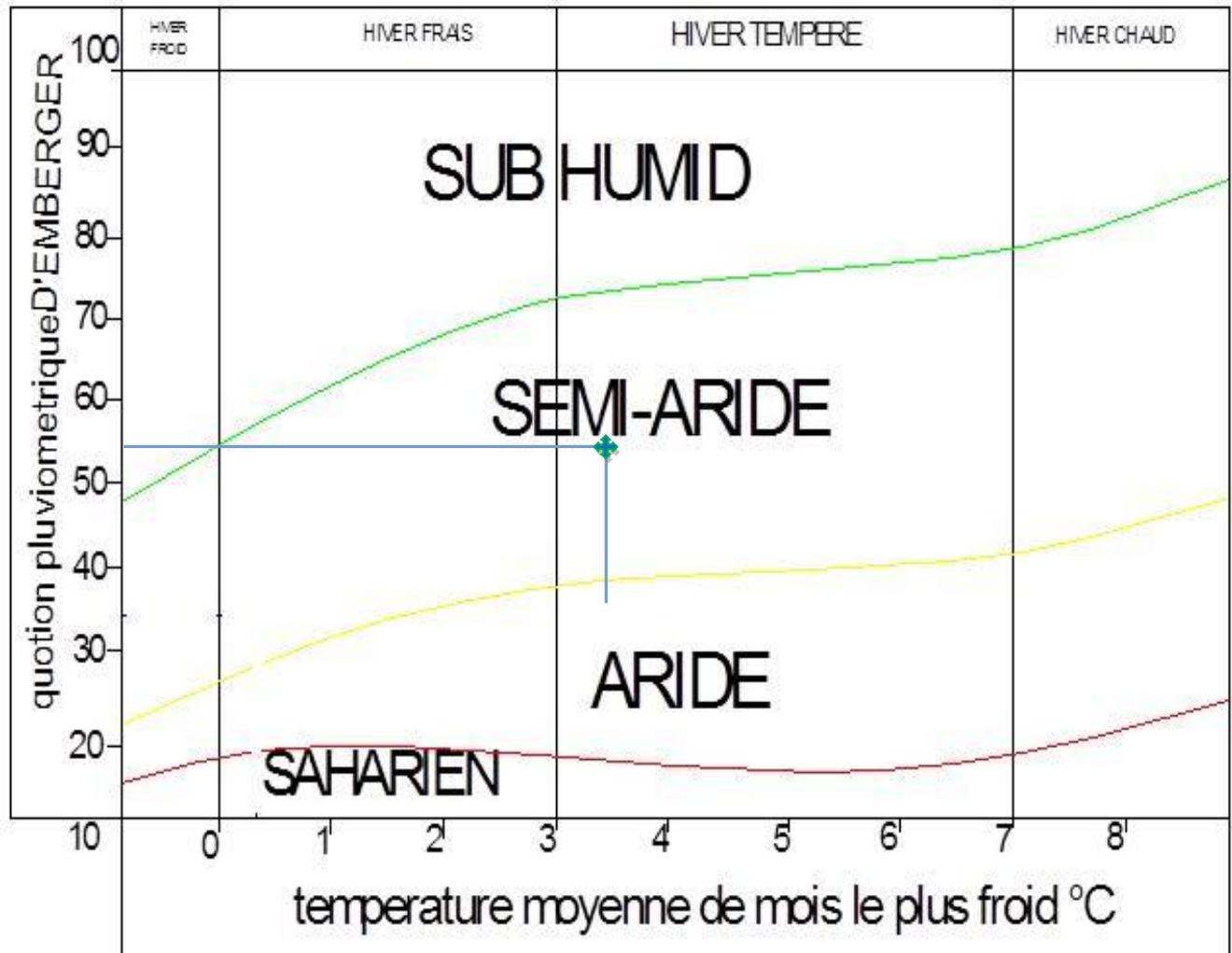


Figure 4: Climtogramme pluviométrique d'EMBERGER

D'après le diagramme bioclimatique d'Emberger (Figure 4), on peut dire que le climat de notre région est un climat semi-aride, l'irrigation est indispensable.

### I.3.3 Climtogramme de Gaussen :

Le diagramme ombrothermique de GAUSSEN est une méthode graphique qui permet de définir les périodes sèches et humides de l'année, où sont portés en abscisses les mois, et en ordonnées les précipitations (**P**) et les températures (**T**), avec  $P=2T$ .

La figure suivante représente le diagramme ombrothermique de la région d'étude établie à partir des données pluviométriques et thermiques moyennes mensuelles.

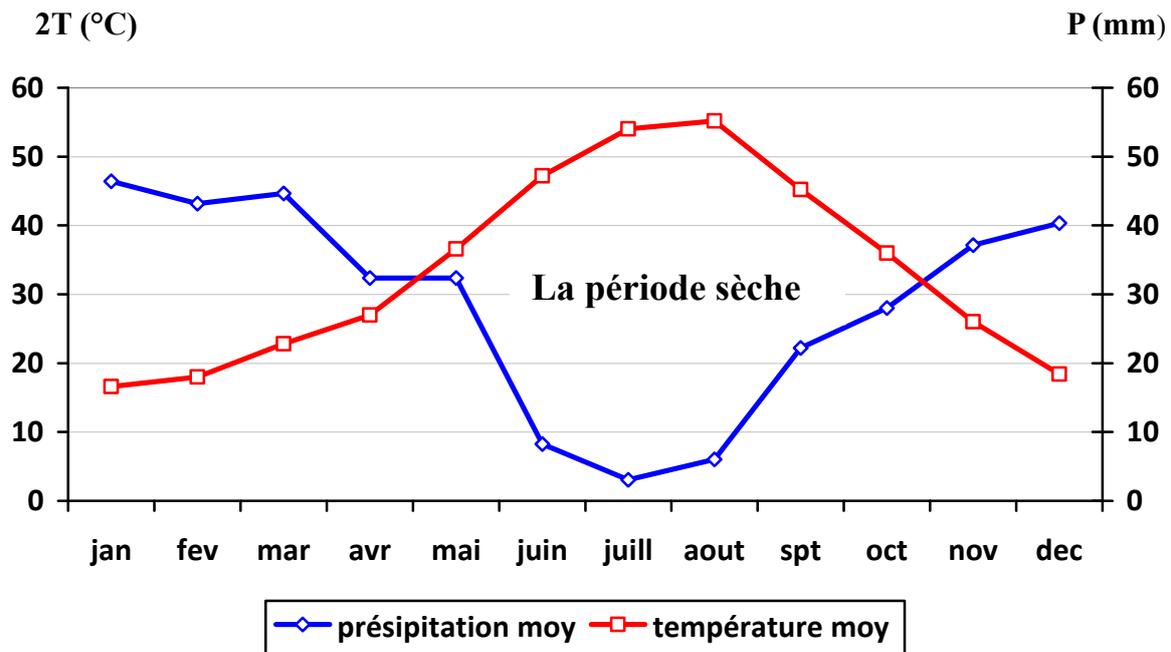


Figure 5 : climogramme de gausse

**Interprétation :**

D'après le Climogramme ombrothermique de Gaussen, on remarque qu'il existe deux périodes, la période humide où l'irrigation n'est pas indispensable, et la période sèche là où l'irrigation est indispensable. Cette dernière période commence au mois de Mai et dure jusqu'au mois d'Octobre.

**I.2 Caractéristique de la région :****I.4.1 Géologie :**

Sur le plan géologique, la parcelle située au nord (vallée de l'oued Ladrat) comprend des rives qui sont constituées d'argiles et de conglomérats du miocène continental, dont le pendage général est dirigé vers le Sud-est, au coude de l'Oued Ladrat. On peut observer dans le lit de la même rivière des grès de miocène marin.

Quant à la seconde parcelle (Plateau Tiara), elle est située au sud, et a les mêmes composantes que la parcelle précédente avec une légère pente à l'Est.

D'après l'étude géologique, les principales composantes existantes dans notre région sont :

- Les Marnes et les Argiles.

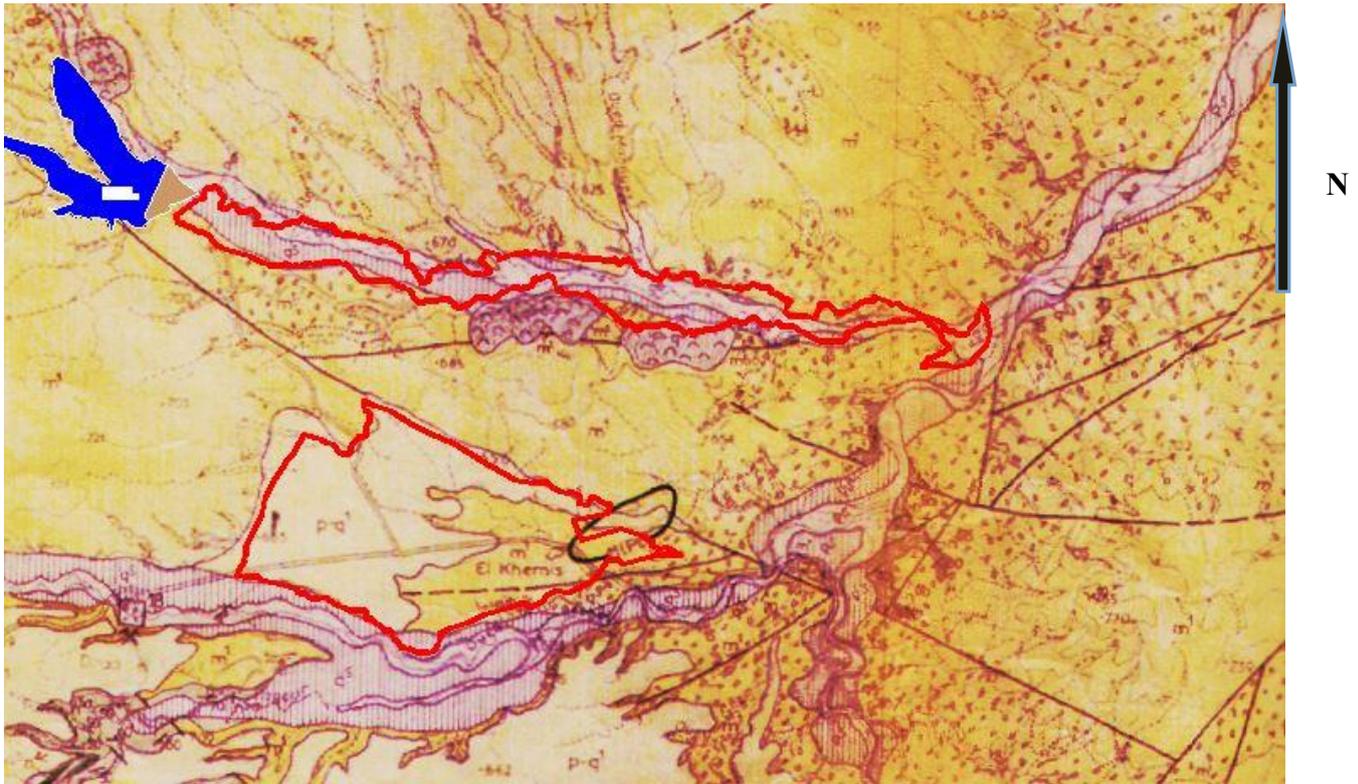


Figure 6 : Carte géologique détail de la zone d'étude (échelle : 1/25000)

#### **I.4.2 L'hydrographie :**

Les principaux oueds existant dans la commune de SIDI MEHIEDDINE sont ceux de LADRAT et d'EL BESBES. Ces deux oueds jouent un rôle primordial dans l'alimentation en eau, et ce en raison de la faible pluviosité et de la forte évaporation durant une bonne partie de l'année.

OUED LADRAT et OUED EL BESBES ont un point de confluence vers l'est de la commune de SIDI MEHIEDDINE

#### **I.4.3 Hydrogéologie :**

A partir de la lecture de la carte hydrogéologique, nous sommes arrivés à la conclusion selon laquelle le site de l'Oued Ladrat est principalement constitué d'argile, et possède ainsi une perméabilité très faible. Nous avons également constaté que les ressources d'eau souterraines sont nulles.

#### **I.4.4 Ressources en eaux de la zone d'étude :**

La ressource en eau provient du barrage LADRAT dans la Wilaya de Médéa. Ce barrage est la seule source d'eau pour le périmètre.

Barrage Ladrat à une capacité estimée en 2008 de 8.5 hm<sup>3</sup>, sera destiné à l'irrigation du périmètre.

#### **I.3 Conclusion :**

Sur la base de l'étude du climat il peut être aisément conclu que la zone d'études se caractérise par :

- Une faible pluviométrie (344.04 mm),
- Un climat semi-aride à hiver tempéré,
- Une période sèche s'étalant du mois de juin au mois Septembre,
- La durée pendant laquelle souffle le sirocco est juillet – août
- Une évaporation intense.

Le climat représente par conséquent une contrainte réelle au développement de l'agriculture dans la zone d'études et confirme la nécessité de l'irrigation pour satisfaire les besoins en eau des cultures.

## CHAPITRE II : Etude Agro-Pédologique

### II.1 Introduction :

L'étude agro-pédologique du périmètre de l'Oued Ladrat a été réalisée suivant les analyses effectuées sur le terrain. Cette étude a pour but d'identifier les types de sols et les caractéristiques physico-chimiques de ce dernier.

Le sol agricole est la partie de la couche superficielle de l'écorce terrestre qui, grâce à sa structure et sa composition physico-chimique, est en mesure d'assurer un développement normal des végétaux cultivés.

### II.2 Classification du sol de la région d'étude :

L'étude pédologique du périmètre porte sur une superficie totale de 600 Ha. L'établissement de la carte pédologique d'El Omaria a démontré l'existence de 3 classes de sols délimitées, bien distinctes:

- ✓ Les sols **peu évolués** d'apport alluvial hydromorphe caillouteux,
- ✓ les sols **calcimagnésiques** carbonatés bruns calcaires à encroûtement,
- ✓ les sols **isohumiques marron** modaux.

La partie **Nord** (vallée d'Oued Ladrat), de par une pente moyenne qui varie entre (0-2%) dirigé vers le Sud-est, a une meilleure homogénéité avec des unités cartographiques plus grandes.

Dans cette zone, les sols **calcimagnésiques** sont les plus dominants.

La partie **Sud** de périmètre (plateau Tiara) présente un autre faciès. Cette dernière est caractérisée par la présence d'une pente moyenne qui varie entre (0 et 2%). Dans cette zone, les sols dominants sont : les sols **peu évolués**, les sols **isohumiques** et légèrement les sols **hydromorphes ou vertisols** à partir de 50 cm de profondeur.

#### a. Les sols calcimagnésiques :

Ce type de sols présente souvent des traits verdâtres combinés à ceux des encroûtements calcaires. Ces traits justifient la présence de ces sols à travers le périmètre d'étude.

Beaucoup de niveaux limitant (croûtes) apparaissent à différentes profondeurs dans le sol.

**b. Les sols hydro morphes :**

Ces sols sont les moins représentés. Néanmoins, ils sont formés dans une cuvette au Sud-est de OUED EI BESBES.

**c. Les sols peu évolués :**

Font jonction avec les cours d'eau et les zones de crue. Leur répartition reste sujette à l'emplacement des cours d'eau et des zones soumises aux inondations.

**d. Les sols isohumique marron :**

Ce sont des sols épais, marrons, très riches en matières organiques qui se forment en région tempérée au climat sec (pluviométrie inférieure à 500 mm par an). Ces sols présentant des profils, parfois caillouteux et blocs superficiels. Ils donnent des terres agricoles très fertiles. Ces sols occupent la plus grande superficie de la partie Sud de notre périmètre.

**e. Les Vertisols :**

Ces sols se localisent dans les niveaux présentant les plus faibles pentes. Ces derniers dérivent du matériau parental marneux très répandu dans cette région.

**II.2.1 Les sols peu évolués d'origine non climatiques d'apport alluvial modaux :**

Ces sols occupent une petite surface avec 30 Ha et s'étendent sur la partie Sud-est de la parcelle Plateau Tiara. Ils sont caractérisés par une profondeur moyenne, un manque notable de calcaire, et sont également marqués par la présence des caillouteux, texture argileuse, compacts, mauvais drainage interne.

**Profil 01.**

Localisation :

X : 03°06'55'' E

Y : 36°38'40'' N

Z : 615 m

Groupe : d'apport alluvial.

Matériau parental : alluvions

Pente : 01 % vers l'Est

Situation : sud-est du plateau Tiara.

Géomorphologie : versants.

Classification : Sol peu évolué, d'origine non climatique, d'apport alluvial,

Texture : Argileuse.

### **Interprétation des résultats :**

Les analyses physico-chimiques et texturales du sol de ont mis en évidence les observations suivantes:

- Sol modérément composé de matière organique.
- Sol non calcaire.

### **II.2.2 Les sols calcimagnésiques carbonatés bruns calcaires à encroûtements :**

Ce sont des sols caractérisés par la présence d'un encroûtement calcaire. Ils occupent environ 150 Ha, et sont localisés au nord du périmètre (vallée d'oued Ladrat). Ces sols sont très favorables. Cependant, ils sont sensiblement impactés par la sécheresse.

Ils sont caractérisés par une texture qui est généralement argileuse, avec des taux de calcaire actif de 10 à 15%, et sont également caractérisés par un manque des éléments grossiers sauf en cas d'engravement latéral.

#### **Profil 02.**

Localisation :

X : 03°06'32'' E

Y : 36°14'02'' N

Z : 625 m

Pente : 0-2% vers Sud-est.

Situation : Vallée d'oued Ladrat.

Géomorphologie : Terrasse régente.

Classification : sols calcimagnésiques carbonatés bruns calcaires à encroûtements

Texture : Argileuse.

**Interprétation des résultats :**

Les analyses physico-chimiques et texturales du sol démontrent que ce dernier possède de bonnes propriétés physiques favorables pour toutes les cultures maraîchères.

**II.2.3 Les sols isohumiques marron :**

Les sols les plus importants sont les sols isohumiques, Ces sols occupent la plus grande superficie du périmètre étudié avec 300 Ha, et s'étendent sur la partie Nord et la partie Sud-ouest du plateau Tiara. Ils sont caractérisés par une profondeur moyenne, et par un manque d'encroûtement dans le profil (absence de calcaire), non poreaux, remarquable par sa structure grumeleuse et sa fertilité, présence des caillouteux en profondeur et parfois en surface.

Leur texture est argileuse avec des taux d'argile dépassant 70%. Le taux de calcaire est très faible (si elle existe a plus de 50 cm de profondeur).

**Profil 03 :**

Localisation :

X : 03°06'00''E

Y : 36°12'48 ''N

Z : 636 m

Pente : 0-2%.

Situation : Nord et sud-ouest du plateau Tiara.

Géomorphologie : Glacis pour la partie Nord de Plateau Tiara et terrasse supérieur pour la partie sud-ouest.

Classification : Sols isohumiques marron

Texture : Argileuse

**Interprétation des résultats :**

Les analyses physico-chimiques et texturales du sol ont mis en évidence les observations suivantes:

- Sol riche en matière organique.
- Sol avec un taux de calcaire faible.

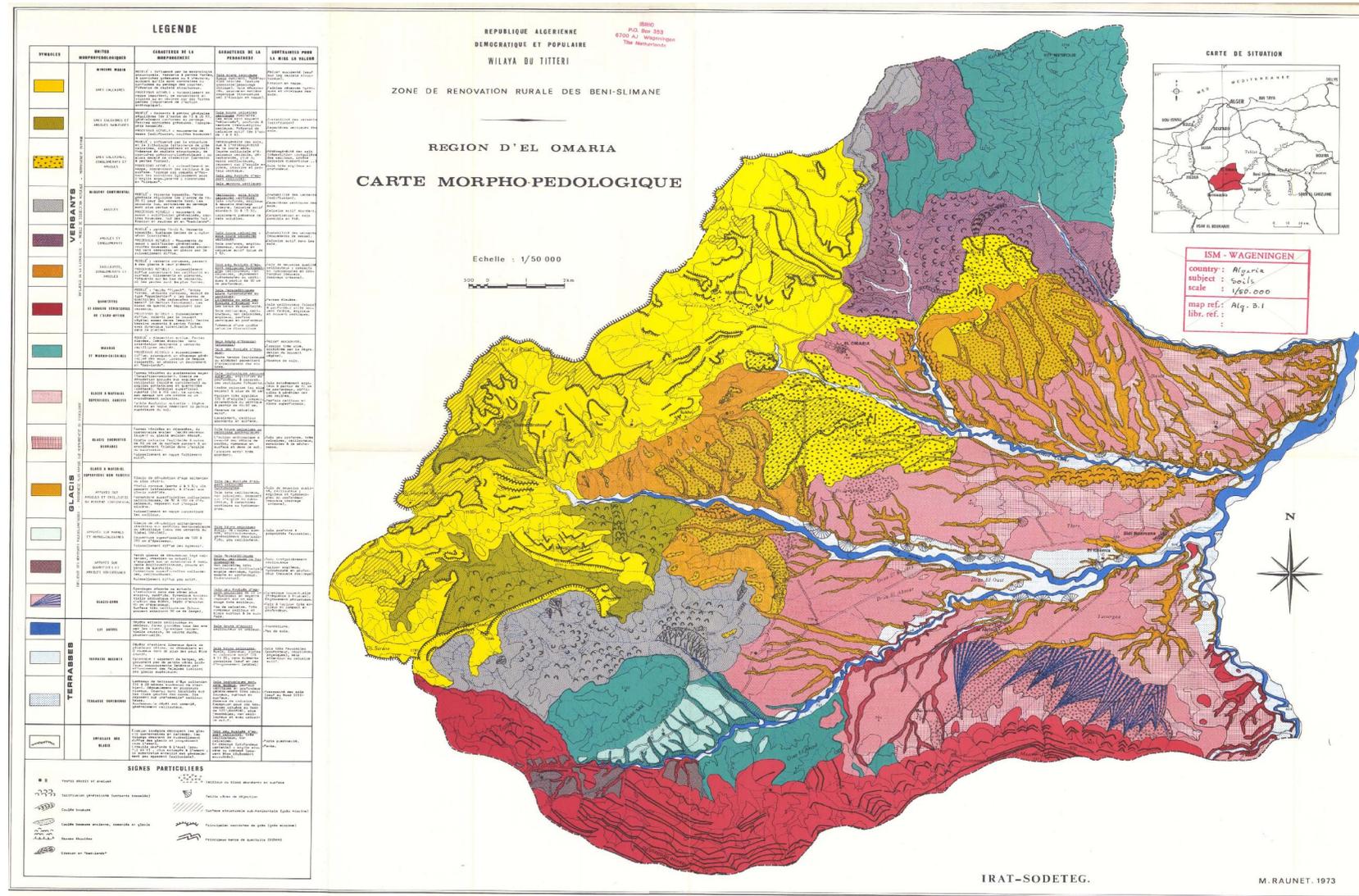


Figure 1 : Carte morpho-pedologique d'El Omaria

### **II.3 Caractéristiques physico-chimiques du sol :**

#### **II.3.1 Caractéristiques physiques du sol:**

Le sol est caractérisé par un certain nombre de paramètres physiques mesurables. Les valeurs de ces paramètres sont généralement en fonction, à la fois de la structure et de la texture du sol, sans toute fois leurs êtres rigoureusement liés.

##### **II.3.1.1 La texture :**

La texture d'un sol caractérise la dimension et la distribution des différents éléments qui le constituent, elle est déterminée par l'analyse d'échantillon du sol sur la terre fine obtenue après élimination par tamisage des graviers ou cailloux de taille supérieure à 2 mm.

L'analyse granulométrique est faite au laboratoire, en utilisant la pipette de Robinson basée sur la loi de stockes.

##### **II.3.1.2 La structure :**

La structure d'un sol est définie par l'augmentation de ses constituants les uns par rapport aux autres.

Des sols de texture identique peuvent avoir des structures différentes, plus ou moins stables et favorables à la pénétration de l'eau, de l'air et des racines.

##### **II.3.1.3 La perméabilité :**

La perméabilité du sol est définie par sa vitesse d'infiltration qui est la vitesse apparente de l'eau s'écoulant à travers un sol saturé, sous une pente motrice égale à l'unité. C'est le coefficient K de la loi de Darcy.

Selon les différentes valeurs de K, on peut classer les sols comme suit :

Sols imperméables	$K < 10^{-6} \text{m/s}$ .
Sols peu perméables	$10^{-6} < K < 5 \cdot 10^{-6} \text{m/s}$ .
Sols perméables	$5 \cdot 10^{-6} < K < 5 \cdot 10^{-5} \text{m/s}$ .
Sols très perméables	$K > 5 \cdot 10^{-5} \text{m/s}$ .

La perméabilité est déterminée au laboratoire d'après la quantité d'eau s'écoulant par unité de temps, en travaillant sous charge constante.

#### **II.3.1.4 La densité apparente $da$ :**

C'est le rapport entre le poids d'un volume donné du sol sec à l'étuve et le poids d'un égal volume d'eau, son évaluation est basée sur la texture du sol.

La densité apparente est déterminée au laboratoire.

#### **II.3.1.5 La densité réelle $dr$ :**

C'est la densité des particules solides constitutives du sol. Elle est le rapport entre le poids d'un sol et son volume réel, la densité réelle varie très peu d'un sol à un autre.

#### **II.3.1.6 La porosité totale $P$ :**

C'est le rapport, exprimé en pourcentage, entre le volume des vides contenus dans le sol et le volume total de ce sol.

On définit également la porosité totale comme étant le rapport du volume de l'espace poral (qui n'est pas occupé par les particules solides) ou volume total ou apparent. On établie la relation suivante :

$$P\% = [(dr-da)/dr] * 100$$

Avec :  $dr$  : densité réelle  
 $da$  : densité apparente

### II.3.2 Caractéristique chimiques du sol :

L'analyse chimique du sol est faite au laboratoire pour le PH, la conductivité électrique,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{K}^+$  et  $\text{Na}^{++}$ .

Tableau 1 : Fiche analytique :

Profondeur (cm)	0 à 40	Plus de 40
Caractéristiques	Quantité	Quantité
Argile (%)	64	70
Limons fins (%)	13	12
Limons grossiers (%)	07	05
Sables fins (%)	11	06
Sables grossiers (%)	05	07
Mode de structure	Granuleuse	Granuleuse
Classe	fine	fine
Densité réelle	2.25	2.3
Densité apparente	1.88	1.9
Porosité (%)	16.45	17.4
La vitesse d'infiltration (m/s)	$10^{-8}$	$10^{-6}$
PH	7,8	7,24
Conductivité électrique (mmhos/cm)	0.023	0.015
$\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ meq/100g	8.25	9.25
$\text{Na}^{2+}$ meq/100g	0.7	0.7
$\text{K}^+$ meq/100g	0.2	0.35

#### Interprétation du tableau :

D'après le tableau, on peut dire que notre sol a une texture argileuse, une structure granuleuse, modérément composé de matières organiques. La restitution de la matière organique en quantité importante est nécessaire afin de renforcer le complexe absorbant, et par conséquent contribuer à l'amélioration de la structure.

On note aussi que d'après la vitesse de son infiltration, notre sol est considéré comme étant imperméable.

#### **II.4 Aptitudes culturales ou fertilité:**

L'étude de l'aptitude culturale des sols vise à estimer la valeur agronomique des sols du point de vue cultures. Cette dernière est primordiale car elle permet de mieux orienter les agriculteurs dans leur choix des cultures.

Les cultures et assolements pratiqués actuellement au sein de l'aire d'étude sont de type maraichages.

##### **II.4.1 Choix des cultures :**

Les basses températures en hiver ou au début du printemps accompagnées de gelées ainsi que les températures élevées en été accompagnées de siroco, sont des facteurs qui vont notablement influencer l'introduction de cultures exigeantes, notamment celle des arbres fruitiers. La topographie de la région est caractérisée par un relief moyennement régulier sauf dans quelques parties du périmètre où il y a des dépressions et des parcelles légèrement accidentées avec des pentes peu élevées tout ça oriente le choix dans ces parcelles vers les cultures maraichages.

La profondeur du sol détermine l'espace utilisable par les racines des plantes, Les principaux niveaux observés dans le périmètre sont :

Les croûtes et les encroûtements calcaires ; observés à des profondeurs diverses.

La première forme constitue un niveau qui limite cette profondeur (dalle de calcaire ou débris de croûte calcaire) ; quant à la seconde forme, elle est caractérisée par une accumulation élevée du calcaire et par sa pauvreté organique, à cause de ces deux obstacles plusieurs cultures à enracinement profond devront être éliminées.

##### **II.4.2 Carte d'aptitude culturale :**

Les cartes d'aptitudes des sols aux différentes cultures ont été dressées suivantes :

- le climat de la région.
- de la topographie de la région ;

- des caractéristiques des profils pédologiques : profondeur –texture, structure, inclusions calcaire.

La signification des symboles des aptitudes concernées est indiquée sur le tableau 2 ci-dessous :

Tableau 2: Signification des symboles des aptitudes Culturelle

Spéculation	Symbole	Aptitude Culturelle
<b>Cultures céréalières et fourragères</b>	C11	Moyenne pour la luzerne et bonne pour toutes les cultures céréalières.
<b>Cultures maraîchères</b>	M11	Bonne pour toutes les cultures, à exclure l'haricot et pois des sols modaux d'apport alluvial. Convient moyennement pour épinard, ail, concombre et fraisier.
	M15	Bonne pour artichaut, oignon, navet, choux et laitue. Moyenne pour tomate, épinard, ail aubergine, pastèque, melon, poivron et concombre.
<b>Cultures arboriculture</b>	B33	Moyenne pour pêcher, prunier, abricotier, pommier, olivier et figuier.

### II.4.3 Cultures proposées :

La sélection des cultures est effectuée sur la base deux critères :

- Caractères morphologiques des sols,
- Ressource en eau disponible.

La gamme de cultures proposée se présente sur le tableau 3 ci-dessous:

Tableau 3 : Gamme de cultures proposées à la zone d'étude.

Type de culture	Cultures
<b>Maraîchages</b>	Pomme de terre saison
	Pomme de terre arrière saison
	Tomate saison
	Tomate arrière saison
	Oignon sec
	Poivron arrière saison
	Ail
	Carotte
	Piment
	Petit pois
	Courgette
<b>Arboricultures</b>	Pommier

## II.5 Conclusion :

Selon l'étude réalisée dans ce chapitre, on a déterminé les types du sol, les caractéristiques physico-chimiques du sol, et les cultures répondant à l'aptitude culturale de ce dernier.

Les analyses physico-chimiques des sols ont mis en évidence des propriétés adéquates pour les cultures maraîchages. En effet, la majorité des sols disposent des caractéristiques suivantes :

- ✓ Texture argileuse,
- ✓ Sol imperméable,
- ✓ Structure granuleuse,
- ✓ Taux de matières organiques moyen.

L'aménagement du périmètre d'Oued Ladrat rentre dans le cadre du développement de l'agriculture dans les plaines de Beni Slimane dans la wilaya de Médéa.

## CHAPITRE III : Ressources en eau et hydrologie

### III-1 Introduction :

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

### III-2 Caractéristiques du bassin versant de L'OUED LADRAT :

Le périmètre d'Oued Ladrat sera irrigué à partir du barrage Ladrat qui est situé dans la ville d'EL OMARIA, sur l'Oued Ladrat. Son bassin versant s'étend sur une superficie de 73,50 km<sup>2</sup>, son périmètre est de 28 km. Ce barrage dispose d'une capacité de 8,5 millions de m<sup>3</sup>.

Ce dernier est un important cours d'eau à écoulement intermittent qui traverse la parcelle nord (vallée d'Oued Ladrat) de l'ouest à l'est. Son écoulement dépend exclusivement des précipitations enregistrées durant toute l'année.

L'apport moyen annuel de l'Oued Ladrat est de 7.8 Millions m<sup>3</sup>.

L'objectif principal de la construction du Barrage Ladrat était la fourniture d'eau pour l'irrigation des terrains de la région permettant une intensification de son développement agricole.

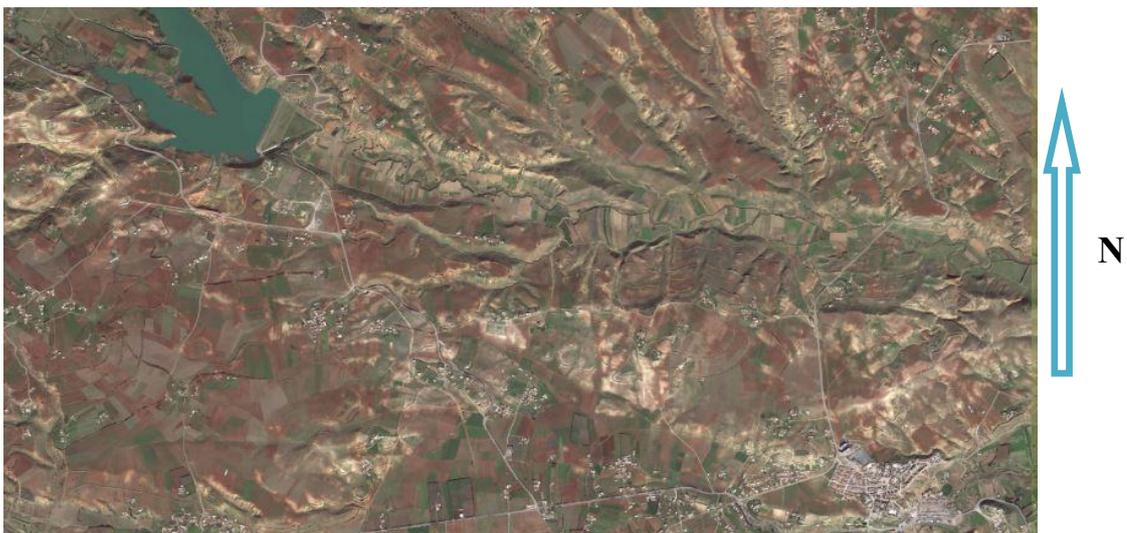


Figure 1 : Image Satellitaire de Barrage Ladrat (web 1)

### III.2.1 Caractéristiques hydrauliques principales du barrage Ladrat :

Le périmètre d'irrigation du Ladrat sera irrigué à partir du barrage Ladrat comme indiqué précédemment, dont les caractéristiques sont énumérées dans le tableau 1 suivant :

Tableau 1: Caractéristique hydrauliques du barrage Ladrat

Source : DHW de Médéa :

Dénomination	Unité	Quantité
Hauteur au dessus de l'oued	M	37
Hauteur maximale sur fondation	M	44
Revanche	M	6.2
Volume régularisé	M.m <sup>3</sup>	4.5
Volume utile	M.m <sup>3</sup>	5.859
Capacité de Barrage	M.m <sup>3</sup>	8.5
Longueur de l'évacuateur de crue	M	252
Hauteur de tour de prise	M	13.5
Section de galerie sous remblai	M <sup>2</sup>	7.5
D. C de vidange	Mm	1000
D. C d'irrigation	Mm	500
Côte du couronnement	M	682
Longueur du couronnement	M	660
Largeur du couronnement	M	8
Pente du parement aval au dessous de la berme		1/6
Pente du parement amont au dessus de la berme		1/3
Pente du parement amont au dessous de la berme		1/6
Côte de la berme amont	M	660
Volume matériaux argileux (Noyau)	M <sup>3</sup>	530.000
Volume matériaux limoneux	M <sup>3</sup>	812.000
Volume des Alluvions	M <sup>3</sup>	237.000
Volume de filtre	M <sup>3</sup>	123.000
Volume de drain	M <sup>3</sup>	86.000

### III.2.2 Etude géologique :

Les terrains de fondation du site du barrage sont constitués essentiellement :

- En fond de la vallée par des dépôts quaternaires (limons – alluvions) recouvrant un substratum miocène argileux étanche.
- En rive droit par des couches d'argiles miocènes subhorizontale à faible pendage vers le sud contenant des horizons sableux ou graveleux.
- En rive gauche par des couches de conglomérats miocène à matrice argileuse inclinée par l'effet tectonique.

### III.2.3 Les ouvrages de stockage :

#### III.2.3.1 Description des ouvrages du barrage Ladrat :

Le barrage du Ladrat se compose des ouvrages suivants :

- Une digue de type en terre.
  - L'évacuateur de crue à seuil libre.
  - Une vidange de fond.
  - Une tour de prises d'eau.
- a. La digue :** le barrage en terre a une digue d'une hauteur maximale de **44 m** hors sol, avec un noyau en argile et des recharges en matériaux limoneux et alluvionnaires, il est fondé sur des argiles miocènes.
- b. L'évacuateur de crue :** le type d'évacuateur de crue est de type à seuil libre, il est étendu sur une longueur de **252 m**.
- c. Tour de prise d'eau :** la tour de prise a une hauteur de **13.5 m**, et possède une galerie sous remblai de **7.5 m<sup>2</sup>** de section, et est équipés de trois pertuis ainsi que de l'ouvrage d'entrée de la vidange de fond et de la dérivation provisoire. La galerie sous remblai permettra durant les travaux de dériver l'Oued Ladrat.

### III.2.4 Etude de la qualité de l'eau d'irrigation :

L'eau exploitée pour l'irrigation subit à certaines conditions qui garantissent le bon développement des plantes, et permet également d'éviter les impacts négatifs sur la santé publique, l'environnement et le système d'irrigation.

La qualité des eaux superficielles dépend directement de la qualité des rejets des affluents dans les bassins versants, ce qui influence directement sur le rendement des terres agricoles.

Dans notre zone d'étude, on note l'existence de nouvelles agglomérations au cours de la réalisation, et donc les rejets de ces agglomérations s'influencent à la future sur la qualité des eaux du barrage.

L'évaluation de la qualité des eaux du barrage est estimée grâce à la mesure de certains paramètres physico-chimiques indicateurs de pollution (minérale, organique, azotée et phosphorée). Cette évaluation est donnée en comparant les résultats d'analyse aux bornes de la grille de qualité.

#### Valeurs guide et définition :

- **PH** : Logarithme négatif de l'activité molaire des ions hydrogènes, l'échelle des ph s'étend en pratique de 0 (très acide) à 14 (très alcaline)
- **O<sub>2</sub> diss** : Exprime le pourcentage de concentration en oxygène dissous dans l'eau.
- **NH<sub>4</sub><sup>+</sup>** : Exprime la concentration en mg/l d'ammonium.
- **NO<sub>3</sub><sup>-</sup>** : Exprime la concentration en mg/l nitrates.
- **NO<sub>2</sub><sup>-</sup>** : Exprime la concentration en mg/l de nitrates
- **PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>** : Exprime la concentration en mg/l phosphate
- **DBO<sub>5</sub>** : Indique la consommation d'oxygène des composés organiques biodégradables.
- **DCO** : Indique la consommation d'oxygène par oxydation de toutes les matières organiques.
- **MO** : Mesure l'oxydation chimique des matières organiques en milieu acide et à chaud par le permanganate de potassium.
- **RS** : Exprime la mesure de la salinité ou minéralisation d'une eau en (mg/l).

Le tableau ci-dessous (Tableau 2) présente un extrait du bulletin mensuel de la qualité des eaux de barrages octobre 2012 réalisé par la DHW.

Tableau 2 : Les valeurs des principaux paramètres de la qualité de l'eau du barrage  
Source DHW de Médéa

Barrage	Usage	Capacité	Volume Hm3	Ph	RS Mg/l	O <sub>2</sub> diss%	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> mg/l	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> mg/l	DBO <sub>5</sub> mg/l	DCO mg/l	MO mg/l	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg/l
		Estimée 2008 Hm3											
LADRAT	Irrigation	8.5	5.859	8.7	464	133.435	0	0	0	2	26	8.1	0

Pour vérifier la qualité de l'eau d'irrigation à l'aide des valeurs précédent, nous avons recouru aux données du tableau 3 suivant :

Tableau 3 : classification des eaux en fonction des principaux paramètres de la qualité de l'eau.

Paramètre	Classification			
	C1- bonne	C2-acceptable	C3-mauvaise	C4- très mauvaise
Ph	6.5-8.5	6.5-8.5	8.5-9.0	>9.0 et < 6.5
O <sub>2</sub> diss	100-90	90-50	50-30	<30
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0-0.01	0.01-0.1	0.1-3	>3
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0-10	10-20	20-40	>40
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0-0.01	0.01-0.1	0.1-3	>3
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0-0.01	0.01-0.1	0.1-3	>3
DBO <sub>5</sub>	5	5-10	10-15	>15
DCO	20	20-40	40-50	>50
MO	5	5-10	10-15	>15
RS	300-1000	1000-1200	1200-1600	>1600

C1 : bonne qualité, utilisable sans exigence particulière,

C2 : qualité moyenne, nécessite un traitement simple,

C3 : mauvais qualité, nécessite un traitement poussé,

C4 : très mauvaise qualité nécessite un traitement très poussé.

**Interprétation :****Salinité :**

L'eau du barrage présente une bonne minéralisation, dont la salinité faible.

**Nitrites – Ammonium :**

L'eau du barrage de bonne qualité, eau non chargés en ( $\text{NO}_2^-$  et/ou en  $\text{NH}_4^+$ ).

**Phosphate :**

Eau de bonne qualité.

**Matières organique :**

L'eau est de bonne qualité en termes de DBO5 et minéralisation. Néanmoins, elle est de qualité acceptable par rapport au teneur en matière organique.

**Oxygène :**

Sursaturation en oxygène, eau de bonne qualité.

**III-3 Conclusion :**

A travers ce chapitre nous avons défini les ressources en eaux disponibles dans la région de l'étude, ainsi que les différents types de classification de ces dernières.

La qualité de l'eau est très importante en irrigation puisqu'elle participe au développement de la plante.

Au vu des résultats d'analyse, les eaux du barrage Ladrat est de bonne qualité en raison de leur faible teneur en matière organique (DBO<sub>5</sub> et / ou en DCO, MO), composés azotés ( $\text{NO}_2^-$  et /ou en  $\text{NH}_4^+$ ) et composés phosphorés ( $\text{PO}_4^{3-}$ ). Il y a donc un faible risque de toxicité sur les plantes.

### III-4 Hydrologie :

L'hydrologie est définie comme étant une science qui assure l'étude du cycle de l'eau dans la nature et l'évolution de celle-ci à la surface de la terre. Et l'ensemble des aspects liés aux au processus de maturation de n'importe quel ouvrage hydraulique.

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

#### III.4.1 Etude des Précipitations :

##### Données disponibles :

La région à laquelle appartient le bassin versant dispose d'un nombre important de stations pluviométriques ayant des données sur de longues périodes. La pluie varie avec l'altitude. Pour cela, nous avons jugé adéquat d'utiliser cette dépendance pour l'estimation de la pluie moyenne du bassin versant.

Cette méthode a pour avantage d'utiliser l'ensemble de l'information disponible dans la région, et c'est pour cette raison que nous avons utilisé les stations pluviométriques dont les caractéristiques sont reportées dans le tableau 4 suivant :

Tableau 4 : caractéristique de la station pluviométrique de la station EL Omaria (mm)

N°	Nom de la station	code	Période d'observation	Nombre d'année complète	Altitude (m)	Pluie moyenne annuelle (mm)
01	EL OMARIA PEP	090205	1969-2013	45	659	351.86

#### III.4.2 Répartition de la pluie moyenne annuelle :

La série à laquelle nous faisons allusion dans cette partie est la série enregistrée au niveau de la station pluviométrique d'El Omaria PEP. Les valeurs de cette série sont représentées dans le tableau 5 au dessous.

Cette série est caractérisée par le fait qu'elle s'étend sur une durée d'observation de 45 ans, et ce qui nous permettra de bien apprécier les variations de la pluviométrie au niveau de la région.

Tableau 5 : la répartition mensuelle des précipitations (mm)

MOIS	sept	oct	Nov	Dec	jan	Fev	mar	Avr	mai	juin	juil	aout	
EL OMARIA PEP													somme
1969	40.2	88.6	35.4	31.6	48.5	26.1	30.3	40.9	54.6	7.3	0.0	1.3	404.7
1970	4.1	15.7	6.4	58.4	66.6	16.2	61.1	38.7	31.3	10.6	0.0	3.1	312.3
1971	45.4	20.8	84.7	39.4	159.3	51.3	35.4	0.0	0.0	17.3	0.0	4.0	457.7
1972	78.9	46.4	33.4	83.4	59.9	72.9	130.3	26.1	0.0	38.3	0.0	0.2	569.8
1973	44.6	8.9	9.8	62.6	4.3	57.3	95.2	124.8	17.6	6.5	0.0	14.8	446.4
1974	4.9	40.6	43.3	1.4	19.8	72.4	108.0	23.2	63.6	32.2	2.9	7.8	420.1
1975	58.7	0.4	107.0	25.9	14.7	86.6	30.7	60.4	61.6	13.6	16.5	0.0	476.0
1976	17.1	74.2	29.6	62.3	28.3	20.1	6.1	71.4	24.0	10.0	0.0	0.6	343.7
1977	3.3	1.4	17.5	9.1	48.6	22.8	33.2	57.1	74.7	1.9	0.0	1.9	271.6
1978	0.0	67.3	72.6	18.3	46.5	78.0	82.4	21.5	11.6	13.0	0.0	2.3	413.5
1979	74.2	35.6	57.3	30.4	73.8	17.5	99.4	82.8	26.6	0.3	0.0	13.6	511.5
1980	7.3	12.5	32.1	140.0	12.9	41.6	28.1	29.5	11.8	9.7	0.0	35.5	361.0
1981	2.0	17.7	2.4	69.5	92.5	40.3	31.2	24.3	52.7	30.6	0.0	2.8	366.0
1982	15.1	63.1	67.4	63.8	0.0	22.1	20.5	26.0	1.3	0.0	11.3	20.4	311.1
1983	1.7	1.5	20.6	18.9	27.9	70.8	37.5	52.6	32.6	11.1	5.3	0.0	280.5
1984	4.4	48.6	38.2	77.9	17.0	42.4	62.9	7.7	73.1	0.0	0.0	0.0	372.2
1985	19.4	12.8	22.1	29.9	39.6	21.2	145.1	16.2	0.3	19.0	0.0	0.0	325.6
1986	22.4	39.2	41.7	63.7	43.2	124.9	0.0	11.2	20.9	3.7	0.0	4.9	375.8
1987	44.3	23.7	57.8	11.9	39.9	27.2	0.0	32.2	40.8	4.7	0.5	0.0	283.0
1988	21.5	6.7	16.9	125.0	7.9	17.4	14.2	43.0	9.4	11.6	0.0	18.0	291.6

1989	16.1	13.2	10.5	8.4	33.8	0.0	51.1	14.3	88.9	0.0	72.2	0.0	308.5
1990	1.1	5.3	14.3	47.8	26.4	56.1	35.4	7.0	21.7	4.5	0.0	32.1	251.7
1991	7.3	63.4	4.3	9.5	173.0	8.1	43.9	71.5	47.3	7.2	2.2	0.0	437.7
1992	10.8	20.2	32.0	23.4	10.8	17.3	9.3	31.1	32.7	0.0	0.0	0.0	187.6
1993	15.3	2.5	17.7	22.8	42.7	23.0	0.0	27.2	0.0	0.0	0.0	0.0	151.2
1994	48.7	54.4	28.5	21.0	97.7	13.7	76.0	1.4	6.0	6.5	0.0	0.0	353.9
1995	8.0	32.0	4.0	13.6	14.6	42.6	7.7	31.1	21.4	13.0	0.0	0.0	188.0
1996	12.0	0.0	0.0	0.0	8.0	0.0	0.0	42.0	18.0	0.0	0.0	0.0	80.0
1997	43.0	32.0	62.3	43.5	19.8	43.2	10.8	33.1	126.0	5.0	5.1	0.0	423.8
1998	17.6	6.0	41.2	21.0	57.4	74.9	39.8	0.0	11.0	0.0	0.0	12.9	281.8
1999	15.2	16.1	16.6	38.9	0.0	3.6	0.0	1.0	9.1	1.6	0.0	0.0	102.1
2000	5.1	32.0	41.5	43.5	98.4	15.3	0.0	12.5	10.1	0.0	0.0	12.1	270.5
2001	27.4	0.3	21.9	19.3	36.3	25.7	14.5	11.3	0.0	0.0	0.0	8.7	165.4
2002	3.0	6.5	60.1	44.5	98.9	50.5	2.3	21.8	15.3	0.0	0.0	0.0	302.9
2003	0.0	29.8	25.3	59.0	36.2	23.0	37.2	43.8	90.0	0.0	0.0	0.0	344.3
2004	0.0	21.5	34.5	73.5	37.0	66.4	22.8	6.7	5.4	14.0	0.0	0.0	281.7
2005	16.5	49.0	31.0	42.9	83.2	69.2	31.5	15.0	43.7	0.0	15.2	0.0	397.2
2006	45.0	0.0	21.0	34.0	6.2	56.3	189.0	59.3	16.5	10.0	0.0	6.0	443.3
2007	49.5	38.7	66.6	15.0	19.0	21.0	51.3	0.0	55.8	5.0	5.5	0.0	327.4
2008	32.7	52.9	41.6	50.8	57.0	23.3	51.2	49.5	26.1	1.6	0.0	4.3	390.9
2009	83.7	25.9	54.1	36.1	45.9	93.6	48.2	6.7	27.8	4.6	0.0	31.2	457.8
2010	12.1	35.7	73.0	32.5	44.4	90.3	40.5	51.2	61.5	21.4	0.0	0.0	462.6
2011	2.8	62.2	65.3	31.3	16.1	72.4	86.0	73.4	43.2	1.6	0.0	0.0	454.3
2012	2.8	34.8	50.6	27.0	124.9	90.5	33.6	55.7	65.9	1.6	0.0	33.1	520.5
2013	15.2	0.0	56.2	33.0	49.5	32.8	76.6	1.0	5.4	33.2	0.0	0.0	302.8
Pluie moyenne mensuelle	22.23	28.00	37.12	40.35	46.41	43.15	44.67	32.38	32.38	8.27	3.04	6.03	

### III.4.3 Homogénéité de la série pluviométrique :

Pour vérifier l'homogénéité de la série pluviométrique, on procède au test de Wilcoxon ou test des rangs (le plus puissant des tests non paramétriques).

Ce test consiste à diviser la série pluviométrique d'origine en deux sous séries X et Y de telle sorte que N1 et N2 représentent respectivement la taille des deux sous séries précédentes, (généralement on prend  $N_2 > N_1$ ).

Nous allons par la suite classer les valeurs de la série pluviométrique d'origine par ordre croissant en prenant le soin d'attribuer pour chaque valeur son rang et le nom de la sous série à laquelle elle appartient.

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

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

$$T_q : \quad \mathbf{W_x} = \left| \text{Rang} \right|_x \quad \mathbf{W_x} : \text{Somme des rangs de sous-séries}$$

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

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

Les résultats du test d'homogénéité sont représentés dans le tableau 6 suivant :

Tableau 6 : test de wilcoxon

Rang	Série D'origine	Série – X	Série – Y	Série TRRi Croissant	Y u X	Rang
1	404.7	404.7	308.5	80	Y	
2	312.3	312.3	251.7	102.1	Y	
3	457.7	457.7	437.7	151.2	Y	
4	569.8	569.8	187.6	165.4	Y	
5	446.4	446.4	151.2	187.6	Y	
6	420.1	420.1	353.9	188	Y	
7	476.0	476.0	188.0	251.7	Y	
8	343.7	343.7	80.0	270.5	Y	
9	271.6	271.6	423.8	271.6	X	9
10	413.5	413.5	281.8	280.5	X	10
11	511.5	511.5	102.1	281.7	Y	
12	361.0	361.0	270.5	281.8	Y	
13	366.0	366.0	165.4	283	X	13
14	311.1	311.1	302.9	291.6	X	14
15	280.5	280.5	344.3	302.8	Y	
16	372.2	372.2	281.7	302.9	Y	
17	325.6	325.6	397.2	308.5	Y	
18	375.8	375.8	443.3	311.1	X	18
19	283.0	283.0	327.4	312.3	X	19
20	291.6	291.6	390.9	325.6	X	20
21	308.5		457.8	327.4	Y	
22	251.7		462.6	343.7	X	22
23	437.7		454.3	344.3	Y	
24	187.6		520.5	353.9	Y	
25	151.2		302.8	361	X	25

26	353.9			366	X	26
27	188.0			372.2	X	27
28	80.0			375.8	X	28
29	423.8			390.9	Y	
30	281.8			397.2	Y	
31	102.1			404.7	X	31
32	270.5			413.5	X	32
33	165.4			420.1	X	33
34	302.9			423.8	Y	
35	344.3			437.7	Y	
36	281.7			443.3	Y	
37	397.2			446.4	X	37
38	443.3			454.3	Y	
39	327.4			457.7	X	39
40	390.9			457.8	Y	
41	457.8			462.6	Y	
42	462.6			476	X	42
43	454.3			511.5	X	43
44	520.5			520.5	Y	
45	302.8			569.8	X	45
					$W_x$	533

D'après les calculs, nous avons :

$$W_x = 533$$

$$W_{\min} = 373.69$$

$$W_{\max} = 546.31$$

$$373.69 < W_x < 546.31$$

La condition de Wilcoxon est vérifiée. Il est donc possible de dire que la série des précipitations moyennes annuelles de la station EL OMARIA PEP homogène.

### III.4.4 Ajustement de la série pluviométrique :

Il existe plusieurs méthodes d'ajustement des séries pluviométriques, l'efficacité d'une méthode d'estimation dépend de :

- ✓ la loi de probabilité.
- ✓ la taille de l'échantillon.
- ✓ certaines caractéristiques de l'échantillon.

Les lois d'ajustement les plus souvent employées sont les suivantes

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

#### III.4.4.1 Ajustement des pluies annuelles à la loi normal :

Pour faire l'ajustement des pluies annuelles à la loi normale, on suit le procédé de calcul suivant :

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

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

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

Avec:

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

$U_{P\%}$ : variable réduit de Gauss.

$\bar{X}$  : Moyenne arithmétique.

$\delta$  : Écart type

Les résultats de l'ajustement de la série des pluies moyenne annuelles de la station El Omaria PEP obtenu par le logiciel HYFRAN sont répartis dans le tableau 7 ci-dessous :

Nombre d'observations n=45

Tableau 7 : ajustement des pluies à la loi normale

T	Q	XT	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)	
10000	0.9999	751	46.4	661	842
2000	0.9995	705	41.8	623	786
1000	0.999	683	39.6	605	760
200	0.995	626	34.2	559	693
100	0.99	599	31.7	537	661
50	0.98	569	29	512	626
20	0.95	524	25.2	475	574
10	0.9	484	22.2	441	528
5	0.8	436	19.1	399	474
3	0.6667	391	17.1	358	425
2	0.5	344	16.3	312	376
1.4286	0.3	287	17.4	252	321
1.25	0.2	252	19.1	214	289
1.1111	0.1	204	22.2	160	247
1.0526	0.05	164	25.2	114	213
1.0204	0.02	119	29	62.1	176
1.0101	0.01	89.1	31.7	27	151
1.005	0.005	61.8	34.2	-5.3	129
1.001	0.001	5.47	39.6	-72.2	83.1
1.0005	0.0005	-16.5	41.8	-98.3	65.4
1.0001	0.0001	-63.4	46.4	-154	27.6

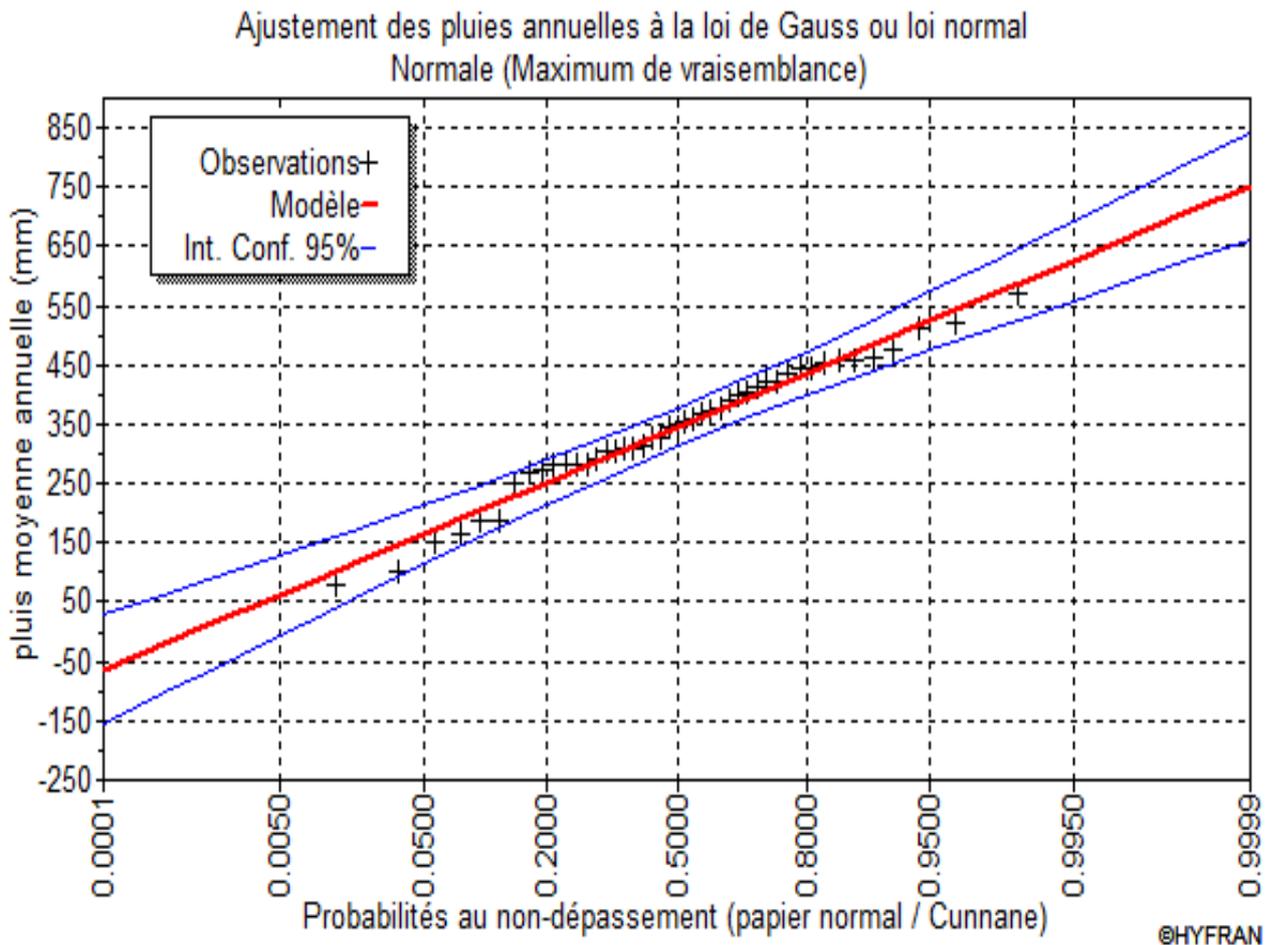


Figure 2: ajustement de pluie annuelle à une loi normal

**III.4.4.2 Ajustement des pluies annuelles à la Loi log-normale ou à la loi de Galton :**

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 :

Avec :

$$\ln(X_{p\%}) = \overline{\ln(X)} + \delta_{\ln} * U_{p\%} \dots \dots \dots (1)$$

$\ln$  : symbole de l'opérateur mathématique correspondant au logarithme népérien

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

$\overline{\ln(X)}$  : Moyenne arithmétique des logarithmes des précipitations observées.

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

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

$$\delta_{Ln} = \sqrt{\frac{1}{1-n} \sum_{i=1}^{i=n} [\text{Ln}(X_i) - \overline{\text{Ln}(X)}]^2} \quad \text{Si } n \geq 30 \dots \dots \dots (.3)$$

Up%: variable réduite de Gauss.

Les résultats de l'ajustement de la série des pluies moyennes annuelles de la station El Omaria PEP obtenu par le logiciel HYFRAN sont répartis dans le tableau 8 au dessous :

Nombre d'observations n=45

Tableau 8 : ajustement des pluies à la loi log-normal

T	Q	XT	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)	
10000	0.9999	1450	249	964	1940
2000	0.9995	1220	189	852	1590
1000	0.999	1130	165	803	1450
200	0.995	915	116	687	1140
100	0.99	827	96.9	637	1020
50	0.98	740	79.5	584	896
20	0.95	627	58.5	512	742
10	0.9	541	44.4	454	628
5	0.8	453	31.9	390	515
3	0.6667	383	24.2	336	431
2	0.5	322	19.4	284	360
1.4286	0.3	260	16.8	227	293
1.25	0.2	229	16.1	197	261
1.1111	0.1	192	15.7	161	222
1.0526	0.05	165	15.4	135	195
1.0204	0.02	140	15	111	170
1.0101	0.01	125	14.7	96.6	154

1.005	0.005	113	14.4	85.2	141
1.001	0.001	92	13.5	65.6	118
1.0005	0.0005	84.8	13.1	59.1	111
1.0001	0.0001	71.3	12.2	47.3	95.3

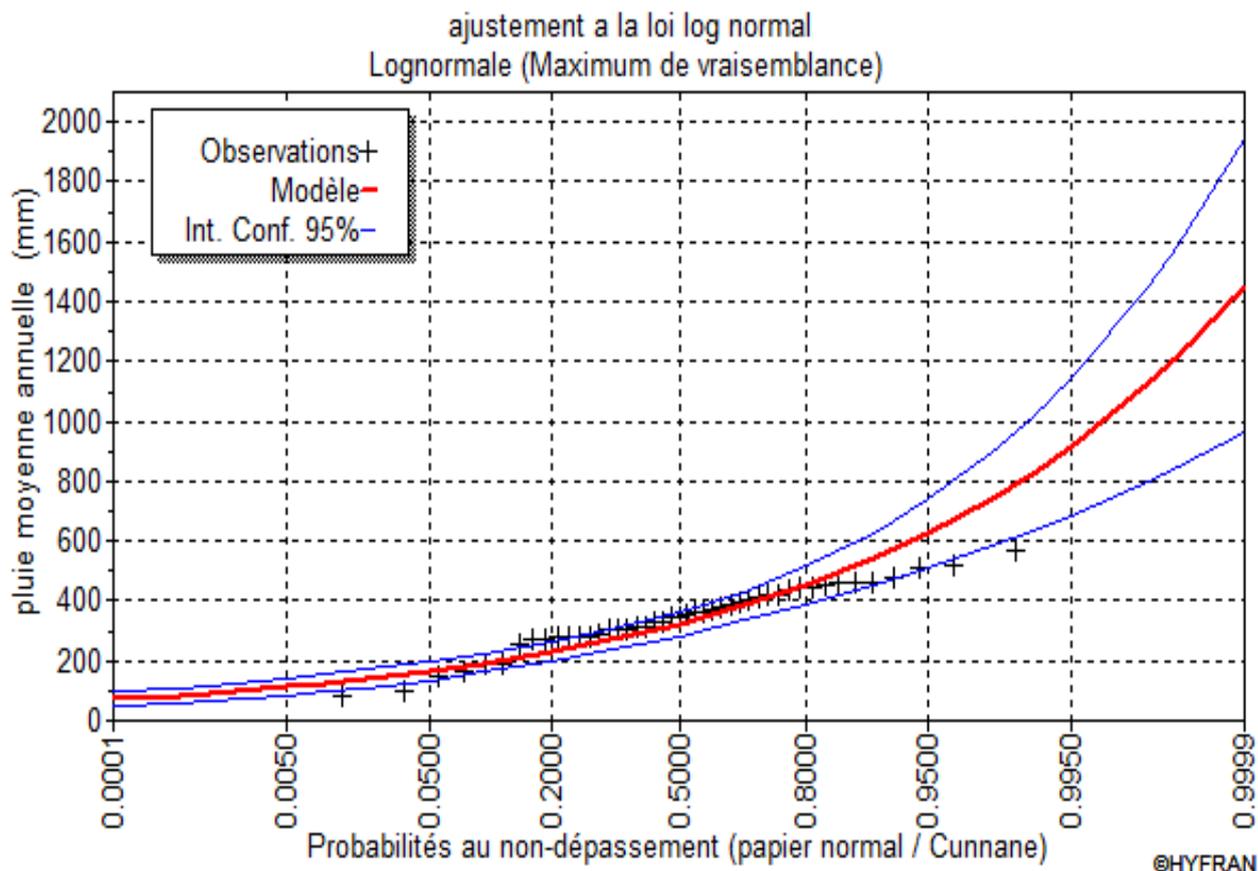


Figure 3 : ajustement de pluie annuelle à une loi log-normal

#### III.4.5 Test de validité de l'ajustement à la loi choisie :

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

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

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

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

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

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

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

Avec :

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

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

On calcule  $\chi^2$ .

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

On détermine  $\chi^2$  théorique sur la table de Pearson

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

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

#### III.4.5.1 Test de validité de l'ajustement à la loi Normale :

Le test de validité de Khi carrée pour l'ajustement à la loi Normale est fait par le logiciel **HYFRAN** donnée les résultats suivants :

$$\mathbf{X^2 = 8.40}$$

**Degré de liberté  $\gamma=6$**

**III.4.5.2 Test de validité de l'ajustement à la log-Normale :**

$$X^2 = 19.60$$

Degré de liberté  $\gamma=6$ .

**Interprétation des résultats :**

Après examen des ajustements obtenus, il ressort que la loi normale ajuste mieux la série des pluies annuelles à la station d'El Omaria PEP.

**III-5 Détermination de l'année de calcul :**

La Détermination de l'année de calcul a pour but de connaître la quantité de pluie qui peut être utilisée par la plante; elle est une fraction de la pluie efficace (pluie de probabilité 80%), (de l'année de calcul de P80%).

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

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

Avec :

i : mois.

D'après le tableau 7 : ajustement des pluies à la loi normal on a trouvé que :

$$P_{\text{théoann } 80\%} = 252\text{mm.}$$

$$P_{\text{théoann } 50\%} = 344\text{mm.}$$

Le tableau 9 résume les résultats de  $P_{i, 80\%}$  de chaque mois

Tableau 9 : Précipitation moyenne mensuelle de l'année de calcul

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mar	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout
$P_{i \text{ moy}}$ (mm)	22.23	28.00	37.12	40.35	46.41	43.15	44.67	32.38	32.38	8.27	3.04	6.03
$P_{i, 80\%}$ (mm)	16.28	20.51	27.19	29.56	34.00	31.61	32.72	23.72	23.72	6.06	2.23	4.42

**III-6 Conclusion :**

A partir de ce chapitre, nous avons étudié la problématique des ressources en eau de notre zone d'étude.

Pour ce qui est de l'alimentation en eau, le périmètre sera irrigué à partir du barrage Ladrat.

Pour ce qui est de la qualité de l'eau d'irrigation, les analyses physico-chimiques ont révélé qu'elle est bonne et acceptable à l'irrigation.

Quant à l'ajustement des séries des pluies moyennes annuelles, il faut signaler que le test de Khi carré a montré un ajustement meilleur avec la loi normale. A partir de cette loi, nous avons déterminé les pluies mensuelles de l'année de calcul nécessaire au dimensionnement de notre périmètre.

## CHAPITRE IV : Evaluation des besoins en eau des cultures

### IV.1 Introduction :

L'étude des besoins en eau est une étape primordiale dans l'établissement d'un projet d'irrigation. Ces besoins doivent être minutieusement calculés, car c'est à partir de ces résultats que les dimensionnements du bassin et des réseaux vont se baser.

Les besoins en eau des cultures seront définis sur la base d'informations définies auparavant, conditionnant la conception de notre projet tels que : les conditions climatiques, systèmes agronomiques, le stock d'eau et la capacité de stockage du sol ainsi que la fertilité des sols.

### IV.2 Occupation du sol du périmètre :

La majorité de surface agricole utilisable est occupée par des cultures maraîchères (tomate, oignon, carotte,...etc). Les maraîchères sont conduites d'une manière extensives. Les rendements demeurent irréguliers car ils sont tributaires des quantités et de la répartition des précipitations enregistrées. L'arboriculture est représentée par quelques pommiers, ainsi que les fourrages et les céréalières sont inexistant. La prolifération des cultures citées sont principalement dues aux capacités et à la nature du sol.

Tableau 1 : Répartition des superficies par type de culture

Cultures	Superficie	En Sec	En irrigué
Maraîchage sous serre	35	00	35
Maraîchage plein champ en irrigué	280	00	280
Maraîchage plein champ en sec	105	105	00
Arboriculture	60	00	60
Total	480	105	375

### **IV.3 Rotation et Assolement :**

L'assolement consiste en la rotation de cultures différentes sur une même parcelle de terre, de telle sorte que l'on évite qu'une même variété de plantes soit cultivée deux fois sur un même emplacement.

La pratique d'un assolement adéquat est une aide précieuse pour éviter l'épuisement rapide du sol.

#### **IV.3.1 Choix des cultures à mettre en place :**

Pour les affectations des cultures aux sols adéquats, nous nous sommes référés aux études de la pédologie à fin de pouvoir choisir un certain nombre de cultures à mettre en place. Ce choix a été fait sous une contrainte :

✓ Choisir le maximum de cultures (familles et espèces) qui correspondent le mieux aux réalités des exploitations agricoles.

Dans ces conditions, le choix des cultures ne pourrait être que l'aboutissement d'un consensus qui nous a permis de ne pas tronquer l'information dans les affectations des cultures aux sols en simplifiant outre mesure, et en évitant une pléthore d'information qui aurait rendu les affectations du sol illisibles.

##### **a. Les cultures maraîchères :**

Les cultures maraîchages sont les principales productions du périmètre étudié. Les cultures maraîchères retenues sont : tomate, oignon, ail, petit pois, carotte...etc.

##### **b. L'arboriculture :**

Les arboricultures représentées par une seule production du périmètre étudié. L'arboriculture retenue est représentée par des pommiers.

**IV.4 Répartition des surfaces en fonction de l'assolement proposé :****IV.4.1 Les cultures de plein champ en irrigué :**

L'assolement proposé est de type triennal avec occupation par 03 différentes familles.

Tableau 2 : L'assolement triennal des cultures en plein champ en irriguées :

SOLE I		SOLE II		SOLE II	
Cultures	Superficie (Ha)	Cultures	Superficie (Ha)	Cultures	Superficie (Ha)
P. de terre S	80	Petit pois	90	Carotte (AS)	100
P. de terre AS	80	Tomate (S)	100	Ail	80
Piment/poivron AS	50	Oignon sec	90	Courgette	100
Tomate (AS)	70				
Total	280		280		280

*N/B* : (s) : saison a/s : arrière saison

**IV.4.2 Les cultures de plein champ en sec :**

L'assolement proposé est du type biennal avec occupation par 02 différentes familles.

Tableau 3 : L'assolement biennal des cultures en plein champ en sec

SOLE I		SOLE II	
Cultures	Superficie (Ha)	Cultures	Superficie (Ha)
Pomme de terre (p)	50	Carotte (AS)	37.5
Petit pois (p)	25	Courgette	37.5
Oignon sec	30	Piment saison	30
Total	105		105

*N/B* : (P) : primaire

**IV.4.3 Les cultures sous serres :**

L'assolement proposé est de type biennal avec occupation par 02 différentes familles

Tableau 4 : L'assolement biennal des cultures sous serres

SOLE I		SOLE II	
Culture	Superficie (Ha)	Culture	Superficie (Ha)
Courgette	20	Tomate	35
Piment/Poivron	15		
Total	35		35

**IV.4.4 Arboriculture :**

La superficie consacrée à l'arboriculture étant de 60 Ha, dont :

- ✓ Pommiers : 60 Ha.

**IV.5 Cycle végétatif des cultures :**

Pour le calcul des besoins en eau des cultures, il est impératif de déterminer le cycle végétatif des différentes cultures. Ce cycle est résumé sur le tableau 5 ci-dessous :

Tableau 5 : Cycle végétatif des cultures

Cultures/Mois	Oct	Nov	Déc	Jan	Fer	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aout	Spt
P. terre (S)					←					→		
P. terre (AS)	→											←
Oignon sec				←								→
Ail								←				→
Piment	→									←		→
Poivron (AS)	→									←		→
Tomate (S)						←						→
Tomate (AS)	→									←		→
Carotte (AS)	→											←
Courgette							←					→
Petit pois			←							→		
Pommier	←											→

## **IV.6 Besoin en eau du périmètre :**

### **IV.6.1 Besoins en eau des cultures :**

Les besoins en eau des cultures sont définis comme étant la quantité d'eau totale utilisée par cette culture (par une plante au cours de son cycle végétatif). Cette quantité comprend aussi les apports naturels (pluie, réserve du sol).

Pour déterminer l'évapotranspiration de la culture ( $ET_C$ ), on utilise l'évapotranspiration de référence ( $ET_0$ ) d'une culture de référence conduite dans des conditions de référence, de telle sorte que le taux d'évapotranspiration (mm/j) représente les conditions climatiques locales.

### **IV.6.2 L'évapotranspiration (E T) :**

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

- Utilisés par les plantes (eau de constitution, eau de végétation). Le phénomène biologique par lequel les plantes absorbent une quantité d'eau du sol qui est restituée partiellement sous forme de vapeur par la surface des feuilles s'appelle transpiration (Ollier et Poirée).
- Evaporés par la surface du sol, par la transformation de l'état de l'eau en vapeur (phénomène d'évaporation).

### **IV.6.3 L'évapotranspiration potentielle (ETP) :**

Elle correspond à la double hypothèse du maintien du taux d'humidité du sol à une valeur très voisine de sa capacité de rétention, et d'un développement végétatif optimum.

ETP est l'évaporation maximale que nous pouvons avoir avec des conditions optimales en admettant que le sol reste constamment humide.

### **IV.6.4 Calcul de l'évapotranspiration potentielle (E T P) :**

Le calcul de l'évapotranspiration potentielle, ce fait à partir des stations météorologiques (méthodes directes), ou à partir des données climatiques disponibles à partir des méthodes empiriques.

Pour cela, nous utiliserons les méthodes empiriques suivantes :

- a- Formule de Thornthwaite (1948)
- b- Formule de Penman
- c- Formule de Blaney- Criddle (1959)
- d- Formule de Turc (1960)
- e- Formule de Bouchet (1971).

### Définitions :

#### a. Formule de Thornthwaite 1948 :

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

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

Où :

- |  |                                       |
|--|---------------------------------------|
| t : est la température moyenne mensuelle ( $^{\circ}\text{C}$ ), | I : indice thermique annuel.          |
| a: l'indice thermique mensuel                                    | K : coefficient d'ajustement mensuel. |

#### b. Formule de Penman :

La méthode utilisée pour calculer les valeurs de l'évapotranspiration de référence  $ET_0$  est celle qui est exposée dans les bulletins **FAO** série « d'irrigation et drainage N° 24 des besoins en eau des cultures ».

$$ET_0 = C [W \times Rn + (1 - W) \times f(u) \times (E_a - E_d)]$$

Avec :

$ET_0$  : l'évapotranspiration de référence (mm/jour).

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

Rn : rayonnement net évaporation équivalente exprimé en mm/j.

F (u) : fonction liée au vent.

$E_a$  : tension de vapeur saturante à la température moyenne de l'air en millibars,

$E_d$  : tension de vapeur réelle moyenne de l'air en millibars,

$(E_a - E_d)$  : constitue le facteur de correction, afin de compenser les conditions météorologiques diurnes et nocturnes.

**c. Formule de Blaney- Criddle 1959:**

Elle utilise des paramètres facilement accessibles, et introduit des coefficients culturaux susceptibles d'ajustement aux données locales éventuelles. Le facteur  $f$  (en mm) de cette formule s'exprime comme suit :

$$f = (0,46 \times T + 8,13) \times P$$

Où :

T : (°C) est la température moyenne

P : le pourcentage de la durée d'éclairement pendant la période considérée.

**d. Formule de Turc 1960 basée sur la température et le rayonnement :**

Pour le calcul de ETP mensuelles, nous pouvons utiliser formule de Turc donnée par :

$$ETP = 0,40 \times (I_g + 50) \times \frac{t}{(t + 15)} K$$

Avec :

ETP : Evapotranspiration mensuelle (mm).

T : Température moyenne mensuelle (°C).

$I_g$  : Radiation globale mensuelle (cal/cm<sup>2</sup>/jour)

La détermination de l'évapotranspiration de référence a été réalisée en se basant sur la formule de Penman-Monteith modifiée, avec le logiciel CROPWAT. Pour le calcul, nous avons introduit les données mensuelles de la station météorologique de BENI SLIMANE :

- Température : Les températures minimales et maximales mensuelles.
- Humidité de l'air : l'humidité relative de l'air exprimée en pourcentage (%).
- Insolation journalière : donnée en heures d'insolation.
- Vitesse du vent : La vitesse du vent peut être introduite en km/jour.

L'application numérique des formules énoncées auparavant est présentée par le tableau 6 suivant :

Tableau 6:Evapotranspiration de référence ET0 de Penman et Monteith :

MOIS	T <sup>re</sup> Min	T <sup>re</sup> Max	Humidité	Vent	Insolation	Radiation	ET0	ET0
	°C	°C	%	m/s	Heures	MJ/m <sup>2</sup> /jour	Mm/jour	Mm/mois
Janvier	3.4	13.2	78	3.5	6.5	10.1	1.59	47.74
Février	3.4	14.6	74	3.2	7	13	2.13	59.64
Mars	5.1	18	70	3.6	7.5	16.5	3.19	98.89
Avril	7	20.2	68	3.9	7.5	19.3	4.03	120.9
Mai	10.8	25.9	64	3.4	8	21.5	5.26	163.06
Juin	15.4	32	54	3.3	11	26.3	7.23	216.9
Juillet	17.9	36.1	46	3	10	24.6	7.78	241.18
Août	18.8	36.4	50	2.9	9.5	22.6	7.18	241.18
Septembre	15.3	30	62	3.1	8	18.1	5.09	152.7
Octobre	11.4	24.8	69	3.1	7	13.9	3.46	107.26
Novembre	7	18.8	78	3.4	7	11.2	2.14	64.2
Décembre	4.3	14.1	74	3.4	6	9	1.66	51.46
Moyenne	10	23.7	66	3.32	7.9	17.2	4.23	130.43

#### IV.7 Calcul des besoins en eau des cultures (l'ETM) :

##### IV.7.1 L'évapotranspiration maximale de culture (ETM) :

La formule appliquée est la suivante :

$$ETM = Kc \times ET_0 \quad (\text{mm /jour})$$

Avec :

Kc : coefficient cultural.

ET<sub>0</sub> : évapotranspiration de référence, c'est l'ETP calculé par la méthode Penman.

Les valeurs des Kc sont tirées du bulletin d'irrigation drainage de la FAO N° 24.

Le ministère des ressources en eau a établi un document intitulé "plan national de l'eau secteur de développement agricole et irrigation" pour différents bassins versants. Ce document fait référence au même bulletin pour les coefficients culturaux utilisés.

### IV.7.2 Calcul des besoins d'eau d'irrigation :

Ils sont évalués comme suit :

$$B_{\text{nets}} = \text{ETP} \times K_c - (P_{\text{eff}} + \text{RFU})$$

Où :

ETP : évapotranspiration,

$K_c$  : coefficient cultural,

$P_{\text{eff}}$  : Pluies efficaces,

RFU : est la réserve en eau facilement utilisable par la plante.

### IV.7.3 Calcul de la pluie efficace :

La pluie efficace est définie comme étant la fraction des pluies disponibles aux plantes après élimination des pertes par percolation et évapotranspiration. C'est la pluie effectivement retenue dans la zone racinaire.

Il est difficile d'évaluer les pluies efficaces sans avoir recours à des mesures effectuées pendant de longues périodes sur différents endroits. Par conséquent, en l'absence de telles données, nous utiliserons couramment des méthodes expérimentales, cas de la méthode proposée et recommandée par la FAO adoptée pour notre projet.

$$P_{\text{eff}} = P_{\text{moy}} \cdot C \quad \text{Pour : } P_{\text{moy}} < 70 \text{ mm/mois,}$$

$$P_{\text{eff}} = 0,8 \times P_{\text{moy}} - 25 \quad \text{Pour : } P_{\text{moy}} > 70 \text{ mm/mois,}$$

Cette formule a été développée à partir de données de zones arides et semi- arides.

Avec :

$P_{\text{eff}}$  : pluie annuelle efficace en (mm/mois).

$P_{\text{moy}}$  : pluie moyennes en (mm/mois).

On prend  $C=0.8$

Les résultats don le tableau 7 suivant :

Tableau 7 : représente les valeurs de pluie efficace :

Mois	Jan	fév.	Mar	Avril	Mai	juin	juil	aout	sept	Oct	nov	Dec
pluie eff(mm)	37.13	34.52	35.74	25.9	25.9	6.62	2.43	4.82	17.78	22.4	29.7	32.28

#### IV.7.4 Calcul de la réserve facilement utilisable (RFU) :

La réserve utile (RU) est la quantité totale d'eau du sol utilisable par une culture. Elle dépend de la nature du sol, mais aussi de la profondeur du sol colonisée par les racines et de la charge en cailloux.

Mais les plantes ayant d'autant plus de mal à extraire l'eau que l'humidité s'approche du point de flétrissement, on nomme Réserve Facilement Utilisable (RFU).

La réserve facilement utilisable (RFU) par la plante, qui varie de 1/2 à 2/3 de la (RU).

La R.F.U. varie et dépend essentiellement de :

- L'humidité du sol,
- La densité apparente,
- La profondeur du sol exploré par les racines de la plante,
- Le pourcentage de terre fine, la texture et la structure du sol,

La formule de RFU s'exprime comme suit :

$$R.F.U = (H_r - H_{pf}) * d_a * Z * Y$$

Avec :

$H_r$  ou  $H_{cc}$  : humidité au point de rétention.

$H_{pf}$  : humidité au point de flétrissement.

$d_a$  : est la densité apparente du sol

$Y =$  degré de tarissement admis des cultures = 2/3

$Z$  : profondeur d'enracinement mm.

**IV.7.5 Calcul des besoins nets ( $B_{net}$ ) :**

Il est exprimé par mm/jour et est égal à ETM suivant le modèle, la méthode d'irrigation et la zone.

**IV.7.6 Calcul des besoins bruts ( $B_{brut}$ ) :**

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

La formule employée est :

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

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

$$R_p = E \times \frac{C_u}{100}$$

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

$C_u$  : coefficient d'uniformité.

L'efficacité d'irrigation est définie par le rapport entre le besoin d'eau strictement nécessaire à la culture et le volume d'eau à introduire dans le réseau d'irrigation. La différence entre les deux volumes indique les pertes.

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

Dans notre cas, on a considéré une efficacité globale, produite entre les trois efficacités décrites ci-dessus, et qui est égale à 0,75.

Tableau 8 : Besoins en eau d'irrigation de Pomme de terre (S) :

Pomme de terre (S)													
	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	MAX
<b>ET0</b>	152.7	107.26	64.2	51.46	47.74	59.64	98.89	120.9	163.06	216.9	241.18	241.18	
<b>K<sub>c</sub></b>						0.75	0.95	0.95	0.7	0.5			
<b>ETM/p,d</b>						44.73	93.9455	114.855	114.142	108.45			
<b>Pluie (mm)</b>	22.23	28	37.12	40.35	46.41	43.15	44.67	32.38	32.38	8.27	3.04	6.03	
<b>Peff (mm)</b>	17.78	22.40	29.70	32.28	37.13	34.52	35.74	25.90	25.90	6.62	2.43	4.82	
<b>Peff-ETM_p,d(mm)</b>	17.78	22.40	29.70	32.28	37.13	-10.21	-58.21	-88.95	-88.24	-101.83	2.43	4.82	
<b>H (M)</b>						200	400	600	600	600			
<b>RFU_p,d(mm)</b>						44.669	89.338	134.006	134.006	134.006			
<b>RFU_REELLE(mm)</b>						44.669	89.338	67.003	44.669	0.000			
<b>beoisn_net (mm)</b>						0.000	0.000	21.948	43.569	101.834			101.834
<b>beoisn_brute (mm)</b>						0.000	0.000	29.264	58.092	135.779			
<b>besoi_brut (m3)</b>						0.000	0.000	292.637	580.923	1357.787			2231.347
<b>deb_speci_l/s/ha</b>						0.000	0.000	0.113	0.224	0.524			0.524

Tableau 9 : Besoins en eau d'irrigation de pomme de terre (AS):

Pomme de terre (AS)													
	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	MAX
ET0	152.7	107.26	64.2	51.46	47.74	59.64	98.89	120.9	163.06	216.9	241.18	241.18	
K <sub>c</sub>	0.95	0.9	0.75	0.6								0.75	
ETM/p,d	145.07	96.53	48.15	30.88								180.89	
Pluie (mm)	22.23	28	37.12	40.35	46.41	43.15	44.67	32.38	32.38	8.27	3.04	6.03	
Pe <sub>eff</sub>	17.78	22.40	29.70	32.28	37.13	34.52	35.74	25.90	25.90	6.62	2.43	4.82	
Pe <sub>eff</sub> -ETM_p,d	-127.28	-74.13	-18.45	1.40	37.13	34.52	35.74	25.90	25.90	6.62	2.43	-176.06	
H (M)	400	500	500	500								300	
RFU_p,d	89.338	111.672	111.672	111.672								67.003	
RFU_REELLE	0.000	37.224	55.836	111.672								0.000	
beoisn_net (mm)	127.281	0.000	0.000	0.000								109.058	127.281
beoisn_brute (mm)	169.708	0.000	0.000	0.000								145.410	
besoi_brut (m3)	1697.080	0.000	0.000	0.000								1454.104	3151.184
deb_speci_l/s/ha	0.655	0.000	0.000	0.000								0.561	0.655

Tableau 10 : Besoins en eau d'irrigation de carotte:

<b>CAROTTE (AS)</b>													
	<b>Sept</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Déc</b>	<b>Jan</b>	<b>Fév</b>	<b>Mars</b>	<b>Avril</b>	<b>Mai</b>	<b>Juin</b>	<b>Juillet</b>	<b>Août</b>	<b>MAX</b>
<b>ET0</b>	152.7	107.26	64.2	51.46	47.74	59.64	98.89	120.9	163.06	216.9	241.18	241.18	
<b>Kc</b>	0.8	1	1.1	0.75									
<b>ETM/C</b>	122.16	107.26	70.62	38.595									
<b>Pluie (mm)</b>	22.23	28	37.12	40.35	46.41	43.15	44.67	32.38	32.38	8.27	3.04	6.03	
<b>Peff</b>	17.78	22.40	29.70	32.28	37.13	34.52	35.74	25.90	25.90	6.62	2.43	4.82	
<b>Peff-ETM_C</b>	-104.38	-84.86	-40.92	-6.32	37.13	34.52	35.74	25.90	25.90	6.62	2.43	4.82	
<b>H (M)</b>	200	400	500	600									
<b>RFU_C</b>	44.7	89.3	111.7	134.0									
<b>RFU_REELLE</b>	0.0	29.8	55.8	134.0									
<b>beoism_net (mm)</b>	104.38	55.08	0.00	0.00									104.38
<b>beoism_brute (mm)</b>	139.17	73.44	0.00	0.00									
<b>besoi_brut (m3)</b>	1391.68	734.41	0.00	0.00									2126.09
<b>deb_speci_l/s/ha</b>	0.537	0.283	0.000	0.000									0.537

Tableau 11 : Besoins en eau d'irrigation de tomate:

Tomate													
	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	MAX
ET0	152.7	107.26	64.2	51.46	47.74	59.64	98.89	120.9	163.06	216.9	241.18	241.18	
Kc							0.5	0.8	1.05	0.75			
ETM/T							49.445	96.72	171.213	162.675			
Pluie (mm)	22.23	28	37.12	40.35	46.41	43.15	44.67	32.38	32.38	8.27	3.04	6.03	
Peff	17.78	22.40	29.70	32.28	37.13	34.52	35.74	25.90	25.90	6.62	2.43	4.82	
Peff-ETM_T	17.784	22.4	29.696	32.28	37.128	34.52	-13.709	-70.816	-145.309	-156.059	2.432	4.824	
H (M)							200	700	1000	1000.0			
RFU_T							44.669	156.341	223.344	223.344			
RFU_REELLE							44.669	78.170	74.448	0.000			
beoisn_net (mm)							0.000	0.000	70.861	156.059			156.059
beoisn_brute (mm)							0.000	0.000	94.481	208.079			
besoi_brut (m3)							0.000	0.000	944.813	2080.787			3025.600
deb_speci_l/s/ha							0.000	0.000	0.365	0.803			0.803

Tableau 12 : Besoins en eau d'irrigation d'oignon sec

<b>OIGNON SEC</b>													
	<b>Sept</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Déc</b>	<b>Jan</b>	<b>Fév</b>	<b>Mars</b>	<b>Avril</b>	<b>Mai</b>	<b>Juin</b>	<b>Juillet</b>	<b>Août</b>	<b>MAX</b>
<b>ET0</b>	152.7	107.26	64.2	51.46	47.74	59.64	98.89	120.9	163.06	216.9	241.18	241.18	
<b>Kc</b>					1	1.05	1.05	1.05	1	0.85			
<b>ETM/O</b>					47.74	62.62	103.83	126.95	163.06	184.37			
<b>Pluie (mm)</b>	22.23	28	37.12	40.35	46.41	43.15	44.67	32.38	32.38	8.27	3.04	6.03	
<b>Peff</b>	17.78	22.40	29.70	32.28	37.13	34.52	35.74	25.90	25.90	6.62	2.43	4.82	
<b>Peff-ETM_O</b>	17.78	22.40	29.70	32.28	-10.61	-28.10	-68.10	-101.04	-137.16	-177.75	2.43	4.82	
<b>H (M)</b>					300	300	400	500	600	600			
<b>RFU_O</b>					67.003	67.003	89.338	111.672	134.006	134.006			
<b>RFU_REELLE</b>					67.003	67.003	89.338	55.836	44.669	0.000			
<b>beoism_net (mm)</b>					0.000	0.000	0.000	45.205	92.487	177.749			177.749
<b>beoism_brute (mm)</b>					0.000	0.000	0.000	60.273	123.316	236.999			
<b>besoi_brut (m3)</b>					0.000	0.000	0.000	602.733	1233.163	2369.987			4205.883
<b>deb_speci_l/s/ha</b>					0.000	0.000	0.000	0.233	0.476	0.914			0.914

Tableau 13 : Besoins en eau d'irrigation de l'ail:

Ail													
	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	MAX
<b>ET0</b>	152.7	107.26	64.2	51.46	47.74	59.64	98.89	120.9	163.06	216.9	241.18	241.18	
<b>Kc</b>									1	1.05	1.05	0.85	
<b>ETM/A</b>									163.06	227.745	253.239	205.003	
<b>Pluie (mm)</b>	22.23	28	37.12	40.35	46.41	43.15	44.67	32.38	32.38	8.27	3.04	6.03	
<b>Peff</b>	17.78	22.40	29.70	32.28	37.13	34.52	35.74	25.90	25.90	6.62	2.43	4.82	
<b>Peff-ETM_A</b>	17.78	22.40	29.70	32.28	37.13	34.52	35.74	25.90	-137.16	-221.13	-250.81	-200.18	
<b>H (M)</b>									100	200	300	350	
<b>RFU_A</b>									22.334	44.669	67.003	78.170	
<b>RFU_REELLE</b>									7.445	0.000	0.000	0.000	
<b>beoism_net (mm)</b>									129.711	221.129	250.807	200.179	250.807
<b>beoism_brute (mm)</b>									172.948	294.839	334.409	266.905	
<b>besoi_brut (m3)</b>									1729.483	2948.387	3344.093	2669.053	10691.016
<b>deb_speci_l/s/ha</b>									0.667	1.137	1.290	1.030	1.290

Tableau 14 : Besoins en eau d'irrigation de piment/poivron:

<b>piment/poivron</b>													
	<b>Sept</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Déc</b>	<b>Jan</b>	<b>Fév</b>	<b>Mars</b>	<b>Avril</b>	<b>Mai</b>	<b>Juin</b>	<b>Juillet</b>	<b>Août</b>	<b>MAX</b>
<b>ET0</b>	152.7	107.26	64.2	51.46	47.74	59.64	98.89	120.9	163.06	216.9	241.18	241.18	
<b>Kc</b>	1.45	1	0.85							1.05	1.05	1.35	
<b>ETM/P,P</b>	221.415	107.26	54.57							227.745	253.239	325.593	
<b>Pluie (mm)</b>	22.23	28	37.12	40.35	46.41	43.15	44.67	32.38	32.38	8.27	3.04	6.03	
<b>Peff</b>	17.78	22.4	29.70	32.28	37.13	34.52	35.74	25.90	25.90	6.62	2.43	4.82	
<b>Peff-ETM /P,P</b>	-203.63	-84.86	-24.87	32.28	37.13	34.52	35.74	25.90	25.90	-221.13	-250.81	-320.77	
<b>H (M)</b>	800	900	1000							400	600	700	
<b>RFU_P,P</b>	178.675	201.010	223.344							89.338	134.006	156.341	
<b>RFU_REELLE</b>	0.000	67.003	111.672							0.000	0.000	0.000	
<b>beoisn_net (mm)</b>	203.631	17.857	0.000							221.129	250.807	320.769	320.769
<b>beoisn_brute (mm)</b>	271.508	23.809	0.000							294.839	334.409	427.692	
<b>besoi_brut (m3)</b>	2715.080	238.091	0.000							2948.387	3344.093	4276.920	13522.571
<b>deb_speci_l/s/ha</b>	1.047	0.092	0.000							1.137	1.290	1.650	1.650

Tableau 15 : Besoins en eau d'irrigation de petit pois

petit pois													
	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	MAX
<b>ET0</b>	152.7	107.26	64.2	51.46	47.74	59.64	98.89	120.9	163.06	216.9	241.18	241.18	
<b>Kc</b>				0.95	1.2	1.4	1.4	2.15					
<b>ETM/P,p</b>				48.887	57.288	83.496	138.446	259.935					
<b>Pluie (mm)</b>	22.23	28	37.12	40.35	46.41	43.15	44.67	32.38	32.38	8.27	3.04	6.03	
<b>Peff</b>	17.784	22.4	29.696	32.28	37.128	34.52	35.736	25.904	25.904	6.616	2.432	4.824	
<b>Peff-ETM/P,p</b>	17.78	22.40	29.70	-16.61	-20.16	-48.98	-102.71	-234.03	25.90	6.62	2.43	4.82	
<b>H (M)</b>				500	700	800	1000	1200					
<b>RFU_P,p</b>				111.672	156.341	178.675	223.344	268.013					
<b>RFU_REELLE</b>				111.672	156.341	178.675	223.344	134.006					
<b>beoism_net (mm)</b>				0.000	0.000	0.000	0.000	100.025					100.025
<b>beoism_brute (mm)</b>				0.000	0.000	0.000	0.000	133.366					
<b>besoi_brut (m3)</b>				0.000	0.000	0.000	0.000	1333.661					1333.661
<b>deb_speci_l/s/ha</b>				0.000	0.000	0.000	0.000	0.515					0.515

Tableau 16 : Besoins en eau d'irrigation des pommiers:

<b>POMMIER</b>													
	<b>Sept</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Déc</b>	<b>Jan</b>	<b>Fév</b>	<b>Mars</b>	<b>Avril</b>	<b>Mai</b>	<b>Juin</b>	<b>Juillet</b>	<b>Août</b>	<b>MAX</b>
<b>ET0</b>	152.7	107.26	64.2	51.46	47.74	59.64	98.89	120.9	163.06	216.9	241.18	241.18	
<b>Kc</b>	0.8	0.7	0.7	0.6	0.5	0.6	0.7	0.75	0.8	0.9	0.9	0.9	
<b>ETM/pommier</b>	122.16	75.08	44.94	30.88	23.87	35.78	69.22	90.68	130.45	195.21	217.06	217.06	
<b>Pluie (mm)</b>	22.23	28	37.12	40.35	46.41	43.15	44.67	32.38	32.38	8.27	3.04	6.03	
<b>Peff</b>	17.78	22.40	29.70	32.28	37.13	34.52	35.74	25.90	25.90	6.62	2.43	4.82	
<b>Peff-ETM_pommier</b>	-104.38	-52.68	-15.24	1.40	13.26	-1.26	-33.49	-64.77	-104.54	-188.59	-214.63	-212.24	
<b>RFU_max</b>	268.01	268.01	268.01	268.01	268.01	268.01	268.01	268.01	268.01	268.01	268.01	268.01	
<b>RFU_pommier</b>	0.00	89.34	134.01	268.01	268.01	268.01	268.01	134.01	89.34	0.00	0.00	0.00	
<b>beoisn_net (mm)</b>	104.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.21	188.59	214.63	212.24	214.63
<b>beoisn_brute</b>	139.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.28	251.46	286.17	282.98	
<b>besoi_brut (m3)</b>	1391.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	202.75	2514.59	2861.73	2829.84	9800.59
<b>deb_speci_the_l/s/ha</b>	0.537	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.078	0.970	1.104	1.092	1.104

## IV.8 Calcul des débits :

### IV.8.1 Calcul des débits Spécifiques :

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

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

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

**T** : Temps d'irrigation par jour ;

**t** : Nombre de jours du mois d'irrigation, exprimée en jour ; égale à 30 J

**K** : Coefficient d'efficience globale du système d'irrigation  $\approx 0.75$

On choisit le maximum des besoins nets mensuels pour calculer le débit spécifique :

Tableau 17 : Donnée sur les résultats des besoins nets (mm) de la culture

Culture	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août
<b>P. terre(S)</b>	0	0	0	0	0	0	0	21.947	21.234	101.834	0	0
<b>P. terre (AS)</b>	127.281	0	0	0								109.058
<b>Carotte</b>	104.38	55.08	0	0								
<b>Tomate</b>							0	0	70.861	156.059		
<b>Oignon sec</b>					0	0	0	45.205	92.487	177.749		
<b>Ail</b>									129.711	221.129	250.807	200.179
<b>Piment/poivron</b>	203.631	17.857	0							221.129	250.807	320.769
<b>Petit Pois</b>				0	0	0	0	100.025				
<b>Pommier</b>	104.38	0	0	0	0	0	0	0	15.21	188.59	214.63	212.24
<b>Total</b>	539.672	72.937	0	0	0	0	0	167.177	329.503	1066.49	716.244	842.246

D'après le tableau précédent nous avons :

Besoin maximal mensuel = 1066.49 mm.

$Q_{sp} = (\text{besoin max} * 10 * 1000) / (3600 * \text{Nombre de jour} * \text{Nombre heure} * \text{efficience}).$

$Q_{sp} = \mathbf{6.58 \text{ (l/s /Ha)}}.$

Ce débit est important (supérieur à 1.5), ce qui risque d'aboutir à un surdimensionnement du réseau. On choisit le débit spécifique de la culture la plus exigeante, qui dans notre cas, est celui

Ail il est égal à :

$Q_{s \text{ ail}} = \mathbf{1.29 \text{ (l/s /Ha)}}$

### **IV.8.2 Débit caractéristique :**

C'est le débit maximum que peut assurer le réseau d'irrigation. Il est égal à:

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

Surface totale = 480.00 ha

$Q_{\text{caractéristique}} = \mathbf{619.2 \text{ l/s}}$

### **IV.8.3 Débit de réseau :**

$Q_{\text{de réseau}} = Q_{\text{car}} * 3600 / 1000$

$Q_{\text{de réseau}} = \mathbf{2229.12 \text{ m}^3/\text{h}}$

**IV.9 Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons proposé un assolement des cultures. Nous avons ainsi pu déterminer les besoins en eau des plantes. Ce besoin en eau des plantes nous a permis de déterminer les besoins en eau d'irrigation pour les cultures que nous avons proposées précédemment. Les besoins en eau de la plante sont assurés par : la réserve en eau du sol, la pluie, et l'irrigation. Les Besoins en eau de la culture ne signifient pas obligatoirement le besoin en eau d'irrigation, mais il faut tenir compte de la contribution des réserves en eau du sol, ainsi que des pluies. Afin de déterminer les besoins en eau, on estime le débit spécifique du périmètre étudié pour éviter tout surdimensionnement du réseau.

## CHAPITRE V : Présentation du réseau existant

### V.1 Introduction :

Le présent chapitre a pour but de définir le réseau d'irrigation existant sur le périmètre d'étude, ainsi l'état actuelle des ouvrages en ligne (ventouses, vannes, bornes, vidanges de fond) pour connaître les problèmes rencontrés sur le périmètre d'étude.

### V.2 Les réseaux hydroagricoles existants :

#### V.2.1 Parcelle nord (vallée d'Oued Ladrat) :

La superficie totale de la parcelle étudiée est de 150 ha, et s'étend vers l'est du barrage Ladrat.

##### V.2.1.1 Ressources hydriques :

Les ressources en eau destinée à irriguer la parcelle nord sont assurées par des eaux du barrage Ladrat grâce à une conduite gravitaire. Leurs caractéristiques sont comme suit :

Tableau 1: Caractéristiques du barrage

Commune	Parcelle	Nom du barrage	Coordonnées			Capacité Hm <sup>3</sup>
			X	Y	Z	
El Omaria	Vallée d'oued Ladrat	Ladrat	532.5	327.45	659	8.5



Figure 1 : Barrage Ladrat

**V.2.1.2 Description du réseau existant :**

L'irrigation de la parcelle nord est assurée par le barrage de Ladrat comme cité plus haut. Les eaux destinées à la parcelle d'étude atteignent cette dernière gravitairement (De 0 à 2%).

**Réseau :** Le réseau existant est de type ramifié utilisé pour l'irrigation. Ce réseau s'étend sur une distance de 6 Km, et ses caractéristiques sont représentées dans le tableau 2 ci-dessous :

Tableau 2 : caractéristiques du réseau existant

N° de conduite	Tronçon	Type de conduite	Ø de la conduite (mm)	Longueur de la conduite (m)	Etats
1	1-2	Acier	500	281.56	Bon
2	2-3	Amiante ciment	500	266.32	dégradé
3	3-4	Amiante ciment	500	460.77	
4	4-5	Amiante ciment	500	230.33	
5	5-6	Amiante ciment	500	289.69	
6	6-7	Amiante ciment	500	162.51	
7	7-8	Amiante ciment	500	218.01	
8	8-9	Amiante ciment	500	104.94	
9	9-10	Amiante ciment	400	256.50	
10	10-11	Amiante ciment	400	710.54	
11	11-12	Amiante ciment	300	622.84	
12	12-13	Amiante ciment	300	351.88	
13	13-14	Amiante ciment	250	344.18	
14	14-15	Amiante ciment	250	335.01	
15	15-16	Acier	200	677.65	
16	16-17	Acier	200	301.12	dégradé
17	17-18	Amiante ciment	200	123.58	
18	18-19	Acier	200	508.34	Bon
19	19-20	Amiante ciment	150	1116.76	dégradé
20	2-21	Amiante ciment	100	83.40	
21	3-22	Amiante ciment	100	106.00	
22	4-23	Amiante ciment	100	96.71	
23	5-24	Amiante ciment	100	136.78	
24	6-25	Amiante ciment	100	54.67	
25	7-26	Acier	100	230.79	Bon
26	26-27	Acier	100	416.96	
27	8-28	Amiante ciment	100	81.00	dégradé

<b>28</b>	8-29	Amiante ciment	100	58.14		
<b>29</b>	9-30	Amiante ciment	100	28.43		
<b>30</b>	10-31	Amiante ciment	100	35.72		
<b>31</b>	12-32	Amiante ciment	100	527.45		
<b>32</b>	14-33	Amiante ciment	100	198.79		
<b>33</b>	16-34	Amiante ciment	100	237.49		
<b>34</b>	20-35	Amiante ciment	100	239.64		
<b>35</b>	35-36	Amiante ciment	100	248.82		
<b>36</b>	26-37	Acier	100	278.34		Bon
<b>37</b>	35-38	Amiante ciment	100	182.63		dégradé

La longueur totale du réseau est :

Réseau d'irrigation primaire 7362.64 m.

Réseau d'irrigation secondaire 3241.85 m de diamètre 100 mm

#### **V.2.1.3 L'état des bornes existant :**

Il existe sur le long du réseau précédent 42 bornes, dont l'état varie les unes par rapport aux autres. Le tableau 3 ci-dessous représente l'état de ses derniers :

Tableau 3: état des bornes

<b>N°</b>	<b>Nombre des bornes</b>	<b>L'état des bornes</b>
<b>01</b>	03	Dégradée et cassée (D+C)
<b>02</b>	15	Dégradée (D)
<b>03</b>	13	Dégradée sans volant de commande (DSVC)
<b>04</b>	02	Corrodée (C)
<b>05</b>	08	Totalement dégradée (TD)
<b>06</b>	01	Corrodée sans volant de commande (CSVC)
<b>Total</b>	42	

#### **V.2.1.4 L'état des vidanges de fond existant :**

On trouve sur long du réseau d'irrigation 08 vidanges. L'état de ces dernières est représenté dans le tableau 4 ci-dessous :

Tableau 4 : état des vidanges

N°	Nombre des vidanges	L'état des vidanges
01	07	Dégradée (DG)
02	01	Inondée (INO)
<b>Total</b>	08	

**V.2.1.5 L'état des vannes existant :**

Il existe 17 vannes sur le long du réseau existant dont l'état est représenté sur le tableau 5 suivant :

Tableau 5 : état des vannes

N°	Nombre des vannes	L'état des vannes
01	04	Enterrée (EN)
02	08	Dégradée (DG)
03	02	Dégradée et cassée (D+C)
04	01	Dégradée (DG) + regard soudée (OS)
05	01	Dégradée sans volant de commande (DSV)
06	01	regard soudé (OS)
07	01	Dégradée (DG) + Enterrée (EN)
<b>Total</b>	17	

**V.2.1.6 L'état des ventouses :**

Dans le réseau d'étude on trouve 09 ventouses. L'état de ces dernières est représenté sur le tableau 06 ci-dessous :

Tableau 6 : Etat des ventouses

N°	Nombre des ventouses	L'état des ventouses
01	03	Dégradée (DE)
02	03	Dégradée et Cassée (D+C)
03	03	Corrodée (CORR)
<b>Total</b>	09	

## V.2.2 Parcelle sud (Plateau Tiara) :

La superficie totale de la parcelle étudiée est de 330 ha.

### V.2.2.1 Ressources hydriques :

Les ressources en eau destinée à alimenter la parcelle sud sont assurées par des eaux superficielles (barrage Ladrat) à l'aide d'une station de pompage. Cette dernière pompe les eaux initialement dans un réservoir cylindrique situé au plus haut de l'exploitation.

### V.2.2.2 Station de pompage :

La station de refoulement est composée d'un un abri dans un état dégradé destiné pour les équipements électromécaniques. Les travaux de finition sont inachevés et les divers raccordements techniques sont inexistant. (Voir la figure ci-dessous)



Figure 2 : équipements électromécaniques

**V.2.2.3 Dimensions du réservoir existant :**

Figure 3 : réservoir d'irrigation

Le réservoir d'irrigation est un ouvrage construit en béton armé de forme cylindrique, à ciel ouvert. Ses dimensions et ses caractéristiques sont les suivantes :

Type du réservoir est semi-enterré.

Volume de réservoir 250 m<sup>3</sup>.

Diamètre 9 m

Hauteur 4 m.

**V.2.2.4 Description du réseau existant :**

Les eaux d'irrigation destinées à la parcelle sud sont assurées par le barrage Ladrat comme cité précédemment.

On a un réseau d'irrigation de type ramifié, dont les caractéristiques sont représentées dans le tableau 7 ci-dessous :

Tableau 7 : caractéristiques du réseau existant

N° de conduite	Tronçon	Type de conduite	Ø de la conduite (mm)	Longueur de la conduite (m)	états
1	1-2	Acier	500	932.49	Bon
2	2-3	Amiante ciment	500	741.50	Dégradé
3	3-4	Amiante ciment	500	1869.65	
4	4-5	Amiante ciment	500	331.19	
5	5-6	Amiante ciment	500	198.45	
6	6-7	Amiante ciment	500	273.08	
7	7-8	Amiante ciment	500	287.69	
8	8-9	Amiante ciment	500	230.10	
9	9-10	Amiante ciment	400	1101.88	
10	10-11	Amiante ciment	400	333.32	
11	11-12	Amiante ciment	250	336.25	
12	12-13	Amiante ciment	200	207.92	
13	03-14	Amiante ciment	100	314.38	
14	4-15	Amiante ciment	250	284.01	
15	15-16	Amiante ciment	200	168.94	
16	5-17	Amiante ciment	200	271.97	
17	17-18	Amiante ciment	200	240.65	
18	17-32	Amiante ciment	200	188.17	
19	6-19	Amiante ciment	300	426.73	
20	19-33	Amiante ciment	200	613.01	
21	19-34	Amiante ciment	200	775.41	
22	19-20	Amiante ciment	300	594.13	
23	20-21	Amiante ciment	300	1036.08	
24	20-35	Amiante ciment	150	189.12	
25	21-22	Amiante ciment	250	578.67	
26	22-23	Amiante ciment	200	393.04	
27	7-24	Amiante ciment	150	234.14	

<b>28</b>	8-25	Amiante ciment	200	589.55	Dégradé
<b>29</b>	9-26	Amiante ciment	300	488.79	
<b>30</b>	26-27	Amiante ciment	300	132.47	
<b>31</b>	26-36	Amiante ciment	250	303.60	
<b>32</b>	36-37	Amiante ciment	150	247.97	
<b>33</b>	27-28	Amiante ciment	250	289.26	
<b>34</b>	28-29	Amiante ciment	200	108.34	
<b>35</b>	29-30	Amiante ciment	150	171.17	
<b>36</b>	10-31	Amiante ciment	150	212.17	

La longueur de la conduite principale est de 6843.57 m.

#### V.2.2.5 L'état des bornes existantes :

On trouve sur ce réseau 46 bornes dont l'état varie les unes par rapport aux autres. Le tableau 8 ci-dessous représente leur état :

Tableau 8 : Etat des bornes

N°	Nombre des bornes	L'état des bornes
<b>01</b>	06	Dégradée (D)
<b>02</b>	13	Corrodée sans volant de commande (CSVC)
<b>03</b>	03	Totalement dégradée (TD)
<b>04</b>	11	Corrodée (C)
<b>05</b>	04	Corrodée et cassée (C+C)
<b>06</b>	03	Dégradée et cassée (D+C)
<b>07</b>	05	Dégradée sans volant de commande (DSVC)
<b>08</b>	01	CSVC+DSVC
<b>Total</b>	46	

#### V.2.2.6 L'état des vidanges de fond existantes :

On trouve sur long du réseau d'irrigation 17 vidanges, dont l'état est représenté dans le tableau 9 ci-dessous :

Tableau 9 : Etat des vidanges de fond

N°	Nombre des vidanges	L'état des vidanges
<b>01</b>	12	Dégradée (DG)
<b>02</b>	01	Totalement dégradée (T.DG)
<b>03</b>	03	Corrodée (CORR)
<b>04</b>	01	Dégradée et cassée (DG+C)
<b>Total</b>	17	

**V.2.2.7 L'état des vannes existantes :**

Il existe 12 vannes sur le long de réseau existant, dont l'état est représenté sur le tableau 10 suivant :

Tableau 10 : Etat des vannes

N°	Nombre des vannes	L'état des vannes
01	06	Corrodée sans volant de commande (CSV)
02	01	Enterrée (EN)
03	02	Corrodée et cassée (C+C)
04	01	Dégradée (DG)
05	01	Corrodée (CO)
06	01	(CSV+CO)
<b>Total</b>	12	

**V.2.2.8 L'état des ventouses :**

Dans le réseau d'étude on retrouve 17 ventouses, dont l'état est représenté sur le tableau 11 ci-dessous :

Tableau 11 : Etat des ventouses

N°	Nombre des ventouses	L'état des ventouses
01	07	Corrodée sans volant de commande (CSVC)
02	02	Dégradée (DE)
03	02	Corrodée (CORR)
04	02	Dégradée et cassée (D+C)
05	04	Corrodée et cassée (C+C)
<b>Total</b>	17	

**V.3 Description de l'état des ouvrages en ligne :****V.3.1 Les ventouses :**

A travers les observations réalisées sur le périmètre étudié, nous avons constaté que les ventouses n'étaient pas entretenues par les services affiliés, et qu'elles étaient dans un état quasi-défectueux et rouillé vers défectueux dans certains cas. De plus, nous avons constaté que les regards étaient fissurés et remplis de débris et de cailloux, c'est ce qui empêche l'accès pour la réparation ou

pour l'entretien des ventouses qui se trouvent à l'intérieur. (Voir les figures ci-dessous):



Figure 4 : Etat d'une ventouse



Figure 5 : regard continue une vounteuse

### V.3.2 Les vannes et les bornes:

La visite du périmètre d'étude d'Oued Ladrat nous a également permis de constater que les vannes et les bornes ne sont pas dans un état totalement opérationnel, et ce en raison du manque d'entretien et de suivi. En effet, certaines d'entre elles sont défectueuses, tandis que d'autres sont caractérisées par des rendements plus ou moins réduits à cause des fuites et de la rouille. (Voir les figures ci-dessous):



Figure 6 : Etat des bornes-type B- (ø150)



Figure 7 : Etat des vannes (ø200)

**V.4 Les problèmes rencontrés :**

- Les pertes d'eau sont importantes surtout dans la parcelle irriguée a cause d'absence de contrôle, en plus ces pertes sont dues à une irrigation avec un temps d'arrosage important.
- Manque de la lutte contre les herbes nuisibles.
- Manque de renouvellement des tronçons et des ouvrages annexes cassée.
- Difficulté de nettoyage et l'entretenu.
- L'état des conduites du réseau actuel ne permet pas d'assurer notre débit.
- Pression insuffisante au niveau des bornes à cause de vieillissement du réseau.
- Envasement du réservoir.
- Les conduites amiante ciment sont déconseillées ces dernières années Pour le danger qu'elles présentent sur la santé des humaines alors il faut changer le type de ces conduites par d'autres matériaux (PEHD, PVC, ...etc).
- D'après l'étude topographique, quelques tronçons du terrain sont en contre pente, mais les cotes sont toujours inférieures à celle du réservoir (700m) implanté à une côte permettant l'irrigation de la parcelle sud.

**V.5 Les causes :**

- Subvention des agriculteurs sont faible.
- Déficit des moyennes financières.
- Manque de l'expérience chez les agriculteurs dans le domaine.
- Manque de main d'œuvre qualifié.
- Manque de spécialistes dans le domaine.

**V.6 Conclusion :**

Les performances du système d'irrigation pratiqué actuellement restent très faibles à très moyennes. Les pertes en eau vers et à l'intérieur même de la parcelle sont importantes (de l'ordre de 50 %).

La maîtrise de l'usage de l'eau d'irrigation devient urgente et nécessaire.

On remarque aussi qu'au niveau de l'exploitation, la main d'œuvre est ordinaire avec l'absence des cadres scientifiques.

Pour améliorer les rendements, qualitativement et quantitativement, il faut dimensionner le réseau d'une manière optimale et exacte.

Enfin on conclut que le réseau existant est dans un état très dégradé pour ce la nous proposons un autre réseau d'irrigation en PEHD pour les diamètres inférieurs à 630 mm et l'acier pour les diamètres supérieurs à 630 mm.

## CHAPITRE VI : Dimensionnement du réseau

### VI.1 Introduction :

La conception d'un réseau de distribution dans un périmètre d'irrigation doit être bien conçue pour pouvoir répondre à certaines exigences:

- Topographiques,
- Hydrauliques et sécuritaire,
- Organisationnelles,
- technico-économique,

Le système de distribution doit intégrer tous les aspects aussi bien opérationnels qu'hydrauliques, de manière à satisfaire aux exigences énoncées ci-dessus.

### VI.2 Types d'adduction :

Une adduction est une conduite reliant les ouvrages de production aux réservoirs de stockage. On distingue 3 types d'adduction:

- Adduction gravitaire,
- Adduction par refoulement,
- Adduction mixte.

#### VI.2.1 Adduction gravitaire :

Dans ce type d'adduction l'eau s'écoule gravitairement due a la force de gravité et les conditions topographiques existant (la pente). Ce type d'adduction caractérisé par une côte de source d'eau supérieure à la côte piézométrique de l'ouvrage arrivé.

#### VI.2.2 Adduction par refoulement :

Dans ce type d'adduction l'écoulement est assuré par des pompes à haut pression. Le pompage a pour but d'élever l'eau du captage et de la refouler dans l'adduction qui va vers un réservoir ou bassin plus haut.

### **VI.2.3 Adduction mixte :**

Dans certains cas, la topographie des lieux imposera une adduction mixte refoulement-gravitaire. Un réservoir intermédiaire recevra l'eau provenant de la conduite de refoulement. L'eau s'écoulera ensuite par gravité.

### **VI.3 ilots d'irrigation :**

Par définition, l'îlot d'irrigation est la plus petite unité hydraulique indépendante, desservie par une borne d'irrigation, pour éviter tout conflit entre agricultures. Cette borne comporte une ou plusieurs sorties ou « prises » suivant le nombre d'arrosages qu'elle doit assurer simultanément, en particulier lorsqu'elle se trouve en limite de plusieurs exploitants.

Une borne d'irrigation comprend :

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

Chaque borne aura pour rôle :

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

### **VI.4 Choix de tracé :**

Le choix du tracé de la conduite de refoulement est basé sur certains critères indispensables sont cités au dessous :

- 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 ;
- Éviter le phénomène de cavitation qui peut engendrer les éclatements et vibration de la canalisation au cours de la phase de surpression ;

- Éviter autant que possible la traversée des obstacles (route, voies ferrées, canaux, oueds...).
- Les conduites suivront au maximum (dans la mesure du possible) les routes et pistes et les Oueds.
- Eviter dans la mesure du possible de desservir un exploitant par plusieurs bornes.

## **VI.5 Étude des variantes :**

### **VI.5.1 Présentation des variantes du périmètre nord :**

D'après le levé topographique un seul tracé peut être retenu.

#### **Variante 1 : irrigation à partir d'un piquage :**

Etant donné, que le périmètre est situé en aval du Barrage Ladrat, et présente une charge importante, la variante retenue est celle du réseau gravitaire sans pompage.

Donc le périmètre d'étude sera desservi à partir d'un piquage d'une conduite de transfert. Ce piquage va alimenter directement les bornes d'irrigation à partir d'une conduite principale.

L'emplacement d'une brise charge sur le point de piquage est indispensable pour réduire la pression au niveau des conduites.

#### **VI.5.1.1 Calcul des débits aux bornes :**

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

$$Q_b = q_s * S$$

Avec :

$Q_b$  = Débit caractéristique de chaque ilot (l/s)

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

$S$  = Superficie de l'ilot (ha)

Nous rappelons que le débit spécifique est évalué précédemment : **1.29 l/s/ha** (chapitre 4).

La surface du périmètre d'étude est égale à **150 ha**.

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

$$Q=1.29*150=194.27 \text{ l/s}$$

$$Q=193.5 \text{ l/s}$$

Les résultats du calcul du débit de chaque îlot d'irrigation sont présentés dans le tableau 1 ci-dessous :

Tableau 1: les débits au niveau de chaque borne:

N° d'îlot	Surface d'îlot (ha)	nombre de parcelle projeté	débit de borne (l/s)
1	7.2	4	9.28
2	3.82	3	9.09
3	3.23	3	
4	3.36	3	7.22
5	2.24	2	
6	1.82	2	4
7	1.28	2	
8	1.69	2	4.5
9	1.8	2	
10	1.53	2	4.32
11	1.82	2	
12	1.44	2	1.86
13	2.49	3	3.21
14	1.04	2	1.34
15	3.19	3	4.12
16	1.05	2	3.69
17	1.81	2	
18	3.27	3	4.22
19	3.45	4	4.45
20	3.71	4	7.78
21	2.32	2	
22	3.65	4	4.71
23	9.08	8	11.71
24	3.76	3	4.85
25	1.44	2	4.67
26	2.19	2	
27	2.77	3	3.57

28	4.9	4	6.32
29	6.64	4	8.57
30	7.95	6	10.26
31	3.8	4	8.53
32	2.81	3	
33	5.01	4	14.62
34	6.32	5	
35	6.85	7	8.84
36	5.83	5	7.52
37	4.41	4	5.69
38	1.25	2	4.53
39	2.26	2	
40	2.44	3	3.15
41	2.2	2	2.84
42	4.86	5	6.27
43	6.02	7	7.77
<b>Total</b>	150	143	<b>193.5</b>

#### VI.5.1.2 Choix de matériaux des canalisations :

Le choix du matériau des conduites enterrées pour le transport de l'eau se fait en fonction de la pression supportée, de l'agressivité du sol, et aussi bien de leur faisabilité technique qu'économique.

Parmi les tuyaux utilisés on distingue : les tuyaux en fonte, les tuyaux en acier, les tuyaux en béton, les tuyaux en PVC et les tuyaux en PEHD.

##### a. Conduite en fonte :

Généralement utilisées dans l'AEP pour ses avantages :

- Bonne étanchéité.
- Bonne résistance aux efforts.
- Bon coefficient d'écoulement.
- Très rigides et solides.
- Résistance aux pressions élevées (50 bars pour les conduites ne dépassant pas 600 mm et 40 bars pour les conduites de diamètre supérieur).

L'inconvénient est que les tuyaux en fonte sont très lourds, et sont relativement chers.

**b. Conduite en acier :**

Les conduites en Acier sont utilisées lorsqu'on a une pression importante, elles présentent également un bon coefficient d'écoulement hydraulique et une bonne étanchéité.

**c. Conduite en ciment amiante :**

Constitués d'un mélange de fibres d'amiante diffusé dans le ciment portland. Il présente les avantages suivants :

- Bon coefficient d'écoulement dû aux parois lisses.
- Bonne résistance due aux fibres d'amiante.
- Grande résistance à la corrosion chimique.

**d. Conduite en béton armé :**

Ces conduites sont caractérisées par de gros diamètres du fait qu'elles évacuent des débits très importants. Elles présentent les qualités suivantes :

- Durabilité sans aucun entretien.
- Etanchéité satisfaisante pour le béton précontraint.

**e. Conduite en PVC :**

Ces conduites ont comme caractéristiques, la flexibilité et la légèreté qui facilitent leur transport et leur déplacement. Très souvent on utilise les conduites en P.V.C qui sont légers et souples et peuvent supporter de grandes pressions.

**f. Conduite en PEHD :**

Les conduites en PEHD présentent les avantages suivant :

- supportent des pressions élevées.
- Bonne résistance aux contraintes (choc, écrasement, déplacement du terrain).
- bonne flexibilité.
- Disponible sur le marché.

Dans notre étude, Nous utiliserons les conduites en PEHD pour les diamètres inférieurs à 630mm et l'acier pour les diamètres supérieurs à 630 mm.

### VI.5.1.3 Dimensionnement des canalisations:

#### a. Fixation de la vitesse admissible :

La fixation d'un seuil de vitesse permet de lutter

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

La vitesse admissible varie entre 0.5 m/s, comme vitesse minimale, et 2.5 m/s comme vitesse maximale.

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

#### b. Calcul des diamètres :

Le calcul des diamètres est réalisé sur la base des débits véhiculés par le tronçon de conduite, et par les vitesses d'écoulement.

La formule continuité nous donne une approche du diamètre économique qu'on normalise

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V}}$$

- **Q** : débit, exprimé en (m<sup>3</sup>/s) .
- **D**: diamètre exprimé en (mm).
- **V** : vitesse qui donne le diamètre économique est de 1.25 m/s

Tableau 2 : calcul des diamètres des conduites:

N° du nœud	N° du tronçon	Longueur du Tronçon(m)	Débit (l/s)	Débit (m <sup>3</sup> /s)	Diamètre cal Ext (mm)	Diamètre Normalisé (mm)	Diamètre Int (mm)
<b>Piquage</b>			193.5	0.194	443.961	500	454.6
	Piquage-N1	244.98	193.5	0.194	443.961	500	454.6
<b>N1</b>			193.5	0.194	443.961	500	454.6
	N1-B1	110.6	9.28	0.009	97.225	110	100
<b>B1</b>			9.28	0.009	97.225	110	100
	N1-N2	358.41	184.22	0.184	433.184	500	454.6
<b>N2</b>			184.22	0.184	433.184	500	454.6
	N2-B2	135.93	9.09	0.009	96.225	110	100
<b>B2</b>			9.09	0.009	96.225	110	100
	N2-B3	292.8	175.13	0.175	422.362	500	454.6
<b>B3</b>			175.13	0.175	422.362	500	454.6

	B3-B4	407.1	167.91	0.168	413.564	500	454.6
<b>B4</b>			167.91	0.168	413.564	500	454.6
	B4-B5	377.58	163.91	0.164	408.608	500	454.6
<b>B5</b>			169.91	0.170	416.020	500	454.6
	B5-B6	251.71	14.85	0.015	122.989	125	113.6
<b>B6</b>			14.85	0.015	122.989	125	113.6
	B6-B7	322.13	5.07	0.005	71.863	75	66.6
<b>B7</b>			5.07	0.005	71.863	75	66.6
	B7-B8	260	3.21	0.003	57.182	63	55.9
<b>B8</b>			3.21	0.003	57.182	63	55.9
	B6-B9	170.62	5.46	0.005	74.576	75	66.6
<b>B9</b>			5.46	0.005	74.576	75	66.6
	B9-B10	141.65	4.12	0.004	64.782	75	66.6
<b>B10</b>			4.12	0.004	64.782	75	66.6
	B5-B11	309.51	144.56	0.145	383.732	400	363.7
<b>B11</b>			144.56	0.145	383.732	400	363.7
	B11-B12	156.5	140.87	0.141	378.803	400	363.7
<b>B12</b>			140.87	0.141	378.803	400	363.7
	B12-B13	385.5	136.65	0.137	373.086	400	363.7
<b>B13</b>			136.65	0.137	373.086	400	363.7
	B13-B14	367.78	132.2	0.132	366.961	400	363.7
<b>B14</b>			132.2	0.132	366.961	400	363.7
	B14-B15	186.08	124.42	0.124	356.000	400	363.7
<b>B15</b>			124.42	0.124	356.000	400	363.7
	B15-B16	1033	119.71	0.120	349.196	400	363.7
<b>B16</b>			119.71	0.120	349.196	400	363.7
	B16-B17	278.57	108	0.108	331.678	400	363.7
<b>B17</b>			108	0.108	331.678	400	363.7
	B17-N3	286.8	103.15	0.103	324.145	400	363.7
<b>N3</b>			103.15	0.103	324.145	400	363.7
	N3-B18	128.8	4.67	0.005	68.970	75	66.6
<b>B18</b>			4.67	0.005	68.970	75	66.6
	N3-B19	88.9	98.48	0.098	316.722	400	363.7
<b>B19</b>			98.48	0.098	316.722	400	363.7
	B19-B20	547.45	94.91	0.095	310.928	315	286.4
<b>B20</b>			94.91	0.095	310.928	315	286.4
	B20-B21	477	88.59	0.089	300.398	315	286.4

<b>B21</b>			88.59	0.089	300.398	315	286.4
	B21-B22	408.15	80.02	0.080	285.498	315	286.4
<b>B22</b>			80.02	0.080	285.498	315	286.4
	B22-B23	437.82	8.53	0.009	93.214	110	100
<b>B23</b>			8.5	0.009	93.049	110	100
	B22-N4	538.65	61.23	0.061	249.739	250	227.3
<b>N4</b>			61.23	0.061	249.739	250	227.6
	N4-B24	199	14.62	0.015	122.033	125	113.6
<b>N24</b>			14.62	0.015	122.033	125	113.6
	N4-N5	332.28	46.61	0.047	217.893	250	227.3
<b>N5</b>			46.61	0.047	217.893	250	227.3
	N5-B25	211.18	8.84	0.009	94.892	110	100
<b>B25</b>			8.84	0.009	94.892	110	100
	N5-B26	948.78	37.77	0.038	196.145	200	181.8
<b>B26</b>			37.77	0.038	196.145	200	181.8
	B26-B27	466.94	30.25	0.030	175.536	200	181.8
<b>B27</b>			30.25	0.030	175.536	200	181.8
	B27-B28	470.1	24.56	0.025	158.168	160	145.4
<b>B28</b>			24.56	0.025	158.168	160	145.4
	B28-B29	188.57	20.03	0.020	142.838	160	145.4
<b>B29</b>			20.03	0.020	142.838	160	145.4
	B29-B30	1220.66	16.88	0.017	131.127	160	145.4
<b>B30</b>			16.88	0.017	131.127	160	145.4
	B30-N6	390	14.04	0.014	119.588	125	113.6
<b>N6</b>			14.04	0.014	119.588	125	113.6
	N6-B31	61.21	6.27	0.006	79.917	90	81.8
<b>B31</b>			6.27	0.006	79.917	90	81.8
	N6-B32	78.92	7.77	0.008	88.964	90	81.8
<b>B32</b>			7.77	0.008	88.964	90	81.8

Le calcul du diamètre a été fait par la loi de continuité. La vérification de la vitesse réelle d'écoulement et le calcul de perte de charge a été fait avec le logiciel EPANET par la formule de Hazan-Williams, pour des diamètres normalisés.

$$H_f = 10.675 \cdot L \left( \frac{Q}{C_{hw}} \right)^{1.852} \frac{1}{D^{4.87}}$$

$C_{hw}$ : coefficient de perte de charge dépend du type de matériau

[30 -150] pour le PEHD et la fonte.

#### **VI.5.1.4 Calcul des pressions :**

Le calcul a été fait par le logiciel **EPANET**

Les résultats des calculs sont présentés dans la figure 1 et le tableau 3 ci-dessous :

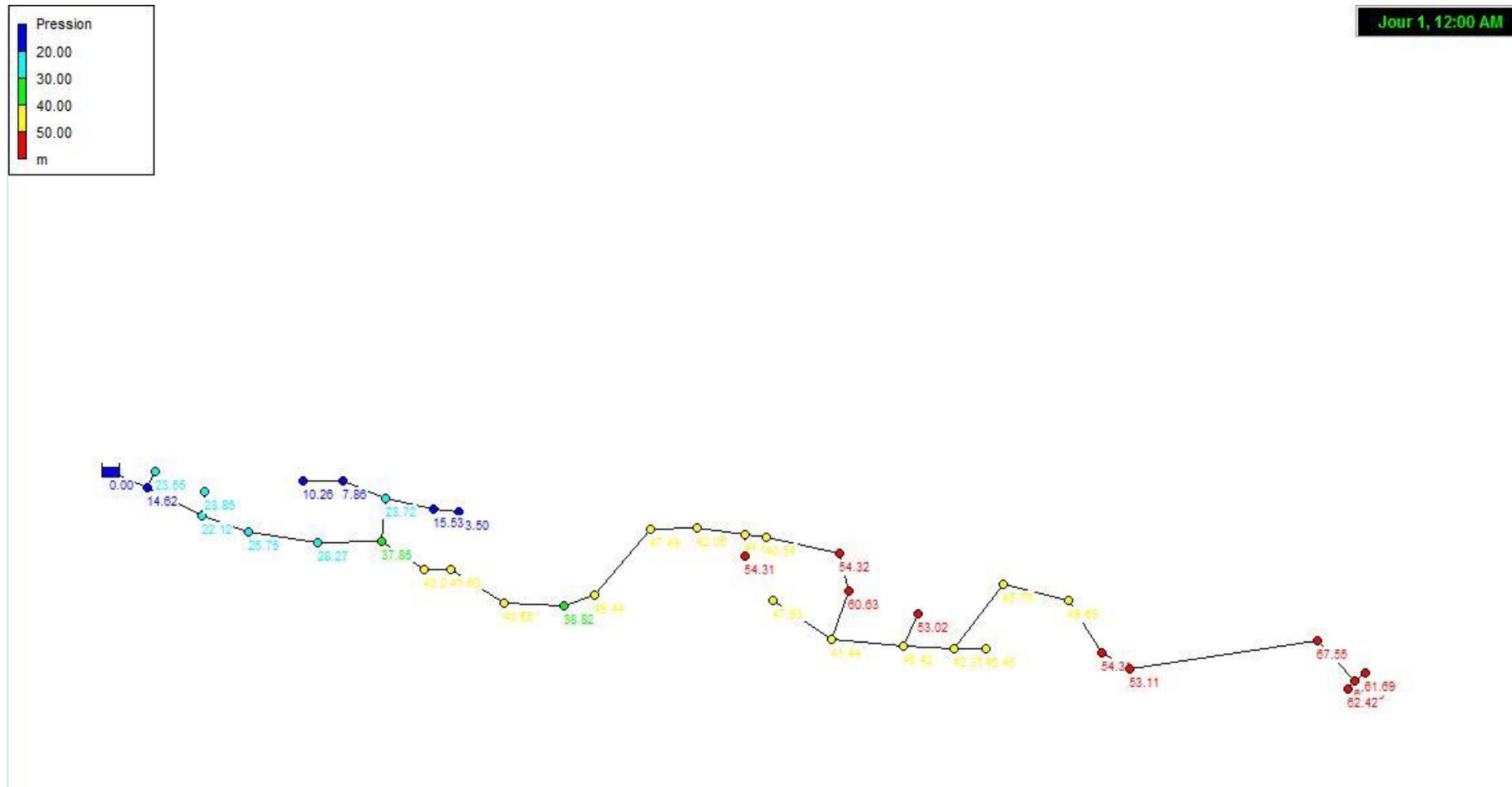


Figure 1 : Simulation du réseau de distribution d'Oued Ladrat (Epanet).

Tableau 3: Résultats de calculs (Altitudes des nœuds, demande, charge totale et pression).

ID Nœud	Altitude m	Demande Base LPS	Demande LPS	Charge m	Pression m
Noeud N1	660	0	0	674.62	14.62
Noeud N2	652	0	0	674.12	22.12
Noeud B3	648	7.22	7.22	673.75	25.75
Noeud B4	645	4	4	673.27	28.27
Noeud B5	635	4.5	4.5	672.85	37.85
Noeud B11	630	3.69	3.69	672.01	42.01
Noeud B12	630	4.22	4.22	671.6	41.6
Noeud B13	630	4.45	4.45	670.66	40.66
Noeud B14	631	7.78	7.78	669.82	38.82
Noeud B15	620	4.71	4.71	669.44	49.44
Noeud B16	620	11.71	11.71	667.49	47.49
Noeud B17	625	4.85	4.85	667.06	42.06
Noeud N3	625	0	0	666.65	41.65
Noeud B20	610	6.32	6.32	664.32	54.32
Noeud B21	602	8.57	8.57	662.63	60.63
Noeud B22	620	10.26	10.26	661.44	41.44
Noeud B23	610	8.53	8.53	657.83	47.83
Noeud N4	618	0	0	658.42	40.42
Noeud N5	615	0	0	657.31	42.31
Noeud B26	605	7.52	7.52	650.79	45.79
Noeud B27	599	5.69	5.69	648.69	49.69
Noeud B28	590	4.53	4.53	644.31	54.31
Noeud B29	590	3.15	3.15	643.11	53.11
Noeud B30	570	2.84	2.84	637.55	67.55
Noeud N6	570	0	0	633.19	63.19
Noeud B2	649	9.09	9.09	672.86	23.86
Noeud B6	646	4.32	4.32	669.72	23.72
Noeud B7	655	1.86	1.86	662.86	7.86
Noeud B8	647	3.21	3.21	657.26	10.26
Noeud B10	650	4.12	4.12	663.5	13.5
Noeud B18	610	4.67	4.67	664.31	54.31
Noeud B24	603	14.62	14.62	656.02	53.02
Noeud B32	570	7.77	7.77	631.69	61.69

<b>Noeud B31</b>	570	6.27	6.27	632.42	62.42
<b>Noeud B9</b>	650	1.34	1.34	665.53	15.53
<b>Noeud B25</b>	610	8.84	8.84	655.45	45.45
<b>Noeud 1</b>	650	9.28	9.28	673.55	23.55
<b>Noeud B19</b>	626	3.57	3.57	666.54	40.54
<b>Bâche P</b>	675	Sans Valeur	193.5	675	0

#### VI.5.1.5 Calcul des pertes de charge :

La vérification a été faite par le logiciel EPANET :

Les résultats des calculs sont présentés le tableau 4 ci-dessous :

Tableau 4 : Les résultats de calculs (les débits, les vitesses et les pertes de charge)

<b>ID Arc</b>	<b>Longueur m</b>	<b>Diamètre mm</b>	<b>Débit LPS</b>	<b>Vitesse m/s</b>	<b>Pert.Charge Unit. m/km</b>
<b>Tuyau C14</b>	156.5	400	140.87	1.12	2.58
<b>Tuyau C38</b>	78.92	90	7.77	1.22	19.06
<b>Tuyau C37</b>	61.21	90	6.27	0.99	12.66
<b>Tuyau C1</b>	244.98	500	193.5	0.99	1.54
<b>Tuyau C3</b>	358.41	500	184.22	0.94	1.4
<b>Tuyau C4</b>	135.93	110	9.09	0.96	9.3
<b>Tuyau C5</b>	292.8	500	175.13	0.89	1.27
<b>Tuyau C6</b>	407.1	500	167.91	0.86	1.17
<b>Tuyau C7</b>	377.58	500	163.91	0.83	1.12
<b>Tuyau C8</b>	251.71	125	14.85	1.21	12.44
<b>Tuyau C9</b>	322.13	75	5.07	1.15	21.27
<b>Tuyau C10</b>	260	63	3.21	1.03	21.56
<b>Tuyau C11</b>	170.62	75	5.46	1.24	24.51
<b>Tuyau C12</b>	141.65	75	4.12	0.93	14.33
<b>Tuyau C13</b>	309.51	400	144.56	1.15	2.71
<b>Tuyau C15</b>	385.5	400	136.65	1.09	2.43
<b>Tuyau C16</b>	367.78	400	132.2	1.05	2.29
<b>Tuyau C17</b>	186.08	400	124.42	0.99	2.04
<b>Tuyau C18</b>	1033	400	119.71	0.95	1.89
<b>Tuyau C19</b>	278.57	400	108	0.86	1.55
<b>Tuyau C20</b>	286.8	400	103.15	0.82	1.42

Tuyau C21	128.8	75	4.67	1.06	18.18
Tuyau C24	477	315	88.59	1.14	3.54
Tuyau C25	408.15	315	80.02	1.03	2.92
Tuyau C26	437.82	110	8.53	0.9	8.24
Tuyau C27	538.65	250	61.23	1.25	5.61
Tuyau C28	199	125	14.62	1.19	12.07
Tuyau C29	332.28	250	46.61	0.95	3.33
Tuyau C30	211.18	110	8.84	0.93	8.82
Tuyau C31	948.78	200	37.77	1.2	6.87
Tuyau C32	466.94	200	30.25	0.96	4.5
Tuyau C34	188.57	160	20.03	1	6.32
Tuyau C33	470.1	160	24.56	1.22	9.33
Tuyau C35	1220.66	160	16.88	0.84	4.56
Tuyau C36	390	125	14.04	1.14	11.17
Tuyau C2	110.6	110	9.28	0.98	9.68
Tuyau C22	88.9	400	98.48	0.78	1.3
Tuyau C23	547.45	315	94.91	1.22	4.04

### VI.5.2 Présentation des variantes du périmètre sud :

#### Variante 1 : Irrigation par pompage (à partir d'un réservoir de mise en charge)

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

- Une station de pompage à côté du point de piquage ; cette station de pompage sera équipée de groupe électropompes.
- Une conduite de refoulement reliée à un réservoir.
- D'un réservoir de mise en charge. (altitude de réservoir 686 m).
- Une conduite d'adduction gravitaire issue du réservoir de mise en charge sur un même linéaire et se raccordant au réseau d'irrigation.

La distribution à partir d'un réservoir de mise en charge est proposée pour couvrir toute la superficie du périmètre et pour éventuellement pratiquer l'irrigation par aspersion.

**Variante 2 :**

Le périmètre d'irrigation de Plateau Tiara sera desservi à partir d'un piquage d'une conduite de transfert. Ce piquage va alimenter directement les bornes d'irrigation à partir d'une conduite principale.

**VI.5.2.1 Calcul des débits aux bornes :**

$$Q_b = q_s * S$$

Avec :

$Q_b$  = Débit caractéristique de chaque ilot (l/s)

$q_s$  = Débit spécifique moyen (l/s/ha), **1.29 l/s/ha** (chapitre 4).

$S$  = Superficie de l'ilot (ha)

La surface du périmètre sud est égale à 330 ha

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

$$Q = 1.29 * 330 = 425.7 \text{ l/s}$$

$$Q = 425.7 \text{ l/s}$$

Les résultats du calcul du débit de chaque îlot d'irrigation sont présentés dans le tableau 5 ci-dessous :

Tableau 5 : les débits au niveau de chaque borne:

N° d'ilot	Surface d'ilot (ha)	nombre de parcelle projeté	débit des bornes (l/s)
1	5.59	2	7.21
2	8.01	3	10.33
3	17.82	7	22.99
4	7.02	3	20.28
5	8.7	4	
6	10.02	3	12.93
7	10.82	4	13.96
8	10.06	4	25.67
9	9.84	6	
10	10.99	5	14.18

11	10	5	12.9
12	14.3	7	23.74
13	4.1	3	
14	6.4	5	8.26
15	9.22	7	11.89
16	11.5	7	14.84
17	11	8	14.19
18	3.42	3	4.41
19	8.58	6	11.07
20	7.73	5	19.37
21	7.29	4	
22	6.1	6	7.87
23	5.2	5	13.16
24	5	4	
25	4.7	2	6.06
26	3	2	3.87
27	12.85	5	16.58
28	3.5	3	10.44
29	4.59	4	
30	8.08	7	10.42
31	6.9	4	18.24
32	7.24	6	
33	4.2	6	5.4
34	5.7	6	7.35
35	11.52	6	14.86
36	4.3	3	5.55
37	3.3	3	10.18
38	4.59	4	

39	11.8	8	15.22
40	8.52	11	10.99
41	2.5	2	3.23
42	7.7	5	9.93
43	6.3	5	8.13
<b>Total</b>	330	208	425.7

### VI.5.2.2 Dimensionnement des canalisations:

#### a. Calcul des diamètres :

Nous utiliserons la formule de continuité :

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}}$$

- **Q** : débit, exprimé en (m<sup>3</sup>/s) .
- **D**: diamètre exprimé en (mm).
- **V** : vitesse qui donne le diamètre économique est de 1.25 m/s

Dans notre étude, Nous utiliserons les conduites en PEHD.

Tableau 6 : calcul des diamètres des conduites

N° du nœud	N° du Tronçon	Longueur du Tronçon(m)	Débit (l/s)	débit m3/s	D <sub>ext</sub> (mm)	DN (mm)	D <sub>int</sub> (mm)
<b>RV</b>			425.7	0.426	658.49	800	/
	RV-N1	2643	425.7	0.426	658.49	800	/
<b>N1</b>			452.7	0.453	679.06	800	/
	N1-N2	155.6	253.77	0.254	508.42	630	572.8
<b>N2</b>			253.77	0.254	508.42	630	572.8
	N2-B4	183.38	20.28	0.020	143.73	160	145.4
<b>B4</b>			20.28	0.020	143.73	160	145.4
	N2-N3	374	233.49	0.233	487.68	500	454.6
<b>N3</b>			233.49	0.233	487.68	500	454.6
	N3-N4	372.2	40.53	0.041	203.18	250	227.3
<b>N4</b>			40.53	0.041	203.18	250	227.3

	N4-B2	61.48	10.33	0.010	102.58	110	100
<b>B2</b>			10.33	0.010	102.58	110	100
	N4-N5	298.3	30.2	0.030	175.39	200	181.8
<b>N5</b>			30.2	0.030	175.39	200	181.8
	N3-B5	141.6	12.93	0.013	114.76	125	113.6
<b>B5</b>			12.93	0.013	114.76	125	113.6
	N3-N6	238.9	180.03	0.180	428.23	500	454.6
<b>N6</b>			180.03	0.180	428.23	500	454.6
	N6-N7	189.5	166.07	0.166	411.29	500	454.6
<b>N7</b>			166.07	0.166	411.29	500	454.6
	N7-N8	285.52	152.91	0.153	394.66	400	363.7
<b>N8</b>			152.91	0.153	394.66	400	363.7
	N8-N9	247.2	38.57	0.039	198.21	200	181.8
<b>N9</b>			38.57	0.039	198.21	200	181.8
	N9-B7	306.7	25.67	0.026	161.70	200	181.8
<b>B7</b>			25.67	0.026	161.70	200	181.8
	N9-B9	471.02	12.9	0.013	114.63	125	113.6
<b>B9</b>			12.9	0.013	114.63	125	113.6
	N8-N10	338.45	114.34	0.114	341.27	400	363.7
<b>N10</b>			114.34	0.114	341.27	400	363.7
	N10-B17	129.04	19.37	0.019	140.46	160	145.4
<b>B17</b>			19.37	0.019	140.46	160	145.4
	N10-N11	253.9	94.97	0.095	311.02	315	286.4
<b>N11</b>			94.67	0.095	311.02	315	286.4
	N11-B18	310.47	7.87	0.008	89.53	90	81.8
<b>B18</b>			7.87	0.008	89.53	90	81.8
	N11-N12	182.46	87.1	0.087	297.86	315	286.44
<b>N12</b>			87.1	0.087	297.86	315	286.4
	N12-N13	406.5	37.92	0.038	196.53	200	181.8
<b>N13</b>			37.92	0.038	196.53	200	181.8
	N13-B8	343.98	14.18	0.014	120.18	125	113.6
<b>B8</b>			14.18	0.014	120.18	125	113.6
	N13-B10	167.44	23.74	0.024	155.50	160	145.4
<b>B10</b>			23.74	0.024	155.50	160	145.4
	N12-B11	244.1	49.18	0.049	223.82	250	227.3
<b>B11</b>			49.18	0.049	223.82	250	227.3
	B11-N14	358.9	40.92	0.041	204.16	250	227.3

<b>N14</b>			40.92	0.041	204.16	250	227.3
	N14-B12	147.9	11.89	0.012	110.05	125	113.6
<b>B12</b>			11.89	0.012	110.05	125	113.6
	N14-B13	431.7	29.03	0.029	171.96	200	181.8
<b>B13</b>			29.03	0.029	171.96	200	181.8
	B13-B14	471.9	14.19	0.014	120.22	125	113.6
<b>B14</b>			14.19	0.014	120.22	125	113.6
	N1-B21	950.4	171.93	0.172	418.48	500	454.6
<b>B21</b>			171.93	0.172	418.48	500	454.6
	B21-N15	401	168.06	0.168	413.74	500	454.6
<b>N15</b>			168.06	0.168	413.74	500	454.6
	N15-B20	54.54	6.06	0.006	78.57	90	81.8
<b>B20</b>			6.06	0.006	78.57	90	81.8
	N15-N16	157.1	162	0.162	406.22	500	454.6
<b>N16</b>			162	0.162	406.22	500	454.6
	N16-B22	189.1	16.58	0.017	129.95	160	145.4
<b>B22</b>			16.58	0.017	129.95	160	145.4
	N16-N17	389.3	145.52	0.146	385.00	400	363.7
<b>N17</b>			145.52	0.146	385.00	400	363.7
	N17-N18	335.62	73.13	0.073	272.93	315	286.4
<b>N18</b>			73.13	0.073	272.93	315	286.4
	N18-B33	98.36	62.95	0.063	253.22	315	286.4
<b>B33</b>			62.95	0.063	253.22	315	286.4
	N18-B30	145.3	10.18	0.010	101.83	110	100
<b>B30</b>			10.18	0.010	101.83	110	100
	B33-N19	259.6	59.72	0.060	246.64	250	227.3
<b>N19</b>			59.72	0.060	246.64	250	227.3
	N19-B23	333	10.44	0.010	103.12	110	100
<b>B23</b>			10.44	0.010	103.12	110	100
	N19-B24	275.65	49.28	0.049	224.05	250	227.3
<b>B24</b>			49.28	0.049	224.05	250	227.3
	B24-N20	525.1	38.86	0.039	198.95	200	181.8
<b>N20</b>			38.86	0.039	198.95	200	181.8
	N20-B31	137.8	15.22	0.015	124.51	125	113.6
<b>B31</b>			15.22	0.015	124.51	125	113.6
	N20-B25	244	23.64	0.024	155.18	160	145.4
<b>B25</b>			23.64	0.024	155.18	160	145.4

	B25-B26	384.3	5.4	0.005	74.16	75	66.6
<b>B26</b>			5.4	0.005	74.16	75	66.6
	N17-N21	918.5	72.29	0.072	271.36	315	286.4
<b>N21</b>			72.29	0.072	271.36	315	286.4
	N21-B34	275.24	9.93	0.010	100.57	110	100
<b>B34</b>			9.93	0.010	100.57	110	100
	N21-B35	321.67	62.36	0.062	252.03	315	286.4
<b>B35</b>			62.36	0.062	252.03	315	286.4
	B35-B32	597.85	54.23	0.054	235.03	250	227.3
<b>B32</b>			54.23	0.054	235.03	250	227.3
	B32-B29	413.85	43.24	0.043	209.87	250	227.3
<b>B29</b>			43.24	0.043	209.87	250	227.3
	B29-N22	413.85	37.69	0.038	195.94	200	181.8
<b>N22</b>			37.69	0.038	195.94	200	181.8
	N22-B27	86.57	7.35	0.007	86.53	90	81.8
<b>B27</b>			7.35	0.007	86.53	90	81.8
	N22-N23	421.3	30.34	0.030	175.80	200	181.8
<b>N23</b>			30.34	0.030	175.80	200	181.8
	N23-B28	64.88	4.86	0.005	70.36	90	81.8
<b>B28</b>			4.86	0.005	70.36	90	81.8
	N23-B15	250.96	15.48	0.015	125.57	160	145.4
<b>B15</b>			15.48	0.015	125.57	160	145.4
	B15-B16	521.87	11.07	0.011	106.19	110	100
<b>B16</b>			11.07	0.011	106.19	110	100
	N5-B1	47.57	7.21	0.007	85.70	90	81.8
<b>B1</b>			7.21	0.007	85.70	90	81.8
	N5-B3	154.5	22.99	0.023	153.03	160	145.4
<b>B3</b>			22.99	0.023	153.03	160	145.4
	N7-B19	187.65	13.16	0.013	115.78	125	113.6
<b>B19</b>			13.16	0.013	115.78	125	113.6
	N6-B6	103.4	13.96	0.014	119.25	125	113.6
<b>B6</b>			13.96	0.014	119.25	125	113.6

### VI.5.2.3 Calcul des pressions :

Le calcul a été fait par le logiciel **EPANET**

Les résultats des calculs sont présentés dans la figure 2 et le tableau 7 ci-dessous :

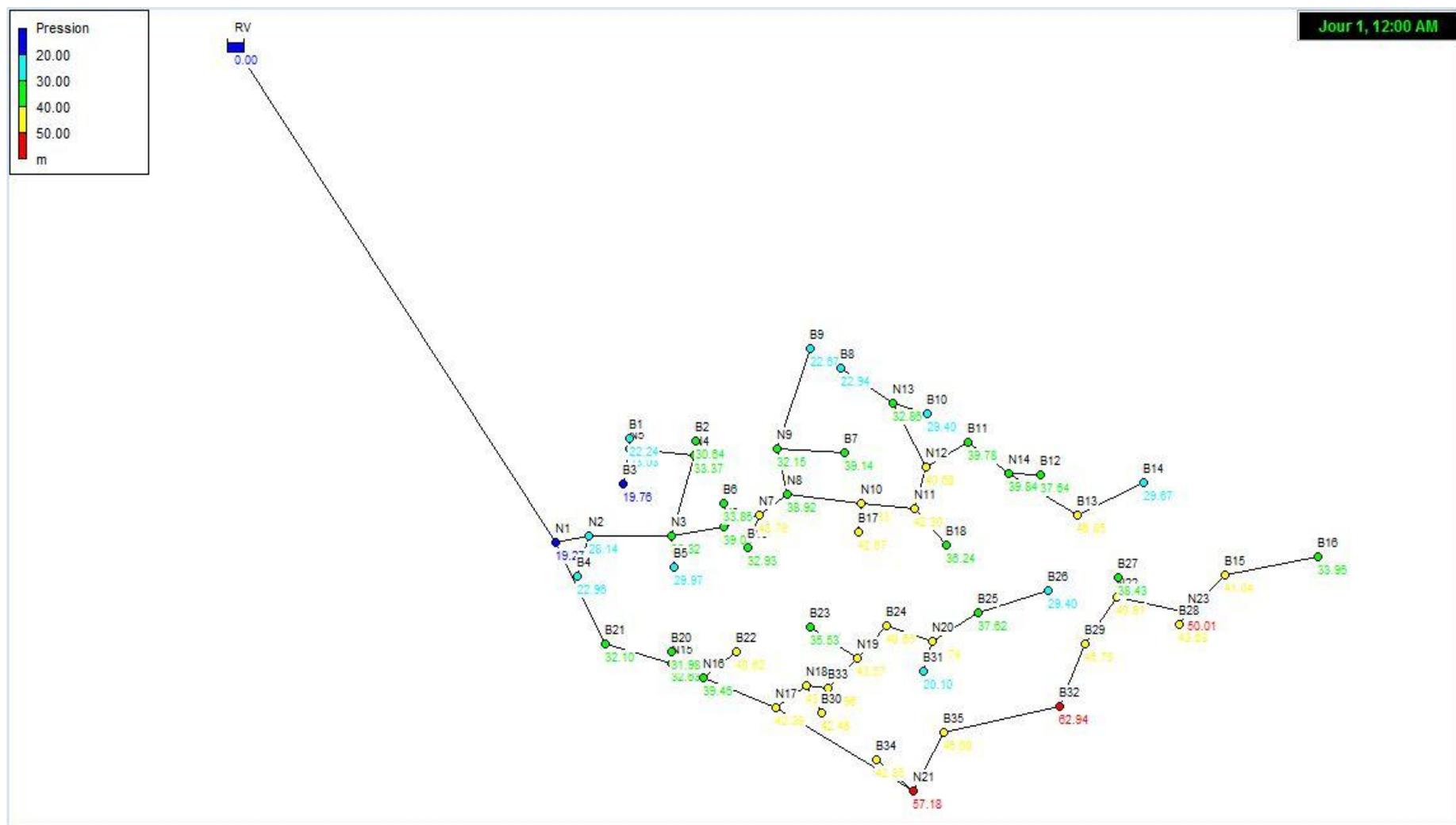


Figure 2: Simulation du réseau de distribution de plateau Tiara variante 1 (Epanet).

Tableau 7: Les résultats de calculs (Altitudes des nœuds, demande, charge totale et pression).

ID Nœud	Altitude m	Demande Base LPS	Demande LPS	Charge m	Pression m
Noeud N2	660	0	0	688.14	28.14
Noeud N3	652	0	0	687.32	35.32
Noeud N6	648	0	0	687	39
Noeud N8	647	0	0	685.92	38.92
Noeud N10	643	0	0	685.33	42.33
Noeud N11	642	0	0	684.3	42.3
Noeud B13	634	14.84	14.84	680.05	46.05
Noeud N4	653	0	0	686.37	33.37
Noeud N9	652	0	0	684.15	32.15
Noeud N13	648	0	0	680.86	32.86
Noeud N14	642	0	0	681.84	39.84
Noeud N1	669	0	0	688.27	19.27
Noeud N19	640	0	0	683.57	43.57
Noeud B24	642	10.42	10.42	682.55	40.55
Noeud N20	634	0	0	678.74	44.74
Noeud B33	640	3.23	3.23	684.96	44.96
Noeud B35	636	8.13	8.13	682.6	46.6
Noeud B32	617	10.99	10.99	679.94	62.94
Noeud N22	635	0	0	675.91	40.91
Noeud N23	624	0	0	674.01	50.01
Noeud B15	632	4.41	4.41	673.04	41.04
Noeud B16	632	11.07	11.07	665.96	33.96
Noeud B21	655	3.87	3.87	687.1	32.1
Noeud N15	654	0	0	686.63	32.63
Noeud N16	647	0	0	686.46	39.46
Noeud N17	643	0	0	685.39	42.39
Noeud N5	662	0	0	685.03	23.03
Noeud B1	662	7.21	7.21	684.24	22.24
Noeud B2	655	10.33	10.33	685.64	30.64
Noeud B3	664	22.99	22.99	683.76	19.76
Noeud B4	664	20.28	20.28	686.96	22.96
Noeud B5	656	12.93	12.93	685.97	29.97
Noeud B19	652	13.16	13.16	684.93	32.93

<b>Noeud B6</b>	652	13.96	13.96	685.85	33.85
<b>Noeud B9</b>	657	12.9	12.9	679.67	22.67
<b>Noeud B8</b>	654	14.18	14.18	676.94	22.94
<b>Noeud B7</b>	644	25.67	25.67	683.14	39.14
<b>Noeud B17</b>	642	19.37	19.37	684.57	42.57
<b>Noeud B10</b>	650	23.74	23.74	679.4	29.4
<b>Noeud B11</b>	643	8.26	8.26	682.78	39.78
<b>Noeud B12</b>	643	11.89	11.89	680.64	37.64
<b>Noeud B14</b>	645	14.19	14.19	674.67	29.67
<b>Noeud B18</b>	642	7.87	7.87	678.24	36.24
<b>Noeud B20</b>	654	6.06	6.06	685.98	31.98
<b>Noeud B22</b>	645	16.58	16.58	685.62	40.62
<b>Noeud B23</b>	644	10.44	10.44	679.53	35.53
<b>Noeud B31</b>	634	15.22	15.22	654.1	20.1
<b>Noeud B26</b>	638	5.4	5.4	667.4	29.4
<b>Noeud N18</b>	642	0	0	685.14	43.14
<b>Noeud B30</b>	641	10.18	10.18	683.46	42.46
<b>Noeud N21</b>	626	0	0	683.18	57.18
<b>Noeud B34</b>	638	9.93	9.93	680.35	42.35
<b>Noeud B27</b>	636	7.35	7.35	674.43	38.43
<b>Noeud B28</b>	626	14.86	14.86	669.68	43.68
<b>Noeud B25</b>	639	18.24	18.24	676.62	37.62
<b>Noeud B29</b>	633	5.55	5.55	678.75	45.75
<b>Noeud N12</b>	643	0	0	683.68	40.68
<b>Noeud N7</b>	643	0	0	686.78	43.78
<b>Bâche RV</b>	690	Sans Valeur	425.7	690	0

## VI.5.2.4 Calcul des pertes de charge :

La vérification a été faite par le logiciel EPANET :

Les résultats des calculs sont présentés le tableau 8 ci-dessous :

Tableau 8 : les résultats de calcul (débits, vitesses et pertes de charges)

ID Arc	Longueur m	Diamètre mm	Débit LPS	Vitesse m/s	Pert. Charge Unit. m/km
Tuyau C9	238.9	500	180.03	0.92	1.34
Tuyau C31	157.1	500	162	0.83	1.1
Tuyau C55	47.57	90	7.21	1.13	16.52
Tuyau C56	154.5	160	22.99	1.14	8.22
Tuyau C8	141.6	125	12.93	1.05	9.54
Tuyau C58	103.4	125	13.96	1.14	11.05
Tuyau C13	306.7	200	25.67	0.82	3.29
Tuyau C30	54.54	90	6.06	0.95	11.86
Tuyau C32	189.1	160	16.58	0.82	4.41
Tuyau C41	137.8	75	15.22	3.45	178.8
Tuyau C50	86.57	90	7.35	1.16	17.14
Tuyau C52	64.88	90	14.86	2.34	66.66
Tuyau C3	183.38	160	20.28	1.01	6.47
Tuyau C4	374	500	233.49	1.19	2.21
Tuyau C5	372.2	250	40.53	0.83	2.55
Tuyau C7	298.3	200	30.2	0.96	4.48
Tuyau C12	247.2	200	38.57	1.23	7.16
Tuyau C14	471.02	125	12.9	1.05	9.5
Tuyau C42	244	160	23.64	1.18	8.67
Tuyau C15	338.45	400	114.34	0.91	1.73
Tuyau C16	129.04	160	19.37	0.96	5.92
Tuyau C17	253.9	315	94.97	1.22	4.05
Tuyau C18	310.47	90	7.87	1.24	19.54
Tuyau C21	343.98	125	14.18	1.16	11.38
Tuyau C22	167.44	160	23.74	1.18	8.74
Tuyau C24	358.9	250	40.92	0.83	2.6
Tuyau C25	147.9	125	11.89	0.97	8.13
Tuyau C26	431.7	200	29.03	0.92	4.16
Tuyau C27	471.9	125	14.19	1.16	11.4

<b>Tuyau C29</b>	401	500	168.06	0.86	1.18
<b>Tuyau C33</b>	389.3	400	145.42	1.16	2.74
<b>Tuyau C34</b>	335.62	400	73.13	0.58	0.74
<b>Tuyau C35</b>	98.36	315	62.95	0.81	1.85
<b>Tuyau C36</b>	145.3	110	10.18	1.07	11.55
<b>Tuyau C37</b>	259.6	250	59.72	1.22	5.35
<b>Tuyau C38</b>	333	110	10.44	1.1	12.12
<b>Tuyau C39</b>	275.65	250	49.28	1	3.7
<b>Tuyau C40</b>	525.1	200	38.86	1.24	7.26
<b>Tuyau C43</b>	384.3	75	5.4	1.22	24
<b>Tuyau C44</b>	918.5	315	72.29	0.93	2.4
<b>Tuyau C45</b>	257.24	110	9.93	1.04	11.01
<b>Tuyau C46</b>	321.67	315	62.36	0.8	1.81
<b>Tuyau C47</b>	597.85	250	54.23	1.1	4.45
<b>Tuyau C48</b>	413.85	250	43.24	0.88	2.89
<b>Tuyau C49</b>	413.85	200	37.69	1.2	6.85
<b>Tuyau C51</b>	421.3	200	30.34	0.97	4.52
<b>Tuyau C53</b>	250.96	160	15.48	0.77	3.87
<b>Tuyau C54</b>	521.87	110	11.07	1.16	13.55
<b>Tuyau C1</b>	2643	800	425.7	0.85	0.66
<b>Tuyau C2</b>	155.6	630	253.77	0.81	0.81
<b>Tuyau C6</b>	61.48	110	10.33	1.09	11.87
<b>Tuyau C19</b>	182.46	315	87.1	1.12	3.43
<b>Tuyau C20</b>	406.5	200	37.92	1.21	6.93
<b>Tuyau C23</b>	244.1	250	49.18	1	3.69
<b>Tuyau C28</b>	950.4	500	171.93	0.88	1.23
<b>Tuyau C10</b>	189.5	500	166.07	0.85	1.15
<b>Tuyau C11</b>	285.52	400	152.91	1.22	3.02
<b>Tuyau C57</b>	187.65	125	13.16	1.07	9.87

**Variante 2 :**

La variante (2) est moins coûteuse que la variante (1) on raison des ouvrages existantes, mais cette variante ne plus répond pas les besoins des agricultures. D'après les résultats obtenus par le logiciel EPANET figure (3), on remarque que plusieurs bornes de la variante (2), présentent des pressions faibles voir négatives.

On conclut que la variante (2) ne répond pas aux exigences du système d'irrigation de périmètre Plateau Tiara. Cette variante est donc exclue.

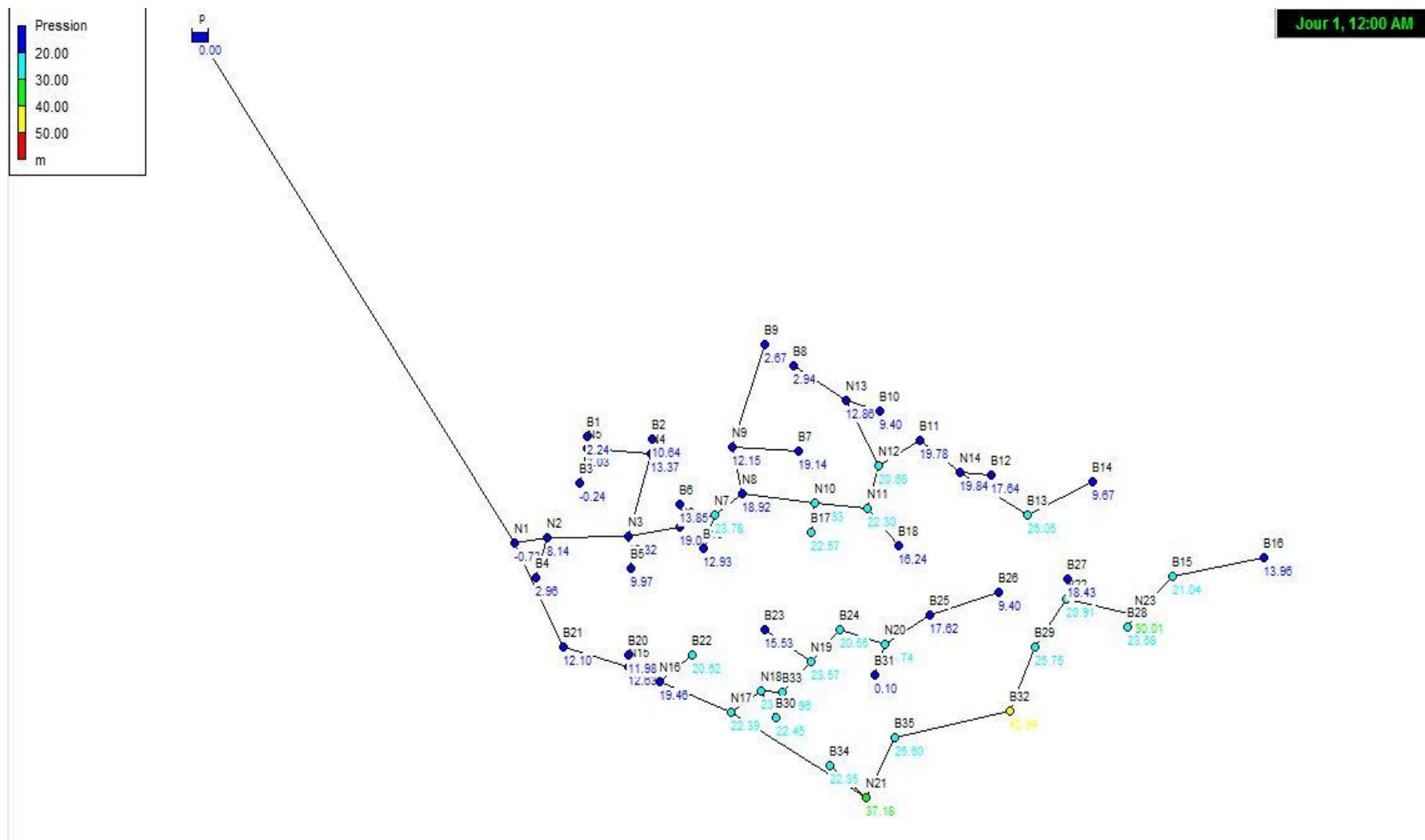


Figure 3 : Simulation du réseau de distribution de plateau Tiara variante 2 (Epanet).

**VI.6 Conclusion :**

Dans ce chapitre nous avons proposé une variante pour le périmètre nord et deux variantes pour le périmètre sud et on a étudié leurs faisabilité en calculant les différentes pressions au niveau de chaque borne et cela à partir de calcul des diamètres des conduites.

Pour la variante du périmètre nord, nous avons projeté un système d'adduction sans réservoir ni pompage, puisque le Barrage est situé juste en amont du périmètre qui reste constamment alimenté par ce Barrage.

La simulation par logiciel Epanet de la variante (2) du périmètre sud démontre que cette variante ne répond pas aux exigences de notre système d'irrigation, donc on retient la variante (1).

## CHAPITRE VII : Les techniques d'irrigation

### VII.1 Introduction :

Ce chapitre a pour bute d'étudier les différentes techniques d'irrigation puis on va choisir la technique qui correspond avec les caractéristiques de notre périmètre.

Nous avons donc choisi de détailler dans un premier temps les différentes techniques d'irrigations utilisés dans les zones semi-arides et leurs récentes innovations vis-à-vis de l'économie d'eau.

### VII.2 Les différentes méthodes d'irrigations :

Les techniques d'irrigation peuvent être rangées en trois (03) classes, soit :

- L'irrigation de surface
- L'irrigation par sous pression
- L'irrigation localisée ou micro irrigation
- irrigation souterraine.

#### VII.2.1 L'irrigation de surface :

L'irrigation de surface ou irrigation gravitaire consiste à repartir l'eau directement sur la parcelle cultivée par la force de gravité, Il s'agit du mode d'irrigation le plus ancien et le plus utilisé, Elle est subdivisée en :

##### a. L'irrigation par planche et par bassin :

Ces techniques sont utilisées pour les cultures semées à plat telles que les céréales, le bersim, la luzerne, des plantes fourragères etc.

##### b. L'irrigation par infiltration (à la raie) :

Cette technique est utilisée pour les cultures semées en billon telle que la betterave à sucre et la pomme de terre.

Elle consiste à couvrir partiellement le sol par l'eau qui, ensuite, s'infiltré latéralement et remonte par capillarité. Au lieu de s'étendre sur toute la surface, l'eau quittant le canal d'amenée ruisselle puis s'infiltré dans les rigoles bordant les billons sur lesquels sont implantées les cultures.

S'infiltrant latéralement et remontant par capillarité, elle atteint les racines.



Figure 1 : Irrigation à la raie par siphon



Figure 2 : Irrigation à la raie par gaine

**VII.2.1.1 Les avantages de l'irrigation de surface :**

- il est peu coûteux en investissement pour l'équipement ;
- Pas de dépense pour la mise sous pression de l'eau ;
- possibilité de lessivage sans risques d'érosion ;

**VII.2.1.2 Les inconvénients :**

- Pertes importantes d'eau ;
- Temps d'irrigation important ;
- Nécessité de nivellement du terrain.
- Main d'œuvre importante.

**VII.2.2 L'irrigation par sous pression :**

L'eau est acheminée aux cultures par pompage artificiel.

**a. L'irrigation par aspersion :**

L'eau est transportée dans des réseaux de conduites sous pression puis délivrée au niveau de la parcelle par des bornes qui régulent la pression et le débit. L'eau est ensuite dirigée dans d'autres conduites qui alimentent sous pression des asperseurs qui répandent l'eau en pluie.



Figure 3 : irrigation par aspersion

**VII.2.2.1 Les inconvénients:**

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

**VII.2.2.2 Les avantages :**

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

**b. L'aspersion mécanisée (le pivot) :**

L'aspersion mécanisée est très souvent utilisée dans les grandes exploitations. On y utilise des systèmes de rampes pivotantes et de rampes frontales. Le système de rampe pivotante est constitué d'une conduite avec arroseurs, supportée à l'une de ses extrémités par une tour à pivot central d'où l'eau arrive, une série de tours munies de roues et un moteur électrique ou hydraulique.

Pour les rampes frontales, toutes les tours sont mobiles et le déplacement se fait latéralement. Pour alimenter le système en eau, l'alimentation se fait soit par un fossé creusé au milieu ou au bord du champ, soit par un tuyau flexible. En revanche, l'investissement doit être très important et la consommation énergétique très élevée.

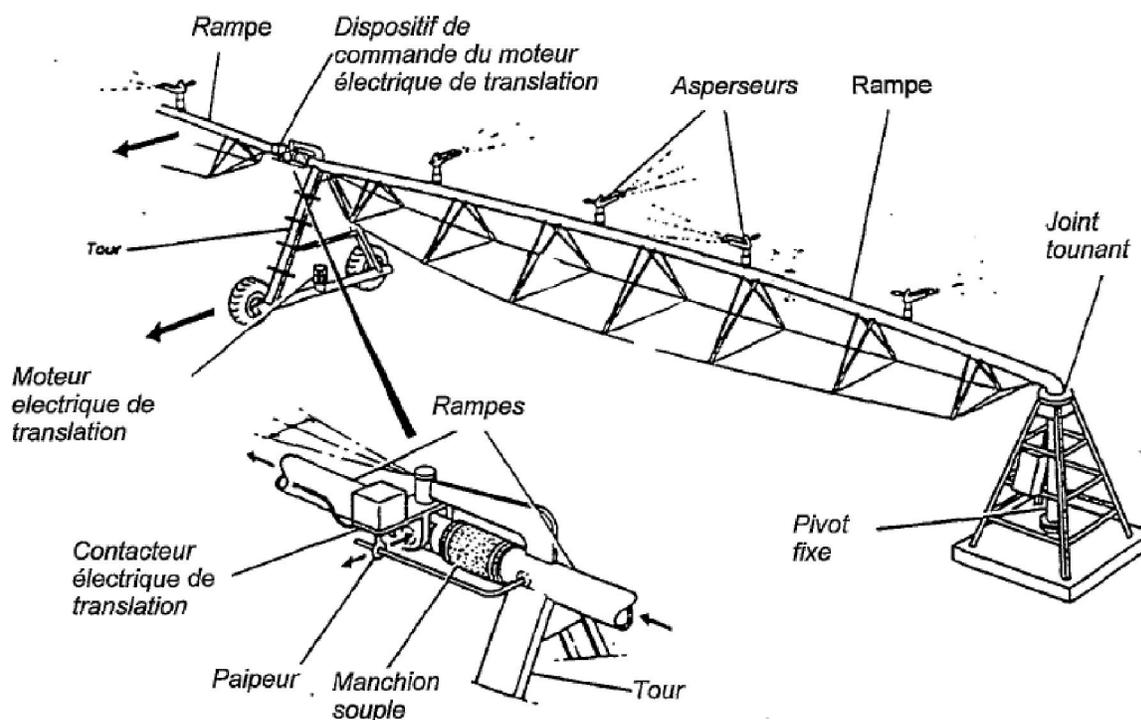


Figure 4 : Pivot

### VII.2.3 L'irrigation localisé ou micro irrigation :

On appelle irrigation au goutte-à-goutte l'application lente et localisée d'eau, littéralement au goutte-à-goutte, au niveau d'un point ou d'une grille de points sur la surface du sol. Si l'eau s'écoule à une vitesse inférieure à la capacité d'absorption ou d'infiltration du sol, celui-ci n'est pas saturé et il ne reste pas d'eau qui stagne ou ruisselle à la surface.

L'eau est amenée jusqu'aux orifices de gouttage par un assemblage de tuyaux en plastique, généralement en polyéthylène opaque ou en PVC résistant aux intempéries. Des canalisations latérales, alimentées par une conduite maîtresse, sont posées sur le sol. Ces canalisations, généralement d'un diamètre de 10 à 25 mm, sont perforées ou munies de goutteurs spéciaux.

Chaque goutteur doit déverser l'eau goutte à goutte sur le sol, à un débit prédéterminé, allant de 1 à 10 litres par heure.

La pression de l'eau dans les tuyaux est ordinairement comprise entre 0,5 et 2,5 atmosphères.

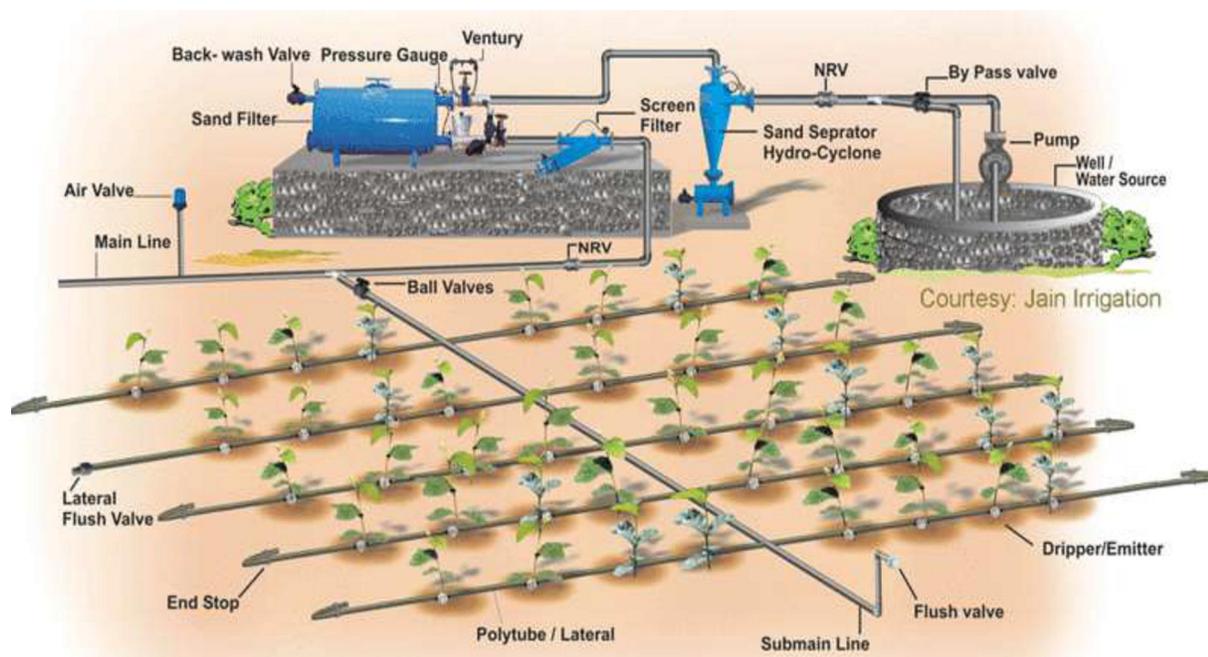


Figure 5 : système d'irrigation au goutte-à-goutte

### VII.2.3.1 Les Avantages :

- Economie d'eau : l'eau est apportée directement et exclusivement au niveau des racines donc l'humidité au voisinage des racines restent élevée.
- Economie d'énergie : faible pression pour les goutteurs.
- Contrôle de la fertilisation : dosage régulier en engrais.
- Possibilité d'automatisation.
- Installation fixe sur le terrain, donc très faible besoin de main d'œuvre.
- Meilleure utilisation des sols difficiles : les sols très lourds sont difficiles à irriguer par aspersion ; et les sols très légers ne peuvent être irrigués avec les techniques d'irrigations de surface.

- Exploitation plus facile : ne gêne en rien les autres opérations culturales "traitement, récolte".
- Protection sanitaire plus efficace sur les feuillages : les produits phytosanitaires ne sont pas lessivés par l'irrigation.
- Le non sensibilité aux vents forts.

#### **VII.2.3.2 Les inconvénients :**

- Coût globalement élevé qui fait réserver cette technique aux cultures à forte valeur ajoutée.
- Exige un haut degré de compétence à tous les niveaux : étude préliminaire agro pédologique, conception de l'installation, conduite des arrosages par l'irrigation.
- Nécessite une maintenance rigoureuse, en raison des risques liés à une éventuelle interruption des arrosages.
- Fonctionne avec du matériel délicat à durée de vie relativement faible.
- Contrôle difficile des goutteurs.
- Apte seulement pour les cultures en ligne (arboricoles et maraîchères).

#### **VII.2.4 Irrigation souterraine :**

L'irrigation souterraine consiste à amener de l'eau jusqu'à la zone racinaire des plantes en régularisant, par des moyens artificiels, la hauteur de la nappe souterraine. Cette méthode peut être appliquée dans les endroits où la nappe est naturellement haute, ce qui est souvent le cas le long des vallées fluviales ou dans les zones arides où l'intérêt est de remonter la nappe phréatique vers les racines.

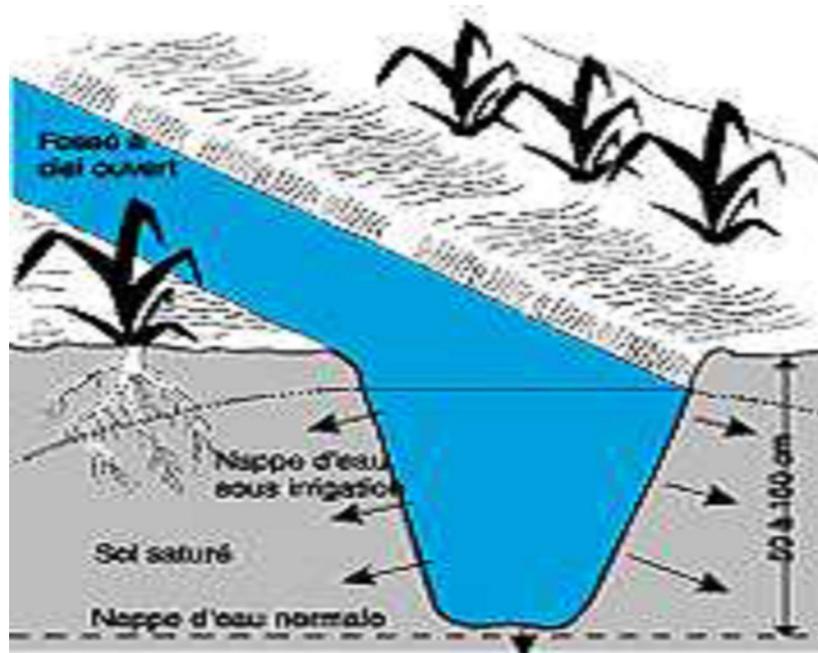


Figure 6 : Elévation de la nappe phréatique pour l'irrigation souterraine,

### VII.3 Choix de la technique d'arrosage :

Le choix de la technique d'irrigation se fait à la base de plusieurs facteurs et on particulier :

- La pente du terrain à irriguer
- Le débit dont on dispose
- Nature du sol (perméabilité)
- Nature des cultures
- Facteurs économiques
- Rentabilité de l'opération.

A cause de la variété des conditions naturelles (perméabilité, pente,...) ainsi la quantité limitée des eaux du barrage Ladrat, la technique d'arrosage par goutte à goutte est la plus adéquate à la zone d'étude.

**VII.4 Conclusion :**

Grâce à ce chapitre, nous avons donc essayé, de faire un inventaire des différentes techniques, existantes ou à venir, d'irrigation en milieu semi aride et de les comparer. Nous nous sommes donc divisés le travail en quatre grandes techniques d'irrigation (l'irrigation gravitaire, l'aspersion, localisé et l'irrigation souterraine) afin de déterminer, si possible, la meilleure. Après avoir mis en commun nos documents nous nous sommes rendu compte que, finalement, il n'existe pas de meilleure technique. En effet chaque technique possède des avantages et des inconvénients. Certaines ont besoin d'un fort capital d'investissement et d'une faible main d'œuvre ou inversement ; pour finir certaines sont efficaces sur des terrains à relief quasiment plat, quand d'autres peuvent être utilisées sur tous types de terrains. Donc lorsqu'un exploitant décide d'irriguer son champ, il doit donc analyser ses ressources (physiques, monétaires), les caractéristiques de son champ et du sol, la qualité et l'abondance de l'eau... afin de choisir la meilleure technique d'irrigation et obtenir un rendement optimal.

## CHAPITRE VIII : Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par goutte-à-goutte

### VIII.1 Introduction :

Dans ce chapitre nous allons présenter la technique d'irrigation par goutte-à-goutte cette technique d'irrigation est présente largement dans les régions semi-aride en plus son a un grand rôle dans l'amélioration de rendement d'agriculture.

### VIII.2 Données départ :

#### ➤ Choix de la culture :

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

Nous allons prendre un ilot d'irrigation comme un exemple, l'ilot 06 du périmètre sud alimentée par la borne (B05). Le tableau 1 ci- dessous représente les caractéristiques du l'ilot choisi:

Tableau 1 : caractéristique du l'ilot choisi

N° ilot	06
Surface	10.02
Largeur	310
Longueur	330
Nature de sol	Argileux
Type de culture	arboricultures : pommier

- **Espacement :**    Espacement entre arbres : 4 m  
                                 Espacements entre rangs : 4 m

➤ **Caractéristique du goutteur :**

- Débit nominal : 4 l/h
- Pression nominal : 10 m.c.e
- Espacement des goutteurs : 1 m
- Le nombre de goutteur par arbre : 2

➤ **Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée :**

**Influence du taux de couverture du sol**

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

On applique alors à L'ETM un coefficient de réduction :  $K_r$

$K_r$  dépend du taux de couverture du sol ( $C_s = 60\%$ ) par les plantes adultes et peut être calculé par diverses formules proposées ci-après:

✓ KELLER et KARMELI (1974) :

$$K_r = \frac{C_s}{0.85}$$

✓ La formule de Freeman et Garzoli :

$$K_r = C_s + 0.5(1 - C_s)$$

✓ La formule de Decroix (CTGREF) :

$$K_r = 0.1 + C_s$$

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

$K_r = 0.71$  selon Keller et Karmeli

$K_r = 0.80$  selon Freeman et Garzoli

$K_r = 0.70$  selon Decroix (CTGREF)

On prendra un coefficient  $K_r = 0.80$

$$B_{ji} = B_j * K_r$$

Besoins maximum de pommier au mois de pointe = 286.17 mm

$$B_{ji} = 9.54 * 0.8 = \mathbf{7.63 \text{ mm/j}}$$

### VIII.3 Dimensionnement théorique :

Le dimensionnement du réseau d'irrigation localisée (le système goutte à goutte), dont les principales caractéristiques ont été définies précédemment. Pour ce projet, nous avons choisi d'étudier les pommiers.

#### VIII.3.1 Dose nette pratique :

La deuxième étape en micro-irrigation, est la détermination d'une fraction ou pourcentage d'humidification du bulbe humide dans la zone racinaire. La différence par rapport aux autres systèmes (gravitaire ou par aspersion) est qu'il ne s'agit plus d'humidifier uniformément la totalité du sol sur une même profondeur h (Ollier & Poirée, 1981).

La dose (RFU) étant définie par la hauteur d'eau P :

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

Tel que :  $H_{cc}$  : humidité à la capacité au champ (29%)

$H_{pf}$  : humidité au point de flétrissement (14.5%)

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

Z : profondeur d'enracinement en (1200 mm)

P : Pourcentage du sol humidifié

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

n : Nombre de point de distribution par arbre

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

$S_h$  : Largeur de la bande humidifiée

$S_r$  : Ecartement entre rangs d'arbre

$S_a$  : espacement des arbres sur les rangs

$$P = (2 \cdot 1 \cdot 2) / (4 \cdot 4) = 25\%$$

$$H_{cc} = 35\% \text{ et } H_{pf} = 17\%$$

$$Z : 1200\text{mm}$$

$$Y : 2/3.$$

Donc :

$$D_p = (0.35-0.17).(1200).(2/3).(1.88)=270.7\text{mm.}$$

$$D_p = 270.7 \text{ mm}$$

$$\text{Dose corrigée : } D_{cr} = 270.7 * 0.25 = 67.68 \text{ mm}$$

$$D_{cr} = 67.68 \text{ mm.}$$

### VIII.3.2 Calcul de la dose brute :

$$D_{brut} = D_{cr} / (C_u * \text{eff})$$

$$D_{brute} = 83.55 \text{ mm/mois}$$

Cu : coefficient d'uniformité Cu=90%

Eff : efficience du réseau d'irrigation Eff=90%

### VIII.3.3 Fréquence des arrosages :

La fréquence d'arrosage est donnée par la formule suivante :

$$Fr = \frac{\text{Dose nette}}{B_{jl}}$$

$$Fr = (83.55/7.63)$$

$$Fr = 10.95 \text{ jours}$$

Donc on prend Fr = 10 jours.

Donc on prend un intervalle de **10 jours**.

On recalcule la nouvelle dose réelle :

$$D_r = 10 * 7.63 = 76.3 \text{ mm}$$

Et la dose brute :

$$D_{brute} = \frac{D_r}{C_u * \text{eff}}$$

$$D_{brute} = 76.3 / (0.9 * 0.9) = 94.2 \text{ mm}$$

$$D_{brute} = 94.2 \text{ mm}$$

### VIII.3.4 Durée d'arrosage par mois :

$$\theta = \frac{D_r * S_a * S_r}{n * qg}$$

$\theta = 152.6$  heures / mois.

qg : débit du goutteur.

### VIII.3.5 Durée d'arrosage journalier :

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

$D_j = 15.26$  heures/jours

### VIII.3.6 Nombre de poste :

Le nombre de poste par jour est défini comme suit :

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

$N = 1.31$

On prend 2 postes.

### VIII.3.7 Surface du poste :

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

$S_p = 5.01$  ha

A partir de cette surface, on peut déduire les dimensions nécessaires des rampes et porte rampes.

## VIII.4 Calculs hydrauliques :

### VIII.4.1 Conditions hydrauliques de base :

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

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

La variation maximale de la pression

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

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

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

H(n) : pression nominal

$$0.1 = 0.5 \frac{\Delta H(\max)}{10}$$

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

#### **VIII.4.2 Le débit :**

$$Q_r = Q_g * N_r$$

$$Q_{pr} = Q_r \cdot N_r$$

Avec:

.  $Q_r$  : Débit de rampe

.  $Q_g$ : Débit du goutteur

.  $N_g/r$  : Nombre des goutteurs par rampe

.  $N_r$  : Nombre des rampes

$Q_{pr}$ : Débit de porte rampe

La longueur de la rampe: 151 m

La longueur de la porte rampe: 326 m

La longueur de la conduite secondaire : 155m

#### **VIII.4.3 Le nombre d'arbres par rampe:**

$$N \text{ arbres} = L_r / E_r = 75 \text{ arbres/rampe}$$

#### **VIII.4.4 Nombre des goutteurs par rampe:**

$$N = N_{\text{arbres}} * n = 150 \text{ goutteurs}$$

#### **VIII.4.5 Le nombre des rampes:**

$$N_r = L_{pr} / E_r = 81 \text{ rampes}$$

#### **VIII.4.6 Débit de la rampe :**

$$Q_r = N_g * Q_g$$

$$Q_r = 4 * 150 = 600 \text{ l/h}$$

#### **VIII.4.7 Débit de la porte rampe:**

$$Q_{pr} = Q_r * N_r = 600 * 81 = 48600 \text{ l/h}$$

#### **VIII.4.8 Nombre de porte rampe:**

$$N_{pr} = 1$$

#### **VIII.4.9 Débit de la conduite secondaire**

$$Q_{csl} = Q_{pr} * N_{pr} = 48600 * 1 = 48600 \text{ l/h}$$

### **VIII.5 Dimensionnement des canalisations du réseau :**

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

#### **VIII.5.1 Calcul des diamètres et vérification des pertes de charges :**

##### **a. Calcul de diamètre des rampes et portes rampes :**

Le diamètre de rampes ainsi que des portes rampes est calculé par la formule suivante :

$$D_{(mm)} = [(pdc_i * 2.75) / (0.478 * Q_i^{1.75} * L_i)]^{(-1/4.75)}$$

Avec :

$L_i$  : longueur de la conduite.

$Q_i$  : débit (l/h) (de rampe ou porte rampe).

$Pdc_i$  : perte de charge dans les conduites.

##### **b. vérification des pertes de charges :**

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

$$\Delta H = (3.592 / C_w)^{1.852} * (L / D^{4.87}) * Q^{1.852}$$

Ou :  $L$  : la longueur de la conduite ;

Q : débit (l/h) ;

D : diamètre intérieur de la canalisation ;

C<sub>w</sub> : 140 PEHD ;

Les résultats de calcul sont représentés dans le tableau 2 ci-dessous :

Tableau 2 : calculs des diamètres et pertes de charges de la rampe et porte rampe

	Surface (ha)	L (m)	Q (l/h)	H (m) P.charge	Dcal (mm)	Dn (mm)	Hcal (m)
<b>Rampe</b>	10.02	151	600	1.2	19.77	20	0.12
<b>Porte rampe</b>	10.02	326	48600	0.6	85.78	90	0.53

Pour la rampe la valeur de la perte de charges calculée est inférieure à 1.2 mce (hr max).

Pour la porte rampe la valeur de la perte de charges calculée est inférieure à 0.6 mce (hr max).

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

**c. Calcul des diamètres des conduites secondaires :**

Pour calculer le diamètre on doit fixer la vitesse d'écoulement (valeur optimale) d'environ 1.05 m/s tel que :

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

V : vitesse d'écoulement (m/s).

Tableau 3 : calculs des diamètres et pertes de charges de la conduite secondaire

	Surface (m <sup>2</sup> )	L (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	Vitesse supposée (m/s)	Dcal (mm)	Dn (mm)	Hcal (m)
<b>c. secondaire</b>	100200	155	0.01	1.05	110.1	110	0.1

**VIII.6 La pression d'eau à la borne de distribution :**

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

## CHAPITRE VIII: Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par goutte-à-goutte

---

Les pertes de charge de la borne jusqu'au le goutteur le plus défavorable :

Tableau 4 : récapitulatif des calculs des diamètres et pertes de charges

	<b>La rampe</b>	<b>Porte rampe</b>	<b>Conduite secondaire</b>
<b>Longueur(m)</b>	151	326	155
<b>Diamètre(m)</b>	20	90	110
<b>Débit (m<sup>3</sup>/s)</b>	1.66*10 <sup>-4</sup>	0.01	0.01
<b>Pertes de charge(m)</b>	0.12	0.53	0.1

A partir du tableau on peut déterminer la perte de charge totale entre la borne d'irrigation jusqu'à le goutteur le plus défavorable ;

Donc la pression demandée à la borne égale à la pression nominale plus la somme des pertes de charges.

$$\Delta h = 10 + 0.12 + 0.53 + 0.1 = \mathbf{10.75m.}$$

### **VIII.7 Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons abordé le dimensionnement de l'irrigation à la parcelle par le système du goutte-à-goutte.

L'irrigation localisée (goutte à goutte), le dimensionnement prend en considération des facteurs agronomiques et hydrauliques. Dans notre projet, nous avons étudié l'irrigation goutte-à-goutte d'une parcelle de pommier.

Enfin, on doit noter que le pilotage d'irrigation est nécessaire pour une bonne gestion d'un réseau d'irrigation et une utilisation rationnelle de l'eau.

## CHAPITRE IX : Calcul technico-économique

### IX.1 Introduction :

Le calcul du devis estimatif et quantitatif, nous permis d'avoir une idée sur le coût de réalisation de notre projet, Ce calcul consiste alors à déterminer les quantités de toute les opérations effectuées sur terrain pour la réalisation du projet, ensuite les multipliées par le prix unitaire correspondant.

Le but de ce chapitre est estimé toute les frais du projet pour des raisons économique.

### IX.2 Devis du réseau d'irrigation :

Le tableau 1 ci-dessous présentés les différentes pièces utilisées dans notre projet :

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

Pièces		Unité de mesure	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
<b>TubeØ63</b>	<b>PEHD</b>	m/l	260	297.95	77467
<b>TubeØ75</b>	<b>PEHD</b>	m/l	1147.5	407.8	467950.5
<b>TubeØ90</b>	<b>PEHD</b>	m/l	704.16	510.71	359621.5536
<b>TubeØ110</b>	<b>PEHD</b>	m/l	2214.4	767.19	1698865.536
<b>TubeØ125</b>	<b>PEHD</b>	m/l	2845.96	997.9	2839983.484
<b>TubeØ160</b>	<b>PEHD</b>	m/l	1977.09	1660	3281969.4
<b>TubeØ200</b>	<b>PEHD</b>	m/l	4466.37	2472	11040866.64
<b>TubeØ250</b>	<b>PEHD</b>	m/l	3393.08	3816	12947993.28
<b>TubeØ315</b>	<b>PEHD</b>	m/l	3207.49	5650	18122318.5
<b>TubeØ400</b>	<b>PEHD</b>	m/l	4440.91	9320	41389281.2
<b>TubeØ500</b>	<b>PEHD</b>	m/l	3991.77	14911	59521282.47
<b>TubeØ630</b>	<b>PEHD</b>	m/l	155.6	23123.5	3598016.6
<b>TubeØ800</b>	<b>Acier</b>	m/l	2643	42000	111006000
<b>Vanne Ø90</b>		U	8	8000	64000
<b>Vanne Ø110</b>		U	12	10000	120000
<b>Vanne Ø160</b>		U	9	12000	108000
<b>Vanne Ø200</b>		U	6	13000	78000
<b>Borne d'irrigation</b>		U	67	12000	804000
				<b>TOTAL (HT)</b>	<b>267525616</b>

### IX.3 Calcul du volume de terrassement :

#### a. Largeur du fond de la tranchée :

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

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

Avec :

B : largeur de la tranchée (m)

d : diamètre de la conduite (m)

#### b. Profondeur de la tranchée :

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

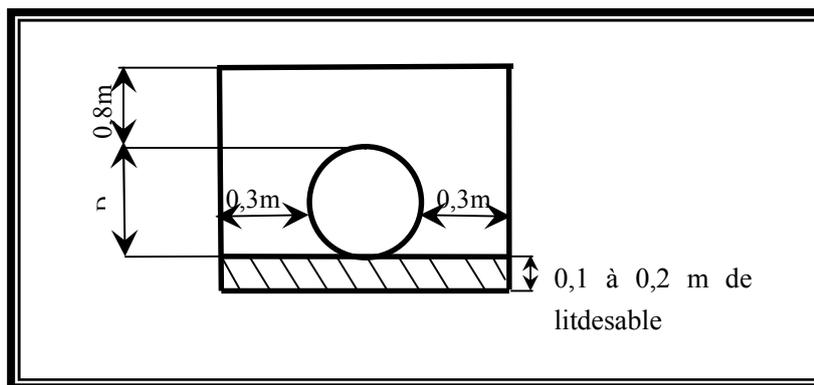


Figure 1 : Schéma d'une tranchée

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

Avec :

H : profondeur de la tranchée. (m)

e : hauteur de lit de pose. (m)

d : diamètre de la conduite. (m)

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

## IX.4 La conduite principale:

### IX.4.1 Calcul du volume et prix de déblai :

#### a) Calcul du volume de déblai :

La surface à calculer est la surface rectangulaire

$$S=B*H$$

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

$$\text{Donc : } B=0.6 + \emptyset$$

$$H= 1.2 + \emptyset$$

Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau 2 ci-dessous :

Tableau 2 : calcul du volume de déblai

Parcelle	Diamètre (mm)	longueur de la conduite (m)	Largueur d'une tranchée b :(m)	Hauteur de La tranchée(m)	Volume de déblai (m3)
nord	500	1680.87	1.1	1.7	3143.23
sud	800	2643	1.4	2	7400.4
<b>Total</b>					<b>10543.63</b>

#### b) Calcul de prix de déblai :

Tableau 3 : calcul du prix de déblai

Parcelle	Volume de déblai (m3)	Prix (DA)	Total (DA)
Nord	3143.23	300	942969
Sud	7400.4	300	2220.12
<b>Total</b>			<b>3163089</b>

### IX.4.2 Calcul du volume et prix de lit de sable :

#### a) Calcul du volume de sable :

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

$$V= e*b*L$$

Tableau 4 : calcul du volume de lit de sable

Parcelle	Hauteur (m)	longueur de la conduite (m)	Largueur (m)	Volume de lit de sable (m3)
nord	0.12	1680.87	1.1	1848.96
sud	0.12	2643	1.4	3700.2
			Total	5549.16

## b) Calcul du prix de lit de sable :

Tableau 5 : Calcul du prix de lit de sable

Parcelle	Volume de lit de sable (m3)	Prix (DA)	Total (DA)
Nord	1848.96	800	1479168
Sud	3700.2	800	2960160
		Total	<b>4439328</b>

## IX.4.3 Calcul du volume et prix de remblai :

## a) Calcul du volume de remblai

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

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

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

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

$V_s$  : Volume du sable

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

$L$  : Longueur de la conduite

$D$  : Diamètre de la conduite.

Dont les volumes des travaux pour la conduite sont représentés dans le tableau 6 ci-dessous :

Tableau 6 : calcul du volume remblai

Parcelle	Diamètre (mm)	Volume de déblai (m <sup>3</sup> )	Volume occupé par la conduite (m <sup>3</sup> )	Volume de lit de sable (m <sup>3</sup> )	Volume de remblai (m <sup>3</sup> )
nord	500	3143.23	332.1	1848.96	962.17
sud	800	7400.4	1450.1	3700.2	2250.1
				Total	3212.27

## b) Calcul du prix de remblai :

Tableau 7 : Calcul du prix de remblai

parcelle	Volume de remblai (m3)	Prix (DA)	Total (DA)
nord	962.17	200	192434
sud	2250.1	200	450020
		Total	<b>642454</b>

## IX.5 Devis estimatif de projet :

Devis (HT) = PRIX TOTAL travaux de terrassement + PRIX TOTAL<sub>réseaux</sub>

**Devis (HT) = 275770487 DA**

TVA 17% = 0.17 \* Devis (HT)

**TVA 17% = 46880982.79 DA.**

Devis (TTC) = TVA17 % + Devis (TTC)

**Devis (TTC) = 322651469.8 DA**

Tableau 8 : facture pro-forma

Désignation des travaux	Unité	Montant DA
Réseau d'irrigation	m/l	267525616
déblai en terrain	m3	3163089
lit de sable	m3	4439328
remblaiement de la tranchée	m3	642454
TOTAL (HT)		<b>275770487</b>
TVA 17%		<b>46880982.79</b>
<b>TOTAL (TTC)</b>		<b>322651469.8</b>

**IX.6 Conclusion :**

L'estimation du projet n'est vraiment une estimation précise mais elle a été proche de la réalité. Le devis total obtenu est relativement important. Cette élévation est due à l'importance du réseau d'irrigation (les diamètres des conduites est importante) et l'éloignement de la parcelle sud par rapport au Barrage Ladrat.

---

## **Conclusion Générale :**

L'Algérie a connue au cours de ces dix dernières années une pénurie d'eau causée essentiellement par la sécheresse et le manque d'eau, mais aussi a cause de la surexploitation des ressources hydriques.

L'état dégradé des infrastructures d'irrigation joue aussi un grand rôle dans les pertes d'eau dans le réseau.

La réhabilitation du périmètre d'Oued Ladrat rentre dans le cadre du développement de l'agriculture dans les plaines de Beni Slimane dans la wilaya de Médéa.

Le climat semi-aride de notre zone d'étude représente une contrainte réelle au développement de l'agriculture pour cette dernière, et confirme ainsi la nécessité d'irriguer pour satisfaire les besoins en eau des cultures.

Les analyses physico-chimiques des sols ont mis en évidence des propriétés adéquates pour les cultures maraîchères, et ont aussi révélé une bonne qualité de l'eau.

Pour ce qui est de l'alimentation en eau, le périmètre sera irrigué à partir du barrage Ladrat. Pour améliorer les rendements, qualitativement et quantitativement, il faut dimensionner le réseau d'une manière optimale et exacte.

Pour terminer on a tiré comme conclusion que le réseau existant est dans un état très dégradé, et c'est pour cela que nous proposons un autre réseau d'irrigation en PEHD pour les diamètres qui sont inférieurs a 630 mm et l'acier pour les diamètres supérieurs a 630 mm.

## **Bibliographie**

**[AMNHYDE<sub>SPA</sub>]** : ETUDE D'AMENAGEMENT HYDRO-AGRICOLE DES PLAINES DE BENI SLIMANE, Dossier III. Etude d'Avant-Projet Détaillé « APD », Lot n°1  
112 pages.

**[AMNHYDE<sub>SPA</sub>]** : ETUDE D'AMENAGEMENT HYDRO-AGRICOLE DES PLAINES DE BENI SLIMANE, Dossier III. Etude d'Avant-Projet Détaillé « APD », Lot n°2  
170 pages.

**[DHW de MEDEA]** : Direction de L'hydraulique de la wilaya "collecte des données"

**[O.AZIEZ ]** cours et travaux dirigé 3<sup>ème</sup> Année Blida, ENSH

**[L.S.BAHBOUH (2012)]** : Cours et travaux pratiques d'agro-pédologie 3<sup>ème</sup> année Blida, ENSH.

**[B. TOUAIBIA . (2012)]** : (Cours d'Hydrologie et Régularisation des débits 1<sup>er</sup> Année NR Blida), ENSH.

**[M. MESSAHEL (2014)]** : (Cours d'irrigation, calcul de l'évapotranspiration potentielle 2<sup>ème</sup> année NR Blida), ENSH.

**[A.BENKACI (2014)]** : (Cours d'irrigation, choix du tracé du réseau, 3<sup>ème</sup> année Blida), ENSH.

**[M. MESSAHEL (1988)]** : Irrigation au goutte à goutte (Régime d'irrigation) Edition O.P.U.Alger .

## **Webographie**

### **Chapitre 1 : Présentation de la zone d'étude**

**[Web 1]** : Wikimapia Satellite.

**[Web 2]** : Google Earth.

## **Chapitre III : Etude de la ressource en eau et hydrologie**

[Web 1] : Google Earth.

### **Sitographie**

<http://www.inra.fr/>

<http://www.canal-de-provence.com> : la régulation des réseaux d'irrigation gravitaire.





## Annexe 3

Caractéristiques hydriques de quelques sols

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

## Annexe 4

UNITE TUBE

### GAMME DE PRIX TUBES PEHD EAU (PE80 & PE100)

(Prix Valable à compter du : 01 AVRIL 2010)  
Selon la Norme ISO 4427

TUBES PEHD : PN 06				
Code	Diam. Ext	EP. mm	Prix H.T DA/ML	Prix TTC DA/ML
	Ø20	-		
13003	Ø25	-	38,28	42,48
13006	Ø32	-	48,35	58,67
13009	Ø40	2.0	64,6	75,58
13022	Ø50	2.4	98,25	114,93
13015	Ø63	3.0	160,25	187,49
13018	Ø75	3.6	225,21	263,48
13022	Ø90	4.3	298,03	348,35
13023	Ø110	4.0	357,86	418,70
13040	Ø125	-	473,08	553,60
13030	Ø160	5.8	770,85	901,89
13044	Ø200	7.2	1 163,39	1 361,17
13056	Ø250	9.1	1 850,00	2 281,5
13042	Ø315	11.4	3 080,00	3 603,6
13039	Ø400	14.5	6 134,24	6 007,08
13081	Ø500	19.1	8 938,13	8 117,81
13032	Ø630	24.1	12 682,50	14 830,53

TUBES PEHD : PN 10				
Code	Diam. Ext	EP. mm	Prix H.T DA/ML	Prix TTC DA/ML
P3513000	Ø20	-	29,07	34,01
P3513004	Ø25	2.5	38,28	44,79
P3513007	Ø32	2.5	55,48	64,81
P3513010	Ø40	3.0	84,10	98,40
P3513013	Ø50	3.7	135,28	158,25
P3513016	Ø63	4.7	209,89	248,34
P3513019	Ø75	5.6	300,60	351,59
P3513023	Ø90	5.4	359,09	420,14
P3513026	Ø110	6.6	540,50	632,39
P3513028	Ø125	7.4	680,13	772,35
P3513031	Ø160	9.5	1 142,25	1 336,43
P3513033	Ø200	11.9	1 660,84	1 931,45
P3513035	Ø250	14.8	2 595,00	3 035,15
P3513041	Ø315	18.7	4 093,67	4 789,47
P3513058	Ø400	23.7	6 898,74	7 837,63
P3513049	Ø500	29.7	10 152,61	11 878,44
P3513048	Ø630	37.4	16 738,79	18 414,38

TUBES PEHD : PN 16				
Code	Diam. Ext	EP. mm	Prix H.T DA/ML	Prix TTC DA/ML
021	Ø20	2.3	32,18	37,68
003	Ø25	2.8	50,88	59,48
008	Ø32	3.6	78,51	91,88
011	Ø40	4.5	120,85	141,61
014	Ø50	5.6	188,28	220,29
017	Ø63	7.1	297,95	348,60
019	Ø75	8.4	407,8	477,13
014	Ø90	8.2	510,71	597,63
017	Ø118	10.0	787,12	885,91
019	Ø125	11.4	967,80	1 132,44
02	Ø160	14.6	1 860,00	1 828,20
04	Ø200	18.2	2 472,00	2 892,24
06	Ø250	22.7	3 818,00	4 483,66
08	Ø315	28.6	8 850,00	8 844,50
09	Ø400	36.3	9 320,00	10 904,40
11	Ø500	45.4	14 911,00	17 445,87
13	Ø630	57.2	23 123,50	27 064,50

TUBES PEHD : PN 20				
Code	Diam. Ext	EP. mm	Prix H.T DA/ML	Prix TTC DA/ML
P3513101	Ø20	2.3	38,01	44,47
P3513102	Ø25	3.0	53,29	62,35
P3513103	Ø32	3.6	82,22	96,20
P3513104	Ø40	4.5	128,15	149,94
P3513105	Ø50	5.6	200,7	234,82
P3513106	Ø63	7.1	338,73	396,31
P3513107	Ø75	8.4	447,35	523,40
P3513108	Ø90	10.1	627,09	733,70
P3513109	Ø110	12.3	948,86	1 110,17
P3513110	Ø125	14.0	1 202,75	1 407,22
P3513111	Ø160	17.9	1 947,69	2 278,68
P3513112	Ø200	22.4	3 121,70	3 662,39
P3513113	Ø250	27.9	4 848,33	5 670,21
P3513114	Ø315	35.2	7 588,80	8 875,48
P3513115	Ø400	44.7	12 110,03	14 168,74
P3513034	Ø500	55.8	19 063,81	22 304,66
	Ø630	-		

Longueur de Tubes : de Diamètre 25 mm au 110 mm sont des Concoques (Rouleaux) de 100 ML.  
Longueur de Tubes : du Diamètre 125 mm au 400 mm sont des tubes de 12 ML.  
Longueur de Tubes : du Diamètre 500 mm en 630 mm sont des tubes de 6 ML.

**SARL K-PLAST**  
Transformation de Plastiques