



## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

**Option: IRRIGATION ET DRAINAGE**

**THEME :**

ETUDE D'AMENAGEMENT HYDRO-AGRICOLE DU  
PERIMETRE D'IRRIGATION DE LADRAT (250 HA) W DE  
MEDEA

**Présenté par :**  
KAIDI Reguia

**Devant les membres du jury**

<b>Nom et Prénoms</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
RASSOUL Abdelaziz	Professeur	Président
AZIEZ Ouahiba	M.C.B	Examineur
KERID Rachid	M.A.A	Examineur
BENKACI ALI Tarek	M.C.B	Promoteur

**Session Novembre 2021**

# *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail à toute ma famille,*

*Ainsi qu'à tous mes amis de l'ENSH.*

***KAIDI Reguia***

# Remerciement

---

*Je remercie le bon Dieu le tout puissant, pour m'avoir donné la santé, le courage et la volonté d'étudier et pour m'avoir permis de réaliser ce modeste travail dans la meilleure condition*

*Je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mes vifs remerciements à mon promoteur Mr BENKACI Ali Tarik pour ces conseils judicieux afin d'avoir contribué à l'élaboration de cette présente thèse*

*Je remercie infiniment tous ceux qui m'ont aidé à réaliser ce travail, particulièrement ma mère **DAOUDI Zohra** mes frères, mes sœurs. Je remercie tout ma famille et mes amies*

*Mes remerciements vont également à mes enseignants et tout le personnel de l'E.N.S.H pour leurs contributions à ma formation d'ingénieur d'état en Hydraulique.*

*Enfin, je me permets d'exprimer tout mon respect aux membres de jury qui me feront l'honneur d'apprécier mon travail.*

*Enfin, à tous ceux qui m'ont soutenu de près ou de loin je leurs dis merci.*

**KAIDI Reguia**

## ملخص

هذا العمل يندرج في إطار دراسة التنمية المائية –الزراعية لمحيط لادرات بمساحة 250هكتار، يقع في سهل سيدي نعمان بولاية المدية، سيتم ري هذا المحيط عن طريق سد لادرات.

اظهر تحليل العوامل المناخية لنا الطابع المناخي شبه الجاف للمنطقة، واطهرت العوامل البيدولوجية الزراعية إمكانية اختيار المحاصيل التي سيتم إدخالها وكذلك كمية الاحتياجات المائية الضرورية

استنادا الى تقنيات الري و التنقيط، يهدف مشروع الري هذا الي تحديث نظام التوزيع وتكثيف انتاج المحاصيل في منطقة سيدي نعمان على المدى المتوسط الى الطويل

## Résumé

Le présent mémoire de fin d'étude a pour objectif l'étude d'aménagement hydro-agricole du périmètre Ladrat d'une superficie de 250 ha, situé dans la plaine de Sidi Naamane de wilaya de Médéa, qui sera irrigué à partir du barrage de Ladrat.

L'analyse des facteurs climatologiques, nous a montré le caractère semi-aride de la région, et les paramètres pédologiques et agronomiques ont permis de faire le choix des cultures à introduire, ainsi que la quantité des besoins en eau nécessaires.

En se basant sur les techniques d'irrigation efficaces tels que l'aspersion et le système goutte à goutte, ce projet d'irrigation aura pour but la modernisation du système de distribution et l'intensification des rendements des cultures dans la région de Sidi Naamane à moyen et à long terme.

## Abstract

This work of theme appears in the goal to make a study of hydro-agricultural development of a perimeter Ladrat (250 ha), situate in the plain of Sidi Naamane of Medea. This perimeter will be irrigated from the Ladrat dam.

The analysis of the climatological factors, showed us the semi-arid character of the region ,and the agronomic pedological parameters made it possible to make the choice of the crops to be introduced as well as the quantity of the necessary water needs

Based on efficient irrigation technique such as sprinkling and drip system, this irrigation project will aim to modernize the distribution system and intensify crop yields in the Sidi Naamane region. Medium to long term

# **TABLE DE MATIERE**

## **Chapitre I : Analyses des Conditions Naturelles**

Introduction .....	2
I.1. Présentation générale de la daïra de Sidi Naamane.....	2
1.1. Situation géographique.....	2
1.2. Présentation de périmètre.....	3
I.2. Aperçu géologique .....	4
I.2.1. Relief et la géomorphologie.....	4
I.3. Etude climatologique .....	5
I.3.1. Choix de la station météorologique.....	6
I.3.2. Température de l'air .....	6
I.3.3. Etude des précipitations .....	7
I.3.4. Pluies mensuelles .....	7
I.3.5. Humidité .....	8
I.3.6. Les vents .....	9
I.3.7. Le sirocco .....	9
I.3.8. Indices Agro-météorologique .....	10
I.4. Etude socio-économique .....	13
I.4.1. Répartition générale des terres utilisée par l'agriculture à travers la commune de Sidi Naamane .....	13
I.4.2. Population dans la région .....	14
I.4.3. Production agricole .....	14
Conclusion .....	14

## **Chapitre II. Ressources en sol et ressources en eau**

Introduction.....	17
-------------------	----

II.1. Etude pédologique .....	17
II.1.1. Classification des sols du périmètre .....	17
II.1.1.1. Description et classification profils pédologique .....	17
II.1.1.2 Interprétation des analyses .....	19
II.1.2. Caractéristiques hydrodynamique des soles.....	20
II.1.3. Détermination des aptitudes culturales des sols.....	20
II.2. Ressource en eau .....	20
II.2.1. Réseau hydrographique .....	21
II.2.1.1 Ressource en eau mobilisée .....	21
II.2.2. Présentation du barrage de ladrat Sidi Naamane .....	21
II.2.2.1. Caractéristique hydrauliques du barrage de Ladrat .....	21
II.2.3. Etude de la qualité de l'eau d'irrigation .....	22
II.2.4. Classification des eaux d'irrigation .....	23
II.2.4.1. La concentration totale des sels solubles .....	23
II.2.4.2. Le SAR (Sodium Absorption Ration).....	24
II.3. Calculs de la pluie de projet .....	25
II.3.1. Choix de la station .....	25
II.3.2. Présentation de la station pluviométrique .....	25
II.3.3. Répartition de la pluie moyenne annuelle .....	26
II.3.4. Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique .....	27
II.3.5.L'étude fréquentielle de la série pluviométrique .....	29
II.3.6. Détermination de l'année de calcul .....	32
Conclusion .....	32

## **Chapitre III : Besoin en eau des cultures**

Introduction .....	34
III.1. Estimation des besoins en eau des cultures .....	34
III.1.1. Calcul des besoins en eau d'irrigation .....	34
III.1.2. Calcul de l'évapotranspiration (ET0) .....	34
III.1.3. L'évapotranspiration maximale (ETM) .....	36
III.2. Calcul de la pluie efficace.....	37
III.3. Calcul de la réserve en eau du sol .....	38
III.4. Choix des cultures .....	38
III.4.1. Occupation de sol .....	39
III.4.2. Assolement des cultures .....	39
III.5. Estimation des besoins en eau des cultures choisies .....	40
III.5.1. Estimation des besoins en eau des cultures céréales .....	40
III.5.2. Estimation des besoins en eau des cultures maraichères.....	41
III.5.3. Estimation des besoins en eau de l'arboriculture .....	43
III.6. Calcul des besoins en eau pour l'assolement 1 et 2 .....	43
III.7. Calcul de débit spécifique de culture.....	45
III.7.1. Evaluation du débit caractéristique.....	46
III.7.2. Estimation des volumes d'eau d'irrigation .....	46
Conclusion .....	47

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

Introduction .....	49
IV.1. Alimentation en eau du périmètre .....	49

IV.2. Organisation et structure du périmètre .....	49
IV.2.1. Ilots et bornes d'irrigation .....	49
IV.2.2. Rôle et fonction de la borne d'irrigation .....	49
IV.2.3. Calcul hydrique aux bornes .....	50
IV.2.4. Choix du diamètre et du type des bornes .....	50
IV.3. Description de l'aménagement du périmètre.....	52
IV.3.1. Description de la variante du tracé .....	52
IV.4. Etude de système d'adduction .....	53
IV.4.1. Calcul hydrauliques du système d'adduction .....	53
IV.4.1.1 Détermination de la hauteur d'élévation calculée .....	53
IV.4.1.2. Hauteur manométrique totale .....	53
IV.4.1.2.1. Calcul des pertes de charge totale .....	54
IV.4.1.2.2. Détermination de diamètre économique de la conduite de refoulement...54.	
IV.4.1.3. Calcul des frais d'exploitation .....	54
IV.4.1.4. Calcul des frais d'amortissement .....	55
IV.4.1.5. Bilan total des frais .....	56
IV.4.2.Détermination de la variante de pompage .....	57
IV.4.3. Etude de cavitation .....	59
IV.5. Dimensionnement du réservoir de stockage .....	61
IV.6. Dimensionnement du réseau de distribution gravitaire .....	61
IV.6.1. Calcul des diamètres .....	62
IV.6.2. Choix du matériau des conduites .....	62
IV.6.3. Calcul des pressions des nœuds et des bornes .....	63
Conclusion .....	65

## **Chapitre V : Choix de la technique d'irrigation**

Introduction .....	66
V.1. Différentes techniques d'arrosage .....	66
V.1.1. Irrigation gravitaire .....	66
V.1.1.1. L'irrigation par ruissellement .....	67
V.1.1.2. L'arrosage par infiltration (à la raie).....	67
V.1.1.3. L'arrosage par submersion .....	67
V.1.2. Irrigation par aspersion .....	67
V.1.3. Irrigation localisée (goutte à goutte).....	68
V.2. Choix des techniques d'irrigation .....	70
Conclusion .....	70

## **Chapitre VI : Dimensionnement à la parcelle**

Introduction .....	72
VI.1. Dimensionnement d'un réseau goutte à goutte .....	72
VI.1.1. Besoins d'irrigation en irrigation localisée.....	72
VI.1.1.1. Influence du taux de couverture du sol .....	72
VI.1.1.2. Dose nette pratique .....	73
VI.1.1.3. Fréquence et intervalle des arrosages .....	73
VI.1.1.4. Calcul de la dose (brute).....	73
VI.1.1.5. Durée de fonctionnement par d'arrosage (h).....	74
VI.1.2. Calcul hydrauliques .....	74
VI.2. Dimensionnement des canalisations du réseau .....	74
VI.2.1. Pour les rampes .....	75

VI.2.2. Pour la porte rampe.....	75
VI.2.3. Calcul des diamètres de la conduite tertiaire .....	76
VI.2.4. Calcul récapitulatif et vérification des pressions à la borne de distribution...	76
Conclusion .....	77

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

Introduction .....	79
VII.1. Evaluation des couts du système d'adduction .....	79
VII.2. Couts des conduites.....	79
VII.2.1. Conduite d'adduction .....	79
VII.2.2. Conduite de distribution .....	81
VII.2.3. Le système de pompage .....	84
VII.2.4. Le réservoir de stockage .....	85
Conclusion .....	86
Conclusion générale .....	87
Référence bibliographie.....	88
Annexe .....	89

Liste des tableaux

## **Chapitre I : Analyse des conditions naturelles**

Tableau .1 : Coordonnées de la station météorologique .....	6
Tableau I.2 : Moyennes des températures annuelles de la station de Beni Slimane ...	6
Tableau I.3 : Pluies moyennes annuelles obtenues .....	7
Tableau I.4 : Les pluies moyennes mensuelles à la station de Beni Slimane .....	7
Tableau I.5 : Humidités relatives moyennes mensuelles de la zone d'étude .....	8
Tableau I.6 : Vitesse moyenne du vent en m/s.....	9
Tableau I .7 : Valeurs moyennes mensuelles du nombre de jours de sirocco .....	10
Tableau I.8 : Classification du climat selon l'aridité de Martonne .....	10
Tableau I.9 : Récapitulatif des cultures .....	14

## **Chapitre II : Ressources en sol et ressources en eau**

Tableau II .1 : Analyse physico-chimique des profils pédologique .....	18
Tableau II .2 : Propriétés hydrodynamiques des sols .....	20
Tableau II.3 : Caractéristiques de barrage Ladrat .....	21
Tableau II.4 : Analyse chimique de l'eau d'irrigation .....	22
Tableau II.5 : Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique.....	23.
Tableau II.6 : Risque d'alcalinisation en fonction de SAR .....	25
Tableau II.7 : Caractéristiques principales de la station pluviométrique .....	26
Tableau II.8 : Les pluies moyennes mensuelles.....	27
Tableau II.9 : Caractéristiques de la série pluviométrique.....	28
Tableau II.10 : Test d'homogénéité des pluies de la station .....	28
Tableau II.11 : Ajustement à la loi normale .....	30
Tableau II.12 : Ajustement à la loi log normale .....	31
Tableau II.13 : Test de validité des deux ajustements .....	31

Tableau II.14 : La pluviométrie moyenne mensuelle de probabilité 80% .....	32
--	----

### **Chapitre III : Besoins en eau des cultures**

Tableau III .1 : Evapotranspiration de référence ET0 calculée par la logiciel .....36	36
CROPWAT	

Tableau III.2 : Coefficient culturale des cultures .....	37
--	----

Tableau III.3 : La pluie efficace.....	38
--	----

Tableau III.4 : Système de culture propose de notre périmètre de Ladrat.....	38
--	----

Tableau III.5 : Scénarios d’occupation du sol par l’ensemble de l’exploitation du périmètre.....	39
--	----

Tableau III.6 : Assolement proposé pour le périmètre d’étude .....	39
--	----

Tableau III.7 : Calcul des besoins en eau pour le blé .....	40
---	----

Tableau III 8 : Calcul des besoins en eau pour l’orge en vert .....	41
---	----

Tableau III.9 : Calcul des besoins en eau pour l’orge grain .....	41
---	----

Tableau III.10 : Calcul des besoins en eau pour la pomme de terre S.....	41
--	----

Tableau III.11 : Calcul des besoins en eau pour la pomme de terre AS .....	42
--	----

Tableau III.12 : Calcul des besoins en eau pour l’haricot AS.....	42
---	----

Tableau III.13 : Calcul des besoins en eau pour le cerisier .....	43
---	----

Tableau III.14 : Calcul des besoins en eau pour l’olivier .....	44
---	----

Tableau III.15 : Récapitulatif des besoins nets (mm) pour l’assolement 1.....	44
---	----

Tableau III.16 : Récapitulatif des besoins nets (mm) pour l’assolement 2.....	44
---	----

Tableau III.17 : Récapitulatif des résultats du débit spécifique.....	46
---	----

Tableau III.18 : Volume de barrage de Ladrat .....	46
--	----

Tableau III.19 : Volume d’eau d’irrigation .....	47
--	----

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

Tableau IV.1 : Caractéristiques des secteurs du périmètre .....	49
Tableau IV.2 : Choix du diamètre de la borne .....	50
Tableau IV.3 : Calcul des débits des ilots et choix des bornes d'irrigation .....	51
Tableau IV.4 : Calcul de la HMT pour divers diamètres de conduite .....	54
Tableau IV.5 : Calcul des frais d'exploitation .....	55
Tableau IV .6 : Calcul des frais d'amortissement.....	56
Tableau IV.7 : Calcul du bilan total des frais .....	56
Tableau IV.8 : Le choix de diamètre économique .....	57
Tableau IV. 9 : Caractéristique des pompes choisies .....	57
Tableau IV.10 : Pression atmosphérique en fonction de la cote .....	59
Tableau IV.11 : Pression de vapeur en fonction de la température .....	59
Tableau IV.12 : Calcul des pressions des nœuds et des bornes .....	62

## **Chapitre VI : Dimensionnement à la parcelle**

Tableau VI.1 : Récapitulatif des calculs hydriques .....	77
--	----

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

Tableau VII.1 : Caractéristiques des conduites de la variante d'adduction adoptée...78	
Tableau VII.2 : Calculs les volumes des travaux de l'adduction .....	79
Tableau VII.3 : Estimation du cout de pose de canalisation de l'adduction .....	79
Tableau VII.4 : Linéaire des conduites du réseau de distribution .....	80
Tableau VII.5 : Volume de déblai .....	80
Tableau VII.6 : Volume du lit de sable .....	81

Tableau VII.7 : Volume du remblai compacté .....	82
Tableau VII.8 : Cout d'investissement du réseau de distribution .....	82
Tableau VII .9 : Cout des équipements de protection le réseau de distribution .....	83
Tableau VII.10 : Estimation du cout de la station de pompage .....	84
Tableau VII.11 : Récapitulatif des couts d'investissement du périmètre .....	85

## **LISTE DES FIGURES**

## **Chapitre I : Analyse des conditions naturelles**

Figure I.1 : Situation et limites administratives de la Wilaya de Médéa .....	3
Figure I.2 : Localisation du périmètre de Ladrat .....	4
Figure. I 3 : Localisation de bassin Isser .....	4
Figure I.4 : Répartition des températures moyennes interannuelles .....	7
Figure I.5 : Evaluation des précipitations moyennes mensuelles .....	8
Figure I.6 : Vitesse moyenne annuelle de vent .....	9
Figure I.7 : Diagramme d'Emberger .....	12
Figure I.8 : Diagramme de Gaussen .....	13

## **Chapitre II : Ressources en sol et ressources en eau**

Figure II.1 : Analyse texturales des soles étudiés .....	19
Figure II .2 : Diagramme de classification des eaux d'irrigation .....	25
Figure II .3 : Courbe d'ajustement des pluies à la loi nombre .....	30
Figure II .4 : Courbe d'ajustement à la loi log normale .....	31

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

Figure IV.1 : Schéma de la variante d'irrigation sous pression .....	52
Figure IV.2 : Bilan total des frais .....	56
Figure IV.3 : Courbes caractéristique de la pompe type P12C/7/30/3A selon le Caprari .....	58

## **Chapitre V : Choix de la technique d'irrigation**

Figure V.1 : Irrigation par gravitaire .....	66
Figure V .2 : Irrigation par aspersion .....	68
Figure V.3 : Irrigation par goutte à goutte .....	69

## **LISTE DES PLANCHES**

**Plan N°1 : Levée topographique de périmètre**

**Plan N°2 : plan de situation**

**Plan N°3 : profiles en long**

**Plan N°4 : plan parcellaire, réseau**

**Plan N°5 : plan de réseau de goutte à goutte**



---

## **Introduction générale**

L'eau est universellement reconnue comme une ressource vitale, rare précieuse et un facteur de développement de toute civilisation.

En Algérie, La satisfaction du pays en eau devient un objectif majeur au même titre que l'agriculture dont il constitue le complément indispensable

Dans ce contexte, l'utilisation de toutes les potentialités s'avère nécessaire, car les ressources en eau sont considérées comme un facteur décisif pour l'augmentation de la production agricole et un élément déterminant pour la croissance économique du pays et l'amélioration des conditions de vie du citoyen.

L'irrigation est utilisée depuis l'antiquité. L'homme l'utilise pour pallier aux inconvénients dû à la répartition des précipitations dans l'espace et dans le temps qui n'est guère avantageuse.

La wilaya de Médéa est considérée comme l'une des wilayas agricoles les plus importants du pays, car l'agriculture reste le secteur le plus actif de la région.

Le périmètre de Ladrat présente un grand potentiel agricole, mais le manque de systèmes d'irrigation efficaces a freiné tout développement hydro-agricole.

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre mémoire qui se base sur le dimensionnement du périmètre de Ladrat. L'objectif principal est alors d'exploiter l'eau du barrage de Ladrat pour irriguer une superficie de 250 hectares.

Pour la conception de cette étude d'irrigation, nous avons scindés le travail à sept chapitres.

La réalisation de ce mémoire sur l'irrigation dépendra de l'analyse des conditions naturelles de la zone d'étude dans le premier chapitre, suivi dans le deuxième par l'analyse ressources en sol et en eau, ainsi que les caractéristiques des parcelles et le type de cultures à irriguer dans le troisième chapitre. Le quatrième chapitre sera consacré au système d'adduction.

Le choix du système d'irrigation adéquat fera l'objet du cinquième chapitre alors que le dimensionnement à la parcelle se fera en sixième chapitre.

Une estimation du cout de projet sera faite dans le dernier chapitre.

**« L'eau est le sang de la terre, le support de toute vie »**

# **Chapitre I**

Analyse des Conditions Naturelles

---

## Chapitre I : Analyse des Conditions Naturelles

### Introduction

Ce chapitre est consacré à une présentation de la zone d'étude, on détaillera les caractéristiques climatiques, afin de déterminer les différents paramètres qui vont nous permettre de caractériser cette zone et nous aider à connaître le climat et son influence, ce qui est indispensable dans un projet d'irrigation, et d'aboutir aux calculs des besoins en eau d'irrigation.

### I.1. Présentation générale de la Daïra de Sidi Naamane

Notre zone d'étude est située dans la daïra de Sidi Naamane dans la wilaya de Médéa et qui présente une superficie globale de 600ha.

#### I.1.1 Situation géographique

La Daïra de Sidi Naamane, dont le chef-lieu est situé à 33 Km à l'Est du chef-lieu de wilaya de Médéa, s'étale sur une superficie totale de 389 Km<sup>2</sup>.

La daïra de Sidi Naamane est délimitée administrativement par (Figure I-1):

- Au Nord par les daïra de Tablat et d'El Omaria
- A l'Est par daïra Beni Slimane
- Al'Ouest par El Berrouaghi
- Au Sud par daïra El Soughi

Sur le plan administratif, la daïra compte trois (03), communes : (Sidi Naamane, Bouchrahil, Khams djouamaa)

La daïra de Sidi Naamane, a connu un développement économique croissant, ces deux dernières décennies, vue sa position stratégique ; puisque elle se situe au milieu de la wilaya de Médéa, de plus elle est traversée par la route Nationale 18 qui assure le lien entre les différentes daïra de la wilaya, et elle se situe à 20 km seulement de la RN 01, et de la daïra de Berroughia.

Le développement économique de la daïra de Sidi Naamane est axé principalement sur l'agriculture.

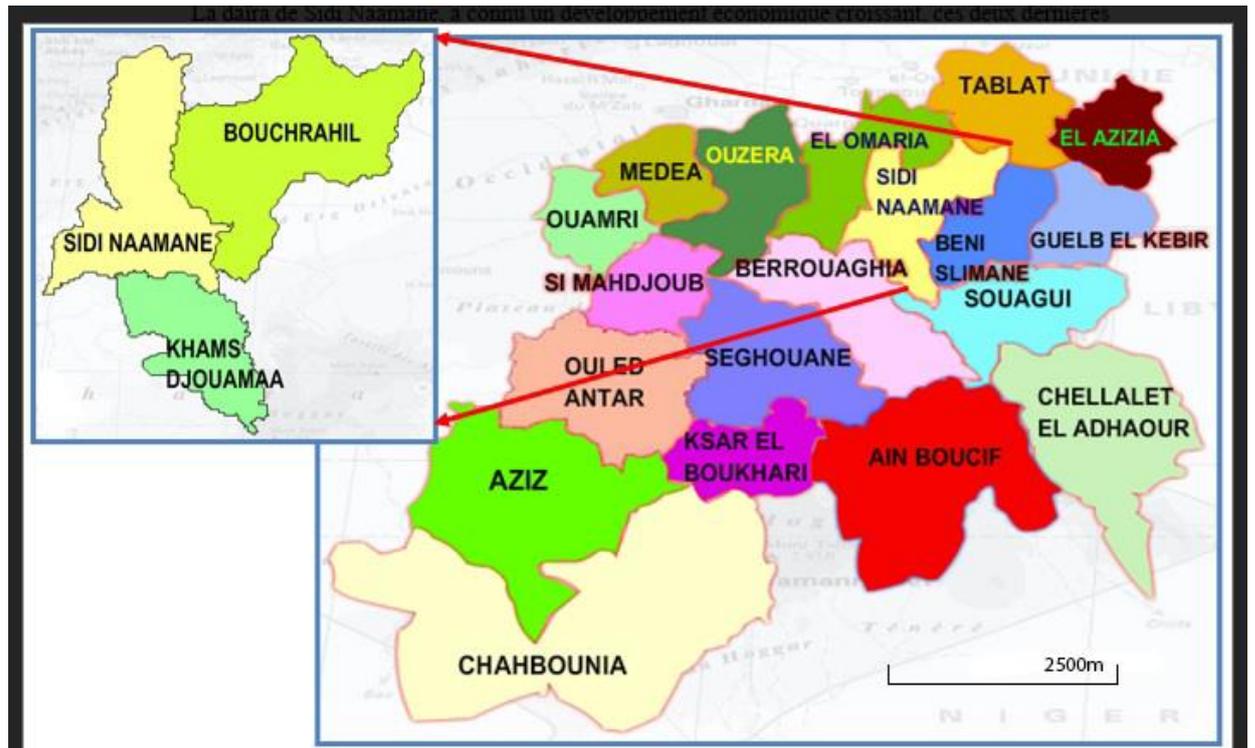
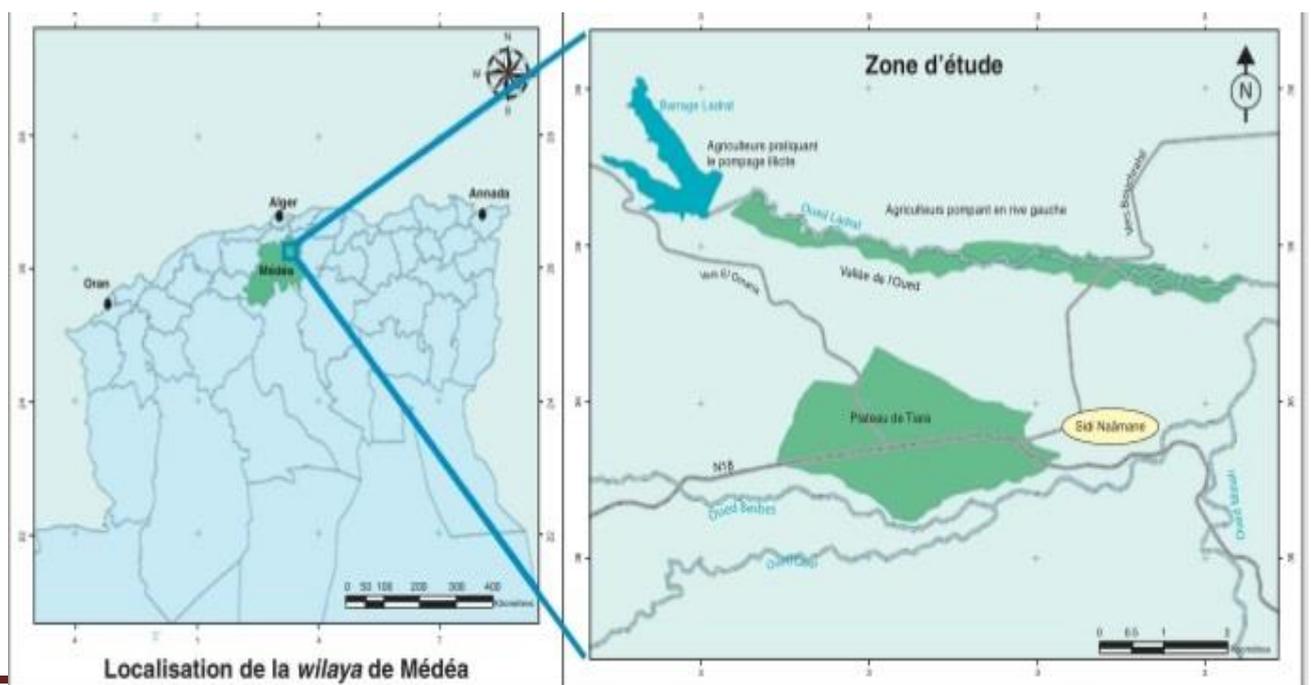


Figure I.1. Situation et Limites administratives de la wilaya de Médéa

### I.1.2 Présentation du périmètre

Le périmètre de Ladrat est situé dans de la daïra de Sidi Naamane, il présente une superficie globale de 600ha. Le périmètre (plateau Tiara) sera desservi par le barrage de Ladrat situé en amont du périmètre. Le principe de desserte du système d’adduction est la conduite des eaux d’irrigation du barrage de Ladrat.



**Figure I.2 :** Localisation du périmètre de Ladrat

## I.2.Aperçu géologique

Les formations lithologiques rencontrées dans le bassin versant de l'oued Isser sont celles du crétacé, du paléogène et du quaternaire :

- **Crétacé (inférieur, moyen et supérieur) :** Représenté par des marnes et marne-calcaire, il occupe environ 50% de la superficie totale.
- **Quaternaire :** Des alluvions anciennes et récentes qui occupent une superficie environ 15% de la superficie totale.
- **Miocène (inférieur, moyen et supérieur) :** C'est des grés et des marnes, il couvre une superficie de 212 Km<sup>2</sup> soit 5% de la superficie totale.
- **Eocène (calcaires et marnes ou marno-calcaires) :** Les marnes sont de teinte jaunâtre, au milieu et partiellement au sommet de ces formations marneuses, des intercalations gréseuses en blanc apparaissent. Ces grés essentiellement quartzeux se désagrègent facilement et laissent au pied de leurs affleurements des accumulations sableuses. Cet étage couvre environ 5% de la surface totale.

**Figure I.3.**localisation de bassin Isser

### I.2.1 Relief et la géomorphologie

**I.2.1.1 Relief :** Du point de vue hydrologique, la daïra de Sidi Naamane est incluse partiellement à l'intérieur du bassin versant de l'Isser. Sur le plan physique, le territoire de la

daïra est développé et partagé sur un système morphologique :

#### **a- Le domaine montagneux**

La zone montagneuse du territoire de la wilaya de Médéa se localise entièrement dans les terrains Nord de la wilaya. C'est un domaine accidenté qui se caractérise, bien que les altitudes soient modérées, par de moyennes dénivellations entre le sommet des reliefs et le bas fond des oueds.

Les traces de l'érosion sont très frappantes et ne cessent de déstabiliser les versants. Ce domaine se caractérise aussi par des altitudes faibles à modérées, parmi les points les plus dominants, nous distinguons celui de Djebel Bou noua au Nord du périmètre avec des altitudes entre 500 à 1000m.

#### **B. Le domaine de plateaux-plaines et des bas-reliefs :**

C'est un domaine collinaire avec des reliefs et plateaux peu élevés où les altitudes restent faibles en général. Elles varient de 750m à 620 m, à l'Est du chef-lieu de Sidi Naamane.

#### **I.2.1.2 Morphologie**

Le territoire de la daïra de Sidi Naamane est constitué d'une de zones Agro-économiques. Cette mosaïque, regroupe deux (02) grands ensembles morphologiques, très contrastés,

-Le haut plateau de Sidi Naamane, qui est en général de type argileux alluvial, dont l'agriculture est intensive, soit en sec et/ou en irriguée. Ce plateau se situe au niveau des terrains éloignés des oueds.

-Le bord des oueds El malah, Ladrat et El besbes ce sont des terrains de forme allongée caractérisé par un faible dénivelé.

#### **I.3 Etude climatologique**

Le climat est un facteur principal qui conditionne la vie végétale ainsi que la production agricole. C'est l'indicateur le plus suivi par les agriculteurs, puisque l'impact du climat sur l'agriculture est très important.

Dans un projet d'irrigation, Les facteurs climatiques les plus déterminants sont les températures, la pluviométrie, l'humidité relative, l'intensité des vents et leur direction, le gel et le sirocco, ils constituent un ensemble d'éléments décisifs.

#### **I.3.1 Choix de la station météorologique**

Les données climatiques illustrées ci-après sont collectées, auprès de la station Beni Slimane, gérée par l'ANRH, dont le code est 090302.

Le tableau I-1 donne les coordonnées géographiques de la station météorologique :

**Tableau I-1** : Coordonnées de la station météorologique de Beni Slimane

Nom de la station	Code	Coordonnées	Altitude (m)
Beni Slimane	090302	X= 557.2 Y= 322.65	Z= 600

Source ANRH

### I.3.2 Température de l'air

La température de l'air est un facteur important dans l'étude climatique car elle agit directement sur la croissance de la plante et le phénomène d'évapotranspiration.

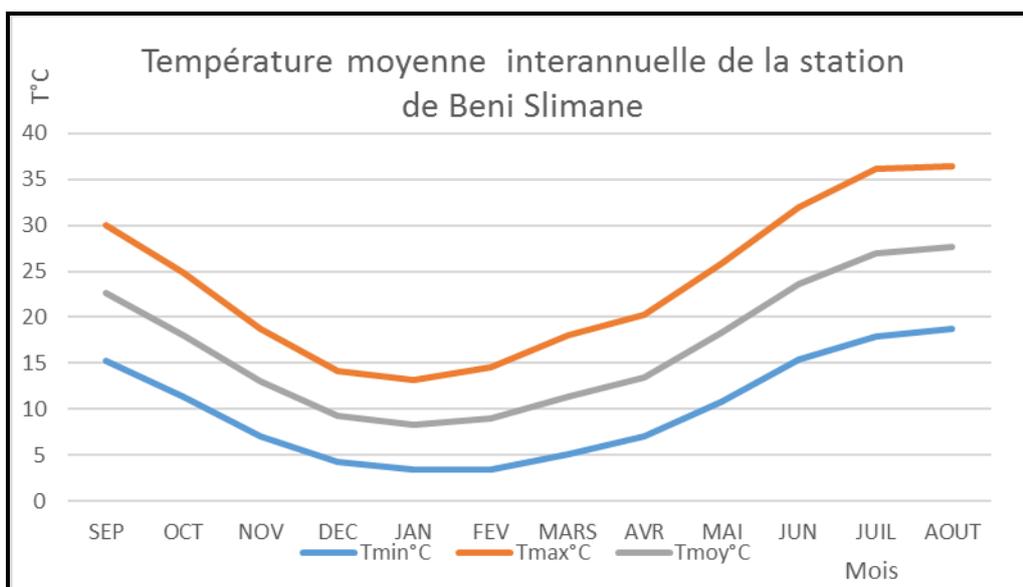
La connaissance des températures et leur amplitude sont indispensables au choix des paramètres d'irrigation et des cultures à mettre en place. Les températures dans la région d'étude sont données par le tableau ci-dessous

**Tableau I-2** : Moyennes des températures mensuelles de la station de Beni Slimane

MOIS	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MARS	AVR	MAI	JUN	JUIL	AOUT
<b>Tmin°C</b>	15.3	11.4	7.0	4.3	3.4	3.4	5.1	7.0	10.8	15.4	17.9	18.8
<b>Tmax°C</b>	30.0	24.8	18.8	14.1	13.2	14.6	18.0	20.2	25.9	32.0	36.1	36.4
<b>Tmoy°C</b>	22.6	18.0	13.0	9.2	8.3	9.0	11.4	13.5	18.3	23.6	27.0	27.6

Source ANRH

D'après le tableau ci-dessus, on remarque que les mois les plus chauds sont les mois de Juillet et Aout, avec des maximales de 36°C, tandis que la période froide correspond aux mois de Décembre, Janvier et Février, avec une moyenne basse de 3.4°C.



**Figure I-4 :** Répartition des températures moyennes interannuelles

### I.3.3 Etude des précipitations

La pluie conditionne les besoins en eau des cultures, il est important donc d'étudier sa répartition durant les mois de l'année. Les données de pluies proviennent de la station météorologique de la commune de Beni Slimane. Les relevés pluviométriques observés sur lesquels se base notre étude ont couvert la période allant de 1980 à 2015 soit une série d'une trente-six ans.

**Tableau I -3 :** Pluies moyennes annuelles obtenues.

Nom de la station	Code	Pluie moy annuelles (mm)
Beni Slimane	090302	364

Source : ANRH Alger

### I.3.4 Pluies Mensuelles :

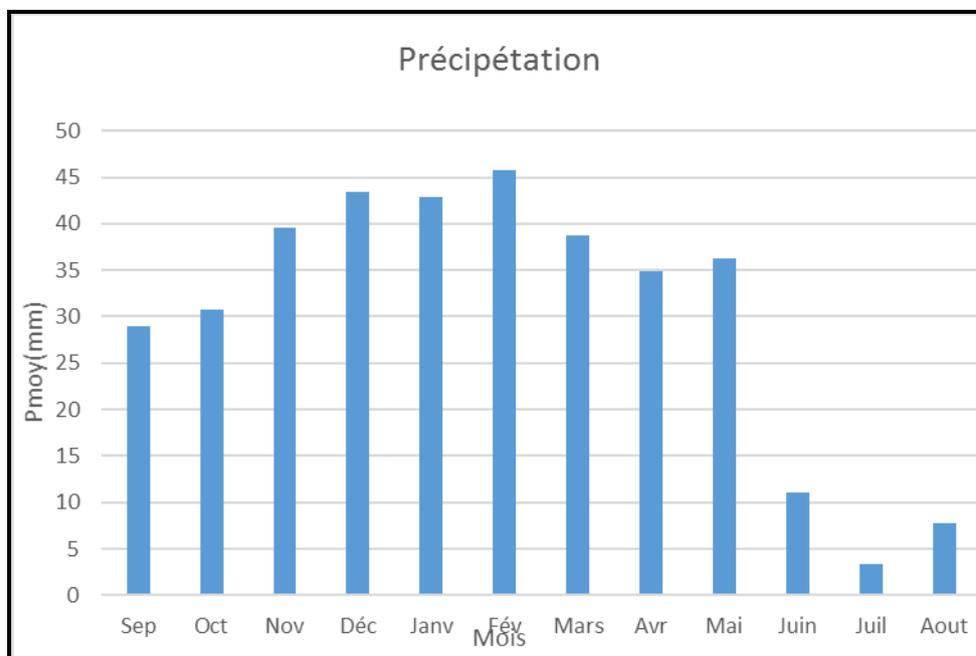
L'analyse des pluies mensuelles permet de connaître la répartition de la pluviométrie à l'échelle de l'année, ce qui permet de déduire les déficits d'écoulements saisonniers.

**Tableau Error! No text of specified style in document.-4 :** Les pluies moyennes mensuelles à la station de Beni Slimane.

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Tot
Pmoy (mm)	28.9	30.8	39.6	43.4	42.9	45.8	38.7	34.9	36.3	11.1	3.4	7.8	364

**Source ANRH Blida : station de Beni  
Slimane**

Les données du tableau I-4 indiquent une pluie moyenne annuelle faible qui en général ne dépasse pas les 400mm, on peut dire que l'agriculture dans ces conditions est limitée par ce facteur pluviométrique.



**Figure I-5 :** Evolution des Précipitations moyennes mensuelles

### I.3.5 Humidité

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

L'humidité de l'air est donnée par le tableau I.5 :

**Tableau I-5 :** Humidités Relatives moyennes mensuelles de la zone d'étude.

Mois	sep	oct	Nov	Dec	jan	fev	mars	avr	Mai	jun	juil	aout
<b>H%</b>	57	73	75	81	73	74	78	73	65	61	48	49

Source ANRH

D'après le tableau I.5, l'humidité relative annuelle moyenne est de 67.25 %. Le mois le plus sec de l'année est Juillet avec l'humidité relative moyenne de l'air de 48%, et le mois le plus humide est Décembre avec l'humidité relative moyenne de l'air de 81%.

### I.3.6 Les vents

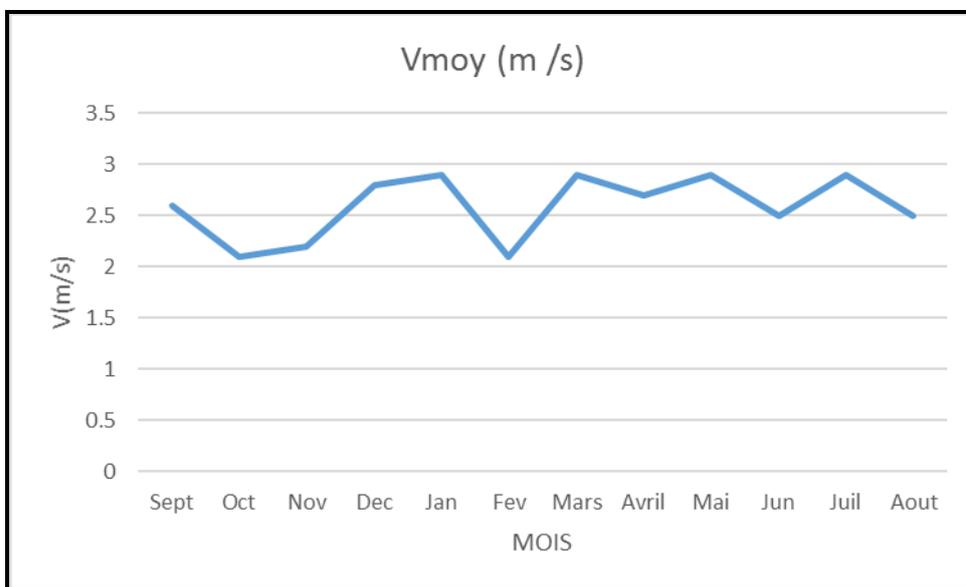
Dans les projets d'irrigation, il convient de connaître la répartition mensuelle des vents, leur vitesse et leur fréquence sans négliger leur direction. Les vents représentent un facteur déterminant dans certains systèmes d'irrigation tels que l'aspersion.

**Tableau I-6 :** Vitesse moyenne du vent en m/s.

MOIS	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Jun	Juil	Aout
<b>Vmoy (m/s)</b>	2.6	2.1	2.2	2.8	2.9	2.1	2.9	2.7	2.9	2.5	2.9	2.5

Source ANRH

La vitesse moyenne annuelle des vents varie de 2,6 à 2.9 m/s et atteint 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.



**Figure I-6 :** Vitesse moyenne annuelle de vent

### I.3.7. Le Sirocco

En raison des propriétés que peut avoir le vent sec et chaud sur le pouvoir évaporant de l'air il est bon de signaler sa présence. Nous disposons du nombre de jours de sirocco sur 20 ans

(1986-2006) à la station de Beni Slimane.

**Tableau I-7 :** Valeurs moyennes mensuelles du nombre de jours de sirocco

MOIS	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Jun	Juil	Aout
<b>Nbr moy</b>	3	2	0	0	1	0	0	1	2	3	3	3

Source (ONM. Station Beni Slimane)

Le nombre de jours de sirocco est en moyenne de 18 jours, il débute du mois de Mai et jusqu'au mois d'Octobre. La période de pointe est observée en Aout avec 3 jours. En période estivale, l'évaporation atteint son maximum attisée par le sirocco.

### I.3.8 Indices Agro-météorologiques

Les indices Agro-météorologiques permettent de caractériser la relation végétal-climat, ils permettent aussi de définir l'étage bioclimatologique, le classement des climats, et l'analyse de la répartition des groupements végétaux et son impact sur les cultures.

#### A. Classification du climat selon l'indice d'aridité de Martonne

L'indice d'aridité selon cette classification se calcule à l'aide de la formule suivante :

$$I = \frac{P}{T + 10} \quad (\text{I-1})$$

Avec :

- I : Indice de Martonne.
- P : Précipitation annuelle totale de la région en mm/an.
- T : Température moyenne annuelle en °C.

#### B. Classification du climat selon l'aridité de Martonne

**Tableau I-8 :** Classification du climat selon l'aridité de Martonne

VALEURS DE I	TYPE DE CLIMAT	IRRIGATION
<b>I&lt;5</b>	Désertique	Indispensable
<b>5&lt;I&lt;10</b>	Très sec	Indispensable
<b>10&lt;I&lt;20</b>	Sec	Souvent indispensable
<b>20&lt;I&lt;30</b>	Relativement humide	Parfois utile
<b>I&gt;30</b>	Humide	Inutile

**Application numérique**

Pour :  $P = 364 \text{ mm}$ ,  $T = 16.8 \text{ }^\circ\text{C}$

$$I_a = \frac{364}{16.8+10} = 13.6 \quad (\text{I-2})$$

On aura, ainsi :

Selon l'indice de Martonne et la classification de climat, il y a lieu de constater, que la région en étude est soumise à un climat sec où l'irrigation est souvent indispensable.

**Diagramme d'Emberger**

Cette seconde méthode, est fondée sur un diagramme dressé par Emberger, qui nous renseigne sur le type de climat, caractérisant une région donnée en égard des facteurs climatiques (Températures max ; min et Précipitations), ainsi que la nature de la saison hivernale.

Le quotient d'Emberger, qui a été projeté sur le diagramme bioclimatique est le suivant :

$$Q = \frac{1000 * P}{\frac{M + m}{2} (M - m)} \quad (\text{I-3})$$

Avec :

$P$  : précipitation moyenne annuelle de la région (mm)

$M$  : température moyenne maximale du mois le plus chaud en ( $\text{K}^\circ$ )

$m$  : température moyenne minimale du mois le plus froid en ( $\text{K}^\circ$ )

Pour :

$$P=364\text{mm}$$

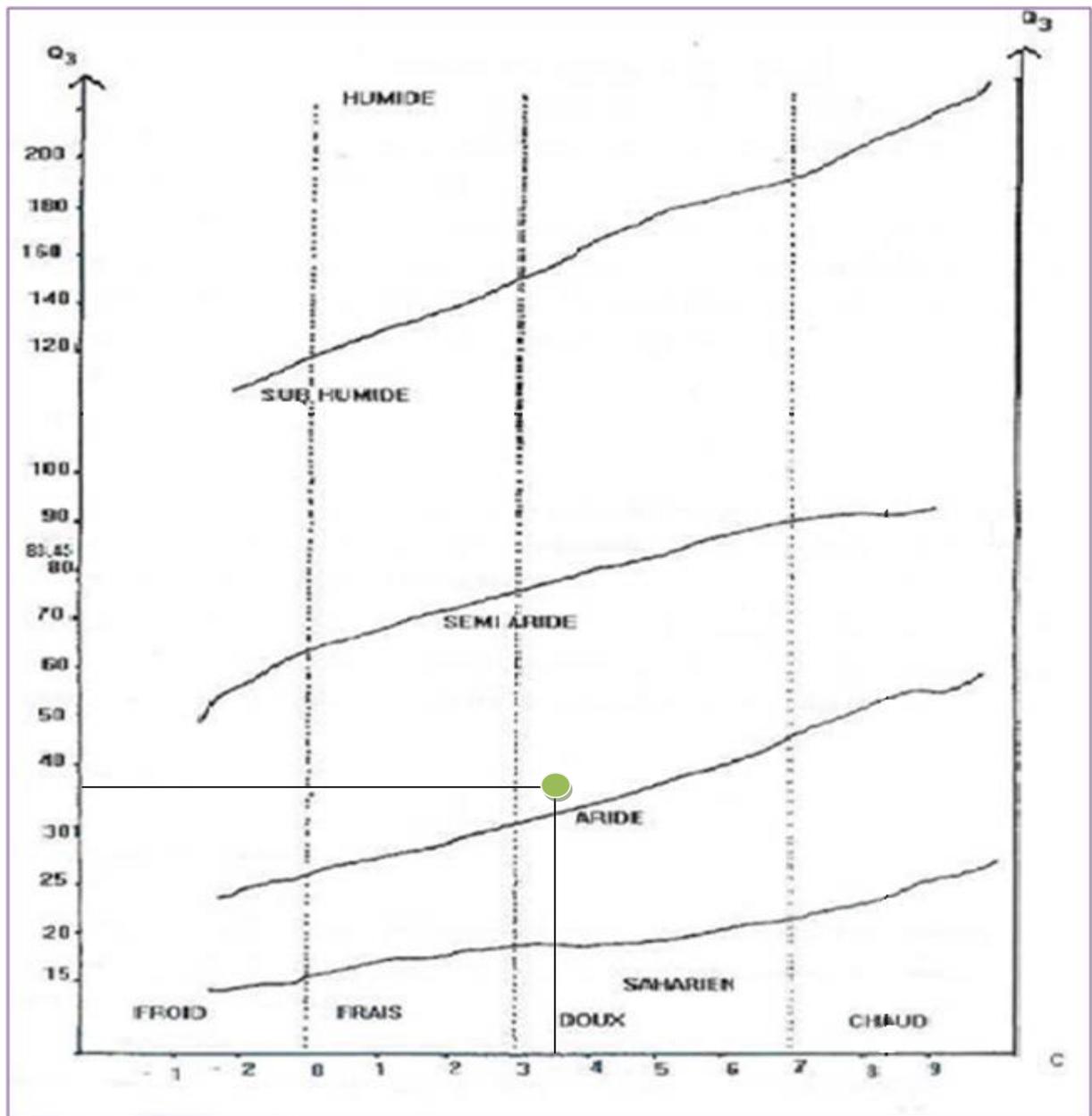
$$M=36.4 +273= 309.4 \text{ K}^\circ$$

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

On aura :

$$Q=(1000*364)/((309.4+276.4)/2*(309.4 -276.4))=37.6$$

Comportant un réseau de lignes séparatrices dans un espace orthonormé portant en ordonnées  $Q$  et en abscisse  $m$ , comme l'illustre la figure ci-après.



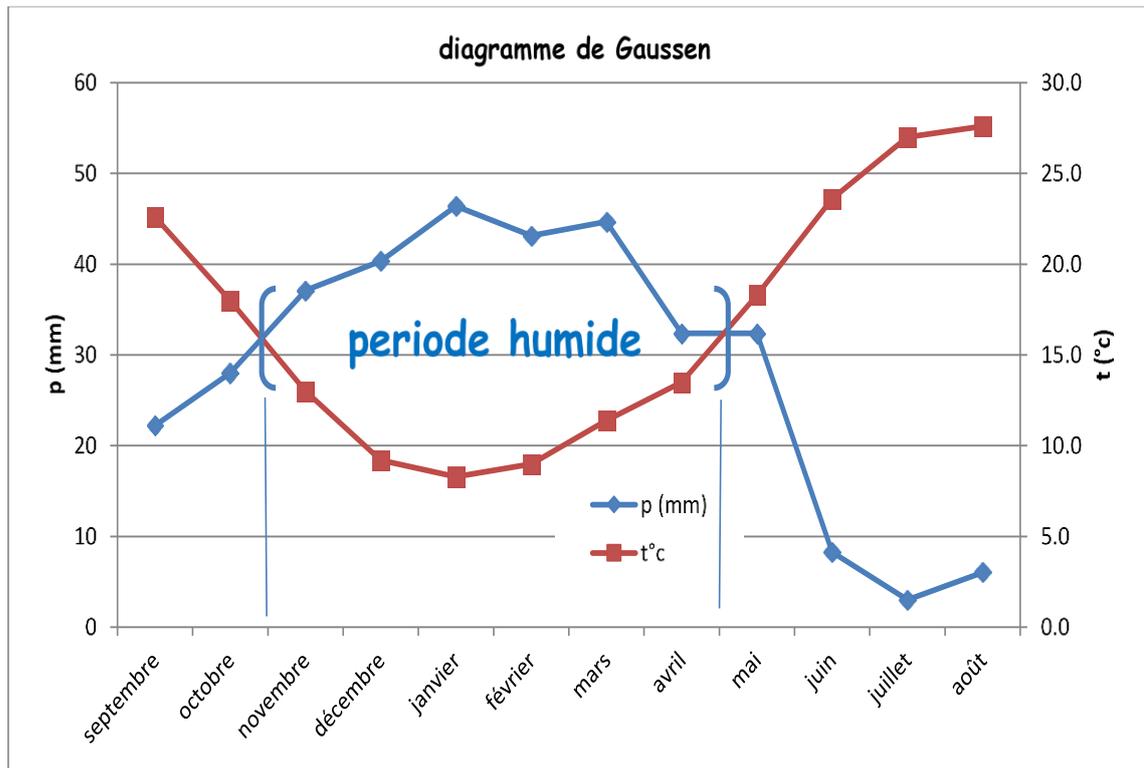
**Figure I-7:** Diagramme d'Emberger

A partir du quotient obtenu et de sa projection sur le diagramme bioclimatique d'Emberger, nous pouvons constater que le climat de cette région d'étude est de type semi-aride

### Représentation du diagramme de Gaussen

Le diagramme de Gaussen est une représentation graphique de la variation de précipitations et de températures. Dans cette représentation, les mois secs sont définis comme étant les mois, où le total des précipitations exprimées en (mm), est égal ou inférieur au double des températures moyennes mensuelles exprimées en (C°).

Dans le cas contraire, les mois sont considérés humides.



**Figure I-8 :** diagramme de Gausse

L'analyse du diagramme sus illustré, permet de constater que la période sèche débute à partir du mois de Mai et s'étale jusqu'au Mois d'octobre, ainsi, il y a lieu de conclure que l'irrigation est normalement indispensable durant cette période.

#### **I.4 Etude Socio-économique**

L'agriculture constitue la vocation principale de la commune de Sidi Naamane, qui présente de fortes potentialités agricoles, liées principalement aux conditions climatiques, la disponibilité des ressources en eau et sol, et enfin la disponibilité de la main d'œuvre.

##### **I.4.1 Répartition générale des terres utilisées par l'agriculture à travers la commune de Sidi Naamane**

La région de Sidi Naamane s'étale sur le flanc sud de la wilaya de Médéa, avec une superficie totale de : 389 Km<sup>2</sup> et divisé en trois communes comme suite :

- Sidi Naamane d'une surface totale de 117 km<sup>2</sup>
- Bouchrahil de surface totale de 210 Km<sup>2</sup>
- Khams djouamaa de surface totale de 62 Km<sup>2</sup>

### I .4.2 Population dans la région

La valorisation de la force de travail représente un objectif essentiel de la future mise en valeur. Le degré d'intensification de l'activité agricole dépend de l'intérêt que portera la population agricole à ce projet. Cependant et afin d'assurer la réussite d'une telle opération, il est impératif de comprendre la situation sociale locale et son environnement (la main d'œuvre, sa disponibilité, son degré de qualification, son instruction et son âge), ainsi que la prise en compte de ces préoccupations lors des projections des variantes d'aménagement.

En 2008, la population totale des zones qui se trouve au niveau du périmètre et à proximité est de 70107 habitants, (source : APC de Sidi Naamane).

### I .4. 3 Production agricole

En matière de production végétale, la commune a réalisé des performances remarquables, surtout en matière de production des cultures maraichères.

Les productions insérées dans le tableau ci-dessous présentent des valeurs moyennes enregistrées par la Subdivision des Services agricoles de Sidi Naamane durant la période de campagne agricole 2002 ---2014.

**Tableau I.9** Récapitulatif des cultures

<b>culture</b>	<b>Surface (ha)</b>	<b>Production (qx)</b>	<b>Rendement (qx /ha)</b>	<b>ST%</b>
<b>céréales d'hiver</b>	2017	35531	18	<b>47.88%</b>
<b>légumes secs</b>	48.1	520.26	11	<b>1.14%</b>
<b>culture fourragère</b>	232	9252.9	40	<b>5.50%</b>
<b>culture maraichères</b>	851	159343	187	<b>20.20%</b>
<b>arboriculture</b>	1065	37372	39	<b>25.28%</b>

(Source : SUB SA de la commune de sidi Naamane)

**Conclusion**

Le périmètre de Ladrat est situé dans la daïra de Sidi Naamane dans la wilaya de Médéa qui présente des potentialités agricoles importantes.

Dans ce chapitre nous avons présenté les caractéristiques principales de notre périmètre en particulier géographiques, géomorphologiques, et climatiques.

Du point de vu climatique, le périmètre de Ladrat se caractérise principalement par un climat de type semi-aride avec une période sèche marquée qui débute à partir du mois d'Avril et s'étale jusqu'au mois d'octobre. La pluviométrie annuelle de 364mm, et la région accuse un déficit hydrique durant les mois Avril-Septembre, il est donc indispensable d'introduire une irrigation pour un développement de l'agriculture dans le périmètre de Ladrat.

## **Chapitre II**

Ressources en sol-Ressources en eau

## Chapitre II : Ressources en sol et ressources en eau

### Introduction

Le but de ce chapitre d'analyser les ressources en eau et en sol de notre périmètre qui est une étape préliminaire pour tout aménagement hydro-agricole.

L'étude des ressources en sol caractérise les parcelles selon leurs propriétés morphologiques, physiques et chimiques. Elle montre l'importance relative de ces sols et leur répartition dans le périmètre.

### II.1. Etude pédologique

L'étude agro-pédologique a pour objectifs de définir les sols destinés à l'irrigation ou de localiser les zones aptes à sa mise en valeur, ainsi que les caractéristiques hydrodynamiques, physico-chimiques et morphologiques de ces sols indispensables pour le calcul des doses d'arrosages et l'emplacement des réseaux d'irrigation et de drainage.

#### II.1.1 Classification des sols du périmètre

La prospection pédologique des levés de notre périmètre s'est basée sur la classification française (CPCS, France 1967).

L'étude des caractères morphologiques des sols et l'analyse physico-chimique des échantillons du sol du périmètre Sidi Naamane a permis de classer notre sol dans la classe :

**Classe 1 : Sols bruns.**

#### II ..11.1 Description et classification Profils pédologiques

L'essentiel des sols de notre périmètre se rapporte à la classe des sols bruns. Pour l'étude des sols, plusieurs profils ont été établis. Les caractéristiques de notre sol sont résumées dans notre mémoire par le profil N°1 :

##### **Profil n°1**

##### **▪ Caractéristique morphologique :**

- \* Classe : sols bruns
- \* Groupe : des sols bruns type A (B) C
- \* Situation : Vallée de Ladrat.

- \* Pente : 2% Sud-Nord.
- \* Occupation du sol : Jachère
- \* Altitude : 670 m.

### Description du profil

0 – 110 cm : Horizon - Brun - sec - Texture limoneux-argileuse, structure prismatique, fissuré, absence des micros organisme, d'humus, présence des macros pores et porosité forte, légère réaction à l'Hcl. Le PH basique.

>110 cm : Horizon - Brun - sec - Texture limoneux-argileuse - Structure prismatique fissuré absence des micros organisme, d'humus, présence des micros pores, légère réaction à l'Hcl.

Le PH est basique.

Des Sols bruns épais, avec une texture limono argileuse, ceci indique que le sol est battant, asphyxiant, léger, un peu stable (structure peu stable), ne se tasse pas, relativement perméable, s'échauffe et se refroidis moyennement, sensible à l'érosion, non calcaire et non salé.

**Tableau II.1** : Analyse physico-chimique des profils pédologiques

Numéro du profil	P1	
Coordonnées	X	
Code laboratoire numéro	24	25
Horizons	H1	H2
Profondeur en cm	0-110	>110
Caco3 Total (en %)	0,38	11,25
Caco3 Actif (en %)		2,05
CEC (en méq /100 g)	17,09	16,87
PH (au 1/5)	8,35	8,48
C.Emmhos/cm. (1/5)	0,18	0,19
Densité réelle	2,04	2,10
P205 ppm	18,32	38,93
C %	0,38	0,22
MO %	0,65	0,38

Profondeur en cm		0-110	>110
Granulométrie (en %)	A	36,10	35,40
	LF	22,10	22,60
	LG	22,40	20,20
	SF	12,00	6,40
	SG	7,40	15,40
K Henin cm/h		14.29	19.72

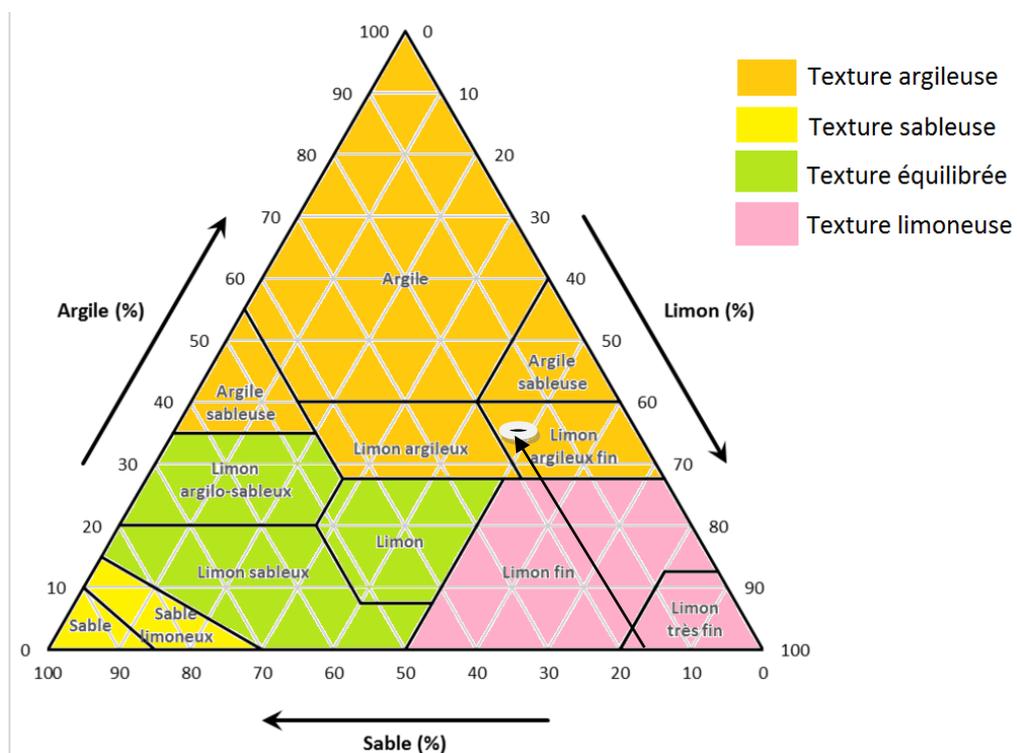


Figure II.1 : Analyse texturale des sols étudiés

### II.1.1.2 Interprétation des analyses

Les résultats obtenus montrent que le sol étudié présente les caractéristiques suivantes :

- ✓ Une texture limono argileuse ;
- ✓ Des teneurs en calcaire total et actif indiquant que le sol est non calcaire ;
- ✓ Des valeurs de la CE indiquant qu'il s'agit d'un sol non salé ;
- ✓ Des taux de matière organique relativement faibles ;

- ✓ Une capacité d'échange cationique moyenne, ces dernières reflètent une fertilité chimique satisfaisante.

### II.1.2. Caractéristiques hydrodynamiques des sols

Les paramètres hydrodynamiques varient généralement en fonction de la structure et de la texture du sol. Les paramètres qui interviennent dans le calcul de la dose d'irrigation sont résumés dans le tableau II.2 :

**Tableau II.2 :** Propriétés hydrodynamiques des sols.

Paramètres	unité	Valeur moyenne
Texture	-----	Limono-argileux
Densité apparente (Da)	g/cm <sup>3</sup>	1.40
Perméabilité Porchet (K)	m/s	2.5 -3 x 10 <sup>-5</sup>
L'humidité (PF) caractéristique (pF 4.5)	%	14%
L'humidité (PF) caractéristique (Pf 2,5)	%	28- 26%

### II.1.3. Détermination des aptitudes culturales des sols

La carte des aptitudes culturales a été élaborée sur la base des propriétés morphologiques et physico- chimiques des sols.

L'interprétation des résultats analytiques du sol, montre que ce dernier présente de bonnes potentialités pédologiques pour les cultures maraichères et arboricoles, sans aucune contrainte pédologique et suite aux enquêtes sur le site, le sol convient aux cultures suivantes :

- Les cultures maraichères : pomme de terre, tomate, poivron, pastèque, melon,.....etc.
- Les cultures fourragères : maïs, luzerne, bersim.....etc.
- Les cultures céréalières : blé,....etc.
- Les cultures arboricoles en particulier arbres fruitiers : agrumes, sans aucune restriction.

## II.2. Ressources en eau

Avant d'entamer un projet d'irrigation, il faut d'abord localiser et quantifier les ressources en eau nécessaire à l'irrigation, et d'analyser les pluies, qui permettent de déterminer les potentialités du périmètre de point de vue hydrique.

### II.2.1 Réseau hydrographique

Le réseau hydrographique qui draine la commune de Sidi Naamane se caractérise par la densité de sa chevelure et des écoulements, particulièrement dans la moitié Nord où les terrains sont essentiellement sédimentaires. Les principaux oueds qui drainent la zone d'étude forment l'oued El malah qui constitue l'oued principal où se trouve le barrage de Koudiet Asserdoune en aval. Les principaux oueds sont :

**Oued El Bessbes** : Le plus important, il prend naissance dans le Djebel Djemaa Ressoul, et Djebel Sed el Rheraba, il draine la partie occidentale des deux Djebel situé au 20 km à l'ouest du chef-lieu de Sidi Naamane.

**Oued Ladrat** : comparable à celui d'El Bessbes, il provient de Koudiet Tafalla et de Djebel Beni Guiton situé à 15 km de chef-lieu de Sidi Naamane.

#### II.2.1.1 Ressources en eau mobilisées

#### II.2.2 Présentation du Barrage de Ladrat Sidi Naamane

L'objectif principal de la construction du barrage de Ladrat est la fourniture d'eau pour l'irrigation permettant une intensification agricole des terres cultivées.

Ce barrage se trouve sur l'oued de Ladrat situé à 6 km au Nord-Ouest du chef-lieu de la commune de Sidi Naamane avec une digue en terre de hauteur de 44 m.

Les coordonnées de l'axe du barrage sont : 36°14'33'' nord ; 3°04'17'' est.

Les apports au droit du barrage sont estimés à 8 Hm<sup>3</sup>, la surface du bassin versant est de 73 km<sup>2</sup>. D'une capacité actuelle de 10 Hm<sup>3</sup>, ce barrage est destiné à l'irrigation du périmètre de Ladrat.

##### II.2.2.1. Caractéristiques hydrauliques du Barrage de Ladrat

Le barrage de Ladrat est un barrage de type digue en terre zonée avec un noyau central, une altitude de crête 682 m NGA.

Les caractéristiques principales de barrage sont énumérées dans le tableau suivant

**Tableau II.3** : Caractéristiques de barrage Ladrat

Dénomination	Unité	Quantité
Bassin versant	Km <sup>2</sup>	73
Precipitation annuelle moyenne	mm	560
Hauteur du barrage	m	42
Volume régularisé	Hm <sup>3</sup>	4,7
Volume mort	Hm <sup>3</sup>	3,2

<b>Capacité total</b>	Hm <sup>3</sup>	10
<b>Débit annuel moyen de l'oued</b>	m <sup>3</sup> /s	21

(Source : l'ANRH)

### II.2.3. Etude de la qualité de l'eau d'irrigation

Avant tout projet d'aménagement agricole il est important d'avoir une quantité satisfaisante de réserve d'eau pour l'irrigation, cette eau doit être de bonne qualité, pour cela il faut faire son diagnostic afin de rechercher les éléments dont leur excès peut nuire aux cultures.

Les facteurs qu'on doit vérifier pour étudier la qualité de l'eau sont :

- Risque de Salinité ;
- Risque de Sodium (Degré d'Adsorption du Sodium ou SAR) ;
- Le pH ;
- Toxicité

La source principale des eaux d'irrigation de notre périmètre se résume par des eaux de surface issue de barrage de Ladrat de capacité de 10 Hm<sup>3</sup>.

Le tableau II.3 présente un extrait du bulletin mensuel de la qualité des eaux de barrages octobre 2012 réalisé par l'ANRH.

**Tableau II.4** : Analyse chimique de l'eau d'irrigation.

<b>Barrage</b>	<b>Ladrat</b>
<b>Usage</b>	Irrigation
<b>Volume Hm<sup>3</sup></b>	5.859
<b>PH</b>	8.5
<b>RS Mg/l</b>	464
<b>O<sub>2</sub>%</b>	133.435
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	0
<b>NO<sub>2</sub><sup>-</sup></b>	0

<b>DBO<sub>5</sub></b>	
<b>DCO mg/l</b>	26
<b>MO mg/l</b>	8.1
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup> mg/l</b>	0
<b>CE</b>	0.75
<b>Na<sup>+</sup> meq/l</b>	45
<b>Ca<sup>++</sup> meq/l</b>	76
<b>Mg<sup>++</sup> meq/l</b>	36

(Source L'ANRH 2018)

#### II.2.4. Classification des eaux d'irrigation

La classification des eaux d'irrigation proposé par l'US « Salinity Laboratory » est basée sur deux paramètres :

- La Conductivité électrique CE.
- Le rapport d'absorption du Sodium SAR

##### II.2.4.1 La concentration totale des sels solubles

La salinité est l'un des éléments les plus intéressants à évaluer pour l'eau d'irrigation, elle représente la quantité des sels dissouts en eau sous forme d'ions.

L'accumulation de ces sels hydrosolubles dans le sol d'enracinement influe négativement sur la croissance des plantes.

La salinité est déterminée à partir de la mesure de la conductivité électrique exprimée en dS.m<sup>-1</sup> ou en mmho.cm<sup>-1</sup> à 25 °C.

**Tableau II.5** : Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique

Classe	Conductivité électrique CE (mmhos/cm)	Qualité des eaux	cultures
<b>C1</b>	CE ≥ 0.25	Risque faible de salinité	Pour toutes les cultures

<b>C2</b>	$0.25 \leq CE \leq 0.75$	Risque moyen de salinité	pour les plantes moyennement tolérantes.
<b>C3</b>	$0.75 \leq CE \leq 2.25$	Risque élevé de salinité	ne convient qu'à des sols bien drainés et des plantes tolérantes.
<b>C4</b>	$CE > 2.25$	Risque très élevé de salinité	eau difficilement utilisable

L'eau du barrage Ladrat prévue pour l'irrigation du périmètre étudié à une conductivité électrique moyenne  $CE = 0.7$  mmhos/cm, donc : elle est de classe **C2** Eau de risque moyen de salinité.

#### II.2.4.2 Le SAR (Sodium Absorption Ratio)

Le danger d'alcalinisation est évalué à partir du rapport entre les concentrations de sodium, de calcium et de magnésium, rapport obtenu à partir de l'équation de Gapon (1933) proposée par l'US « Salinity Laboratory » (1953) sous l'appellation sodium-adsorption ratio (SAR) que l'on peut traduire par le rapport de sodium adsorbé et qui décrit la quantité de sodium en excès par rapport aux cations calcium et magnésium, qui eux peuvent être tolérés en relativement grande quantité dans l'eau d'irrigation.

$$Na = 45 \text{ meq/l}$$

$$Ca = 76 \text{ meq/l}$$

$$Mg = 36 \text{ meq/l}$$

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}} = 6.01 \quad (\text{II-1})$$

Avec :  $Na^+$ ,  $Ca^{++}$  et  $Mg^{++}$  en méq/l

Quatre classes de danger d'alcalinisation ont été définies.

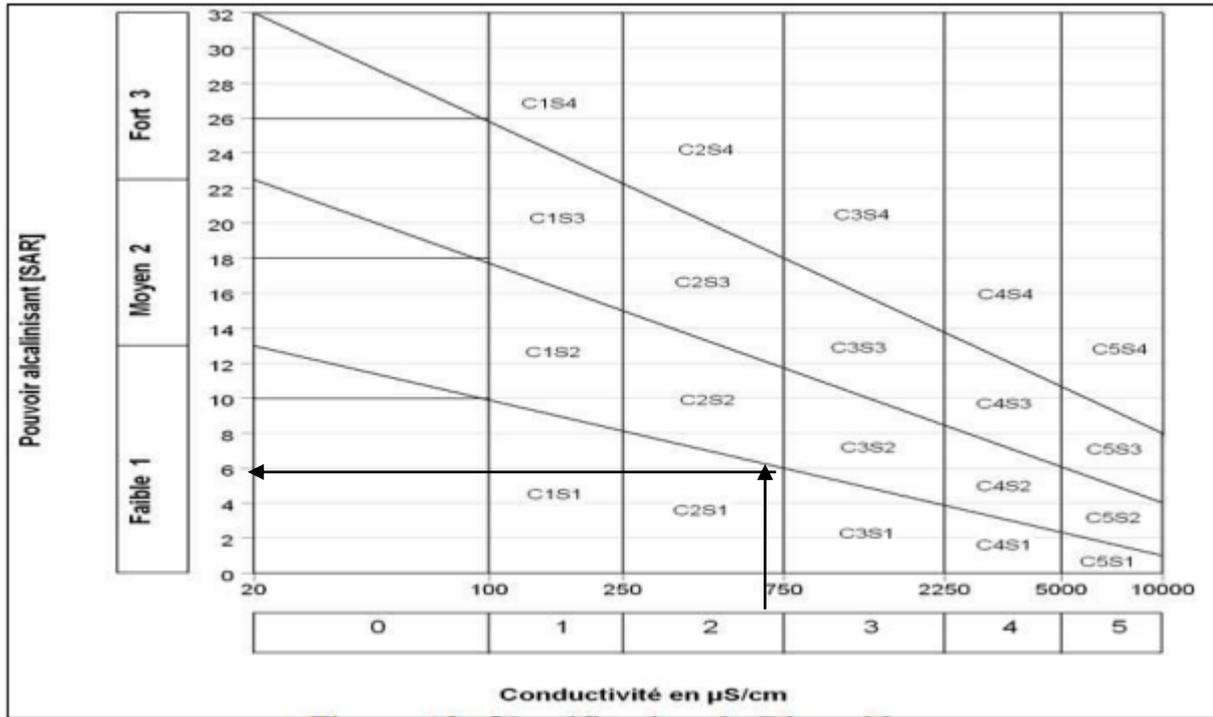
**Tableau II. 6** : Risque d'alcalinisation en fonction du SAR

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

D’après les résultats du calcul de rapport d’absorption du sodium SAR de l’eau d’irrigation de l’oued Ladrat cette eau comporte des risques alcalins faibles de classe S1

**\* Classification de l’eau d’irrigation selon l’U.S.S. L (1954)**

La classification de l’US Salinity Laboratory Staff (1954) basée sur le diagramme de Riverside, donc on a utilisé ce diagramme pour déterminer la classe des eaux d’irrigation de notre barrage.



**Figure II .2 :** digramme de classification des eaux d’irrigation

D’après le diagramme de Riverside : les eaux de barrage de Ladrat appartiennent à la classe (C2.S1) donc on à une moyenne salinité et faible alcalinité. Il ressort que l’eau de l’oued Ladrat est bonne pour l’irrigation avec un léger risque moyen sans restrictions majeures.

**II.3. Calcul de la pluie de projet**

**II.3.1. Choix de la station**

**II.3.2.présentation de la station pluviométrique**

**Tableau II.7 :** Caractéristiques principales de la station pluviométrique (ANRH Alger).

Nom de la station	Code	coordonnées		Altitude(m)	Période d’observation	Nombre d’observation
		X(m)	Y(m)			

<b>Beni Slimane</b>	090302	557.20	322,65	600	1980-2015	36
---------------------	--------	--------	--------	-----	-----------	----

(Source : l'ANRH Alger)

### II.3.3. Répartition de la pluie moyenne annuelle

La précipitation est un facteur climatique très important, elle nous permet de connaître la période où les cultures ont besoin d'être irriguées ou pas.

La série des précipitations moyennes mensuelles de la station pluviométrique de Beni Slimane (la période 1980-2015) est donnée dans le tableau ci-après :

**Tableau II.8** : les pluies moyennes mensuelles

Mois	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MARS	AVR	MAI	JUN	JUIL	AOÛT	ANNU
1980	0	11.1	42	103	16.1	43.9	23.4	44.9	14.2	16.3	0	0	314.9
1981	1.6	17.3	2.1	70.9	92.1	39.2	38.7	37.7	63.7	36.4	0	3.8	403.5
1982	20.3	54.6	82	43.8	0	29.9	11.4	33.6	6.5	0	23.6	13.7	319.4
1983	1.5	3.3	16.5	22.5	30.2	71.3	24.4	38.5	21.3	17.5	0	3.5	250.4
1984	3.2	99.3	28.7	56.5	22.5	31.7	53.7	12.3	62.3	0	8.8	0	379
1985	26.3	11.7	55	27.9	37.1	36.5	107.5	6.5	2.9	9.7	0	11.1	332.2
1986	19.9	29	43.4	62.1	71.6	72.7	11.2	3.5	11.8	26.7	0	0	351.9
1987	0.4	25.5	60.7	29.5	9.2	22.6	31.8	37.3	24.7	4.6	2.6	0	248.9
1988	27.8	21.2	18.8	81.6	30.8	20.6	29.1	60.5	5.6	0	0	0	296
1989	20.4	4.5	11.6	10	39.4	0	61.7	38.4	96.3	2.4	5	10.2	299.9
1990	22	15.3	28.1	48.1	36	65.7	66.3	20	14.8	4.3	3.2	0	323.8
1991	5.5	70.8	6.9	4.8	83	8.7	57.5	6.8	77.4	19.4	21.7	0	362.5
1992	16.1	36	62.7	22.8	16.5	45.3	8.6	38.1	16.8	13.5	0	7.2	283.6
1993	49.7	12.3	18.8	29.8	40.1	38	0	46.4	2.5	0	0	3.7	241.3
1994	53.4	51.5	25.8	33	138	31	78.2	3.3	0	19	0	12.6	445.8
1995	15.6	33.1	10	8	30.7	77.7	29.6	80	43.7	51.2	12	9.7	401.3
1996	16.3	8.3	15.5	32.4	36.9	14.8	2.5	58.8	20.1	2.4	0	21.2	229.2
1997	47.1	42.6	53.3	55.9	13	59.6	7.8	18.1	144.2	4.5	0	11.5	457.6
1998	57	29.8	63.4	21	59.5	47.4	76.2	0.6	22.8	0.8	0.9	3.6	383
1999	35.9	16.9	26.1	66.2	27.2	11.1	14.1	22	12.5	0	0	0	232
2000	14.7	51.9	28.4	36.2	94.2	28.7	0	40	9.3	4.7	0	5.2	313.3
2001	33	2.2	24.9	14.9	22.8	21.3	9.7	8.4	2	0	15.9	39.6	194.7
2002	25.4	11.2	75.4	69.5	92.6	67.8	5.5	74	35.6	0.2	0	2.8	460
2003	78.6	89.2	50.2	93.9	38.5	9.9	28.6	36.9	92.1	0.4	20.9	15.4	554.6
2004	7.7	24	28.6	78.9	48.8	77.1	14.9	21.9	4.1	4.7	0	0	310.7
2005	5.7	47.1	30.5	51	70.4	72	25.5	46.2	43.8	6.9	0	0	399.1
2006	47.9	4.5	30	58.2	5.1	48.1	135.9	69.7	24.7	8.7	9	2.8	444.6
2007	141.1	54.8	74.6	19.6	8	35.6	45.6	6.9	104.5	18.4	0.6	0.5	510.2
2008	41	35.4	37.1	61.7	53.8	20.2	52.7	66.5	27.2	0	0	10	405.2
2009	83	19.3	70	30	48.1	80.6	62.7	10.8	44.7	2.5	0	45.4	497.1
2010	4.6	50.8	68.7	32.6	29.9	83.5	29.5	74.7	76.7	26.6	0	7.8	485.4
2011	23.2	50.3	71.1	30.8	9.2	85	73.9	84.6	22.5	0	0	0.8	451.4

<b>2012</b>	2.5	43.7	55.6	4.3	67.7	86.1	40.9	65.8	64.2	1.7	0.3	23.2	456
<b>2013</b>	30.8	2.2	61.8	51.3	41	32.6	67.4	4.1	3.5	76.6	0	11.2	382.5
<b>2014</b>	19.1	4.2	33.4	103.2	45.9	78.6	13.1	0	12.3	16	0	5.8	331.6
<b>2015</b>	45.4	26.7	14.5	0	40.7	57.2	57.1	39.7	75.9	6.5	0	0	363.7
<b>P MOY</b>	28.9	30.8	39.8	43.4	42.9	45.8	38.7	34.9	36.3	11.18	3.45	7.8	364

(Source : l'ANRH)

Cette série des pluies annuelles présente des caractéristiques statistiques suivantes :

**Tableau II.9** : Caractéristiques de la série pluviométrique.

<b>moyenne</b>	364 mm
<b>Ecart type</b>	89.2
<b>cv</b>	0.245
<b>P<sub>min</sub></b>	195 mm
<b>P<sub>max</sub></b>	555 mm

### II.3.4 Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique

Pour vérifier l'homogénéité de la série pluviométrique on nous avons choisi le test de Wilcoxon (ou test des rangs), ce test permet la vérification de l'homogénéité de la série sans qu'il fasse appel à une autre série pluviométrique homogène d'une station voisine, étalé sur la même période d'observation.

Soient 2 variables aléatoires X et Y, représentant respectivement 2 séries de précipitations annuelles de taille N1 et N2.

Y étant la série à étudier et X étant la série de base avec N1>N2.

On classe les éléments de ce nouvel échantillon X union Y par ordre décroissant et on associe à chacune des valeurs le rang qu'elle occupe dans cette série.

La série est homogène avec une probabilité de 95%, si la relation ci-dessous est vérifiée :

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

Avec :

$W_y$  : Somme des rangs de sous série étudié X

$$W_{\min} = \left( \frac{(N_1 + N_2 + 1)N_2 - 1}{2} \right) - 1.96 \sqrt{\frac{N_1 N_2 (N_1 + N_2 + 1)}{12}} \quad (\text{II-2})$$

$$W_{\max} = \left( (N_1 + N_2 + 1)N_2 - W_{\min} \right) \quad (\text{II-3})$$

On prend :  $N_1 = 24$  et  $N_2 = 12$

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

**Tableau II.10** : test d'homogénéité des pluies de la station

Rang	Série d'origine	Série Y (mm)	Série X (mm)	TRI (mm)	X union Y
1	314.9	314.9	283.6	194.7	X
2	403.5	403.5	241.3	229.2	X
3	319.4	319.4	445.8	232	X
4	250.4	250.4	401.3	241.3	X
5	379	379	229.2	248.9	Y
6	332.2	332.2	457.6	250.4	Y
7	351.9	351.9	383	283.6	X
8	248.9	248.9	232	296	Y
9	296	296	313.3	299.9	Y
10	299.9	299.9	194.7	310.7	X
11	323.8	323.8	460	313.3	X
12	362.5	362.5	554.6	314.9	Y
13	283.6		310.7	319.4	Y
14	241.3		399.1	323.8	Y
15	445.8		444.6	331.6	X
16	401.3		510.2	332.2	Y
17	229.2		405.2	351.9	Y
18	457.6		497.1	362.5	Y
19	383		485.4	363.7	X
20	232		451.4	379	Y
21	313.3		456	382.5	X
22	194.7		382.1	383	X
23	460		331.6	399.1	X
24	554.6		363.7	401.3	X
25	310.7			403.5	Y

26	399.1			405.2	X
27	444.6			444.6	X
28	510.2			445.8	X
29	405.2			451.4	X
30	497.1			456	X
31	485.4			457.6	X
32	451.4			460	X
33	456			485.4	X
34	382.5			497.1	X
35	331.6			510.2	X
36	363.7			554.6	X

Donc :  $W_{min} = 162.5$   $W_{max} = 281.5$  et  $162.5 < W_y = 163 < 281.5$

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

### II.3.5.L'étude fréquentielle de la série pluviométrique

Les séries pluviométriques peuvent être ajustées par de nombreuses lois statistiques, pour notre projet on utilise celles qui garantissent le meilleur ajustement possible.

Les lois d'ajustement les plus utilisées sont les suivantes :

- Loi de Gauss ou loi normale.
- Loi de Gibrat-Galton ou loi log normale.

#### \*Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gauss :

La méthode de Gauss consiste à :

- Classer les valeurs des précipitations annuelles par ordre croissant.
- Classer les fréquences des valeurs observées par la formule :

$$F_{(x)} = \frac{n-0.5}{N} \quad (\text{II-4})$$

- Calculer la moyenne arithmétique :  $\bar{X} = \sum \frac{x_i}{n}$

- Calculer l'écart type :  $\delta = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{X})^2}{n-1}}$  pour  $n > 30$

- Calculer la variable réduite de Gauss :  $U = \frac{x - \bar{X}}{\delta}$

- Calculer le coefficient de variation :  $C_v = \frac{\delta}{\bar{X}}$
- Calculer les caractéristiques empiriques :  $(\bar{X} ; \delta ; C_v ; CS=0)$ .
- Calcul du quantile pour une période de retour donnée

$$X_p \% = \bar{X} + \delta * U_p \% \quad (\text{II-5})$$

Avec :

$X_p$  : Précipitation de probabilité P%

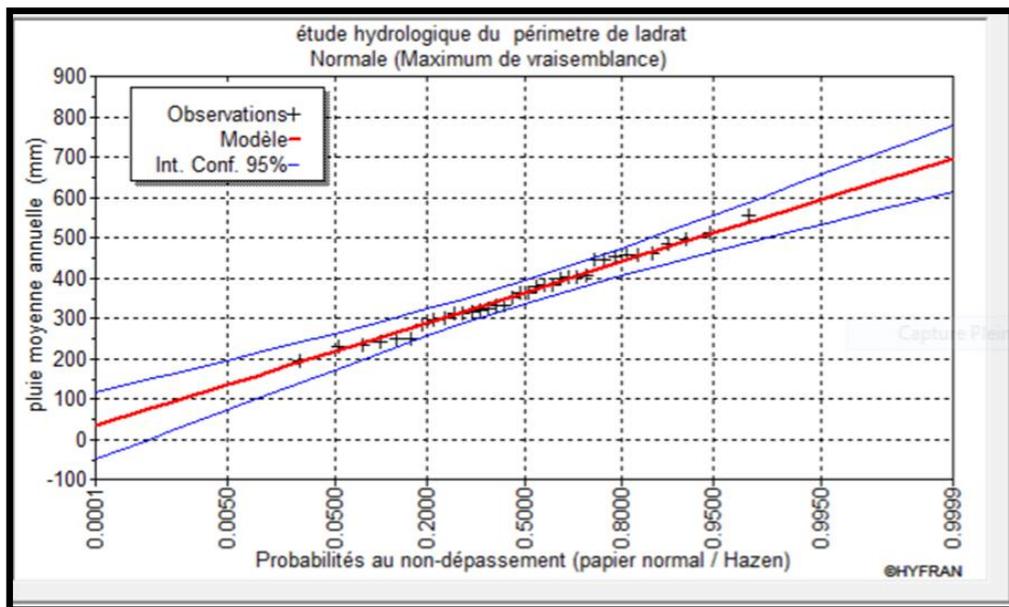
$U_p$  : Variable réduite de Gauss

$\bar{X}$  : Moyenne arithmétique et  $\delta$  : Ecart type

Pour le calcul on a utilisé le logiciel HYFRAN.

**Tableau II.11** Ajustement à la loi normale

T	F-non dépassement	P %	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)
5	0.8	439	17.4	405 - 473
2	0.5	364	14.9	335 - 394
1.25	0.2	289	17.4	255 - 323



**Figure II.3** : Courbe d'ajustement des pluies à la loi normale

#### \*Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gibrat-Galton

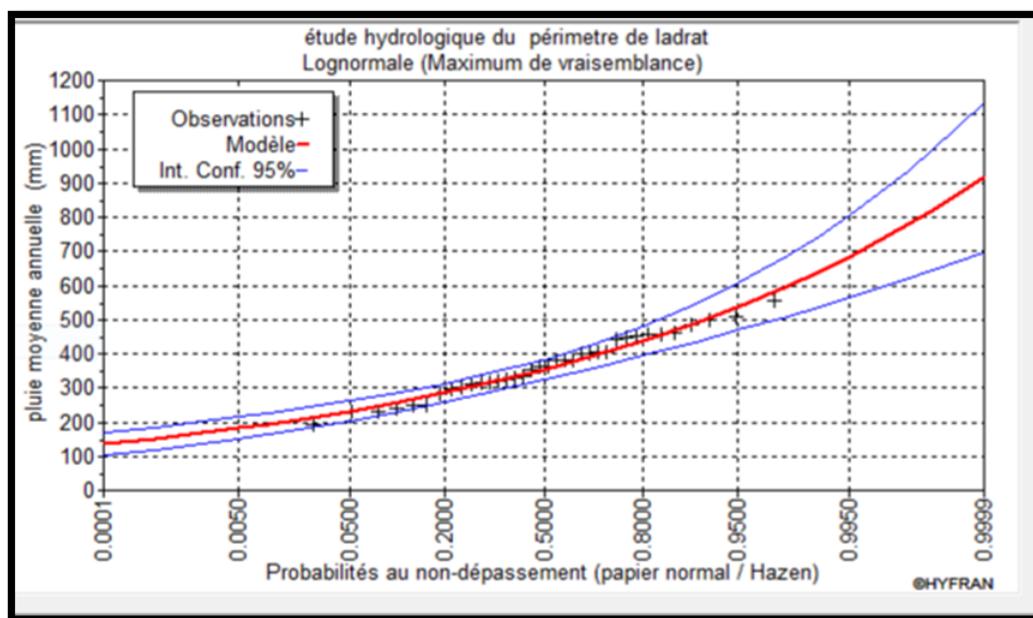
Les données statistiques des pluies sont rapportées à l'échelle log-normale. L'équation de la droite de Galton s'écrit comme suit :

$$\text{Ln}(X_p \%) = \overline{\text{Ln}(X)} + \delta \text{Ln} * (U_p \%) \quad (\text{II-6})$$

Pour le calcul nous avons utilisé le logiciel HYFRAN.

**Tableau II.12** Ajustement à la loi log normale

T	F-non dépassement	P %	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)
5	0.8	438	21.8	395 - 481
2	0.5	353	15.1	324 - 383
1.2	0.2	285	14.2	257 - 313



**Figure II .4:** Courbe d’ajustement à la loi log normale

**\* Test de validité d’un ajustement**

Après un ajustement, il convient de comparer l’adéquation de ces lois afin d’adopter le meilleur ajustement. L’un des tests le plus employé, est le test du Khi-carré ( $\chi^2$ ). Ce test permet de juger la qualité de l’ajustement d’une distribution théorique à une distribution expérimentale. A partir du logiciel HYFRAN on obtient les résultats suivants :

**Tableau II.13 :** Test de validité des deux ajustements.

Loi normale $\chi^2_{\text{calculé}} = 4$	Loi log-normale $\chi^2_{\text{calculé}} = 3.56$
Degrés de liberté = 5	

Nombre de Classe =8
---------------------

Le test de Khi-carré ( $\chi^2$ ) montre que les deux lois présentent une même adéquation, sur la table de Pearson khi-deux ( $\chi^2$ ) théorique = 8.4 , pour :  $\alpha=0.05$  et  $\gamma=4$

Donc :  $\chi^2$  calculée <  $\chi^2$  théorique (Pour les deux lois)

L'adéquation de la loi est bien définie, ce qui résulte que l'ajustement est correct avec une certaine probabilité :  $1-\alpha$  soit 95%. D'après le test de Khi carré, on déduit que la loi log normale présente un meilleur ajustement de la série des pluies annuelles de la station de Beni Slimane.

### II.3.6.Détermination de l'année de calcul

Le but principal de la détermination de l'année de calcul, est de connaître la quantité de pluie qui peut être utilisée par la plante, c'est une fraction de la pluie efficace (pluie de probabilité 80%). Pour trouver la pluviométrie moyenne mensuelle de probabilité 80% on utilise la loi suivante :

$$P_{i,80\% \text{ de pluie par mois}} = P_{i, \text{moy de pluie par mois}} \times \frac{P_{\text{orique \text{é}ht } 80} (\text{annuel})}{P_{\text{orique \text{é}ht } 50} (\text{annuel})} \quad (\text{II-7})$$

Les pluies de fréquence 80% suivant la loi Log-Normale, sont données comme suit :

**Tableau 14:** La pluviométrie moyenne mensuelle de probabilité 80%

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Jun	Jui	Aout
Pmoy (mm /mois)	28.9	30.8	39.6	43.4	42.9	45.8	38.7	34.9	36.3	11.1	3.4	7.8
Pmoy80% (mm/mois)	23.12	24.64	31.68	34.72	34.32	36.64	30.96	27.92	29.04	8.88	2.72	6.24

(Source: ANRH)

### Conclusion

L'irrigation est une application nécessaire pour compléter les faibles apports de précipitations naturelles pendant la période sèche, ceci pour assurer le bon développement des cultures, et d'obtenir de meilleurs rendements.

Cette étude a permis d'analyser les sols de notre périmètre : les sols de classe bruns sont

dans leur majorité profonds, limoneux-argileux, non salés et non calcaires, avec des taux de matière organique relativement faibles.

Les eaux du barrage de Ladrat qui alimentent notre périmètre appartiennent à la classe **C2 S1**, avec une faible alcalinité, et une salinité moyenne.

**Chapitre III**  
Calcul des besoins en eau des  
cultures

## Chapitre III : Besoins en eau des cultures

### Introduction

La consommation d'eau pour l'irrigation est définie comme étant le volume d'eau nécessaire pour compenser le déficit, d'une part l'évaporation potentielle et d'autre part les pluies efficaces pendant la période de croissance des cultures et le changement dans la teneur en eau du sol. Elle varie considérablement en fonction des conditions climatiques, des saisons, des cultures et des types de sol.

L'objectif principal de ce chapitre est l'estimation des besoins en eau des cultures en fonction de chaque phase végétative, ce qui permettra de quantifier les volumes d'eau d'irrigation de notre périmètre.

### III.1. Estimation des Besoins en eau des cultures

Les cultures pour se développer, puisent du sol, l'eau et les éléments nutritifs, la quantité d'eau donnée à la culture n'est pas totalement absorbée par la culture, une partie percole et se perd en profondeur.

L'eau qui constitue la plante est libérée par transpiration, le reste est évaporé par le sol ; ces deux actions constituent l'évapotranspiration de la culture, ce phénomène conditionne et détermine les besoins en eau des cultures.

#### III.1.1 Calcul des besoins en eau d'irrigation

Le calcul des besoins en d'irrigation (mm) à apporter pour la culture est réalisé en effectuant le bilan hydrique ( $B_i$ ) suivant :

$$B_i = ETM_i - (P_{eff_i} + RS_{i-1}).$$

Où :

- $ETM_i$  : est l'évapotranspiration maximale ou besoins des cultures en mm ( $ETM = ET_0 * k_c$ )
- $k_c$  : le coefficient culturel de la culture considérée.
- $P_{eff_i}$  : est la pluie efficace.
- $RS_{i-1}$  : La réserve en eau du sol restante du mois précédent.

#### III.1.2. Calcul de l'évapotranspiration référence ( $ET_0$ )

L'évapotranspiration de potentielle est une mesure de la capacité de l'atmosphère à éliminer

l'eau de la surface d'un sol avec couvert végétal disposant de l'eau en abondance : c'est la quantité maximale d'eau susceptible d'être perdue en phase vapeur, sous un climat donné, par un couvert végétal continu spécifié (gazon) bien alimenté en eau et pour un végétal sain en plein croissance.

Vu la complexité de la mise en œuvre d'un dispositif de mesure de l' $ET_0$ , il est préférable de recourir à des méthodes d'estimation, telles que les méthodes empiriques qui donnent une estimation assez précise de l'évapotranspiration de potentielle.

### -Formule Modifiée de Penman\_Monteith

La formule de Penman\_Monteith permet de calculer l'évapotranspiration d'une surface libre d'eau à partir des enregistrements climatologiques de l'ensoleillement, la température, l'humidité et la vitesse du vent. La formule de Panman-Monteith modifiée est la formule la plus utilisée depuis 1948 et elle est recommandée par le FAO, détaillée comme suit :

$$ET_0 = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{C_{ste}}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)} \quad (\text{III-1})$$

Avec :

$ET_0$  : évapotranspiration de référence [mm jour<sup>-1</sup>],

$R_n$  : rayonnement net à la surface de la culture [MJ m<sup>-2</sup> jour<sup>-1</sup>],

$G$  : densité de flux de chaleur dans le sol [MJ m<sup>-2</sup> jour<sup>-1</sup>],

$T$  : température journalière moyenne de l'air à une hauteur de 2 m [°C]

$u_2$  : vitesse du vent à une hauteur de 2 m [m s<sup>-1</sup>],

$e_s$  : pression de vapeur saturante [kPa],

$e_a$  : pression de vapeur réelle [kPa],

$e_s - e_a$  : déficit de pression de vapeur saturante [kPa],

$\Delta$  : pente de la courbe de pression de vapeur saturante [kPa °C<sup>-1</sup>],

$\gamma$  : constante psychrométrique [kPa °C<sup>-1</sup>].

Pour le calcul de l' $ET_0$ , nous avons utilisé le logiciel CROPWAT (FAO, 2008), fondé sur la méthode de Mr Penman et Monteith, en se basant sur les données suivantes :

- 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 de vent : La vitesse du vent peut être introduite en m/s.

Les résultats de l'évapotranspiration de référence ( $ET_0$ ) sont récapitulés dans le tableau III.1 :

**Tableau III.1** : Evapotranspiration de référence  $ET_0$  calculée par le logiciel CROPWAT.

Latitude : 36.00 °N				Station : Beni Slimane Longitude : 3.00 °E		
Mois	Temp. Moy °C	Vent m /s	Insolation heures	R. solaire Mj/m <sup>2</sup> /Jours	Humidité %	ET0 mm/mois
Janv	8.3	2.9	6.5	10.2	73	42.82
Fév	9.1	2.1	7	13	74	44.75
Mars	11.6	2.9	7.5	16.6	76	70.93
Avril	13.6	2.7	8.1	20	73	91.05
Mai	18.4	2.9	9.5	23.6	65	135.5
Jun	23.7	2.5	11.2	26.5	61	169.44
Juil	25.5	2.9	10	24.5	48	198.97
Aout	26.1	2.5	9.5	22.5	49	183.36
Sépt	22.6	2.6	8.1	18.1	57	135.69
Octo	18.1	2.1	7.8	14.7	73	83.18
Nov	12.9	2.2	7.7	11.8	75	51.12
Déc	9.2	2.8	7.1	10	81	35.1
Moy	16.6	2.6	8.3	17.6	67	1241.9

### III.1.3 L'évapotranspiration maximale ( $ET_M$ )

L'Evapotranspiration maximale c'est la valeur maximale de l'évaporation d'une culture, elle dépend du stade phénologique de la culture (une culture peu couvrante évapore moins qu'une culture pleinement développée) et elle dépend aussi des conditions pédologiques et climatiques.

L'évapotranspiration maximale ( $ET_M$ ) est calculée comme suit :

$$ETM = Kc * ET0 \quad (III-2)$$

avec :

ETM : L'évapotranspiration maximale  
 Kc : le coefficient culturel de la culture considérée

❖ Détermination du coefficient culturel pour chaque phase de développement de chaque culture

Tableau III.2 : Coefficient culturale des cultures

culture	sep	oct	nov	dec	jan	fev	mars	avr	mai	jun	juil	aout
blé		←—————→										
orge			←—————→									
pomme de terre (as)	←————→											
pomme de terre (s)						←————→						
ail									←————→			
fève						←————→						
pois					←————→							
oignon sec		←————→										
oignon vert									←————→			
poivre							←————→					
tomate							←————→					
aubergine								←————→				
courgette	←————→											
haricot									←————→			
vigne	←————→											
cericier	←————→											
olive	←————→											

III.2. Calcul de la pluie efficace

La pluie efficace est définie comme étant la fraction des précipitations qui contribuent effectivement à la satisfaction des besoins de la culture après déduction des pertes par ruissellement de surface et par percolation en profondeur. Dans notre cas, ces pertes sont

estimées à 20% de la pluie totale :

$$P_{eff} = 0.8 \times P_{moy} \quad (III-3)$$

$P_{moy}$  : La pluie moyenne mensuelle.

**Tableau III. 3** : la pluie efficace

mois	Sép	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
<b>Pmoy</b>	23.12	24.64	31.68	34.72	34.32	36.64	30.96	27.92	29.04	8.88	2.72	6.24
<b>80%(mm /mois)</b>												
<b>Peff (mm/mois)</b>	18.5	19.7	25.3	27.8	27.5	29.3	24.8	22.3	23.2	7.2	2.2	4.9

### III.3. Calcul de la réserve en eau du sol

La réserve utile est la quantité d'eau contenue dans la tranche de sol explorée par les racines, entre le point de ressuyage et le point de flétrissement. Dans notre cas, la réserve en eau du sol du mois i-a est égal à :

$$R_s = K \text{ RFU } (i-1) \quad (III-4)$$

$$\text{RFU} = Y \times (H_{cc} - H_{pf}) \times D_a \times Z \quad (III-5)$$

Avec :

Y : Degré de tarissement (2/3).

$D_a$  : Densité apparente (1.4).

Z : Profondeur d'enracinement mm.

$H_{cc}$  : Humidité à la capacité au champ (27%).

$H_{pf}$  : Humidité au point de flétrissement (14%),

K est coefficient =1, ou 1/2, 1/3 ou 0 dans le cas de réserve en eau nulle.

### III.4. Choix des cultures

Le choix de cultures est basé sur des critères agronomiques et climatiques et en fonction des cultures pratiquées par les agricultures

Suite à une enquête culturale au niveau de notre périmètre à côté des agricultures actives ils ont cultivé les cultures suivantes

**Tableau III.4.** Système de culture proposé de notre périmètre de LADRAT

<b>Céréale</b>	Blé, orge
<b>Fourragère</b>	Avoine
<b>Maraichage</b>	Pomme de terre S, pomme de terre (AS),

	fève, pois, oignon, tomate, aubergine, courgette, ail,
<b>Arboricultures</b>	cerisier, olivier, prunier

### III.4.1. Occupation de sol

L'occupation future du périmètre sera basée sur l'assolement et la rotation des cultures et en fonction des aptitudes pédologiques et de la vocation agricole de la région d'étude.

Les scénarios d'occupation des sols retenus pour le projet sont donnés par le tableau suivant :

**Tableau III.5** : Scénarios d'occupation du sol par l'ensemble de l'exploitation du périmètre

Scénario	Céréales %	Fourragère %	Maraichage %	Arboriculture %	Total %
<b>1</b>	70	15	10	5	100
<b>2</b>	40	15	35	10	100
<b>3</b>	35	15	40	10	100

On propose d'élaborer un modèle d'occupation n°2 qui est une occupation équilibrée entre les céréales et les cultures maraichères et cela vu les modèles d'exploitation et les vocations agricoles de la région.

### III.4.2. Assolement des cultures

L'assolement est la division des terres d'une exploitation agricole en parties distinctes, appelées soles consacrées chacune à une culture donnée pendant une saison culturale. Dans chaque sole, les cultures peuvent varier d'une année à l'autre.

L'assolement est une pratique nécessaire pour préserver et augmenter la fertilisation de certaines substances nutritives et limiter certaines maladies et parasites.

**Tableau III.6** : Assolement proposé pour le périmètre d'étude

Assolement 1	Assolement 2
Blé	Orge en vert
Orge grain	Blé d'hiver
Tomate	Oignon
Ail	Fève
Pomme de terre S	Haricot
Poivron	Ail

Courgette	Pomme de terre (AS)
Pois	aubergine
Arboriculture	Arboriculture
Cerisier, olivier, vigne	Cerisier, olivier, vigne

### III.5. Estimation des besoins en eau des cultures choisies

Pour chaque culture on calcule les besoins suivant à son stade végétatif :

#### III.5.1 Estimation des besoins en eau des céréales

Tableau III.7 : Calcul des besoins en eau pour le Blé

Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z(m)	RFU (mm)	RS (i-1) (mm)	Kc	ETM (mm)	Bnet (mm)
sep	23.12	18.5	135.69						
Oct	24.64	19.7	83.18	0.3	36	0	0.4	24.954	5.254
Nov	31.68	25.3	51.12	0.3	36	0	0.4	20.448	0
Déc	34.72	27.8	35.1	0.5	60	30	0.6	21.06	0
Jan	34.32	27.5	42.82	0.5	60	30	0.6	25.692	0
Fév	36.64	29.3	44.75	0.6	72	36	0.6	26.85	0
Mars	30.96	24.8	70.93	0.6	72	72	1	70.93	0
Avr	27.92	22.3	91.05	0.6	72	72	0.95	86.4975	0
Mai	29.04	23.2	135.5	0.6	72	0	0.65	88.075	64.875
Juin	8.88	7.2	169.44	0.6	72	0	0.35	59.304	52.104
juil	2.72	2.2	198.97						
Aout	6.24	4.9	183.36						

Tableau III.8 : Calcul des besoins en eau pour l'orge en vert

Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z(m)	RFU (mm)	RS (i-1) (mm)	Kc	ETM (mm)	Bnet (mm)
sep	23.12	18.5	135.69						
Oct	24.64	19.7	83.18						
Nov	31.68	25.3	51.12	0.3	36	0	0.3	15.336	0
Déc	34.72	27.8	35.1	0.5	60	30	0.4	14.04	0
Jan	34.32	27.5	42.82	0.5	60	30	0.7	29.974	0
Fév	36.64	29.3	44.75	0.6	72	36	0.85	38.0375	0
Mars	30.96	24.8	70.93	0.6	72	72	0.95	67.3835	0
Avr	27.92	22.3	91.05	0.6	72	72	0.75	68.2875	0
Mai	29.04	23.2	135.5	0.6	72	0	0.5	67.75	44.55
Juin	8.88	7.2	169.44	0.6	72	0	0.3	50.832	43.632

<b>juil</b>	2.72	2.2	198.97						
<b>Aout</b>	6.24	4.9	183.36						

**Tableau III.9** : Calcul des besoins en eau pour l'orge grain

Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z(m)	RFU (mm)	RS (i-1) (mm)	Kc	ETM (mm)	Bnet (mm)
sep	23.12	18.5	135.69						
Oct	24.64	19.7	83.18						
Nov	31.68	25.3	51.12	0.3	36	0	0.3	15.336	0
Déc	34.72	27.8	35.1	0.5	60	30	0.4	14.04	0
Jan	34.32	27.5	42.82	0.5	60	30	0.7	29.974	0
Fév	36.64	29.3	44.75	0.6	72	36	0.85	38.0375	0
Mars	30.96	24.8	70.93	0.6	72	72	0.95	67.3835	0
Avr	27.92	22.3	91.05	0.6	72	72	0.75	68.2875	0
Mai	29.04	23.2	135.5	0.6	72	0	0.5	67.75	44.55
Juin	8.88	7.2	169.44	0.6	72	0	0.3	50.832	43.632
juil	2.72	2.2	198.97						
Aout	6.24	4.9	183.36						

**III.5.2 Estimation des besoins en eau des cultures maraichères****Tableau III.10** : Calcul des besoins en eau pour la pomme de terre S

Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z(m)	RFU (mm)	RS (i-1) (mm)	Kc	ETM (mm)	Bnet (mm)
sep	23.12	18.5	135.69						
Oct	24.64	19.7	83.18						
Nov	31.68	25.3	51.12						
Déc	34.72	27.8	35.1						
Jan	34.32	27.5	42.82						
Fév	36.64	29.3	44.75	0.45	54	48	0.5	22.375	
Mars	30.96	24.8	70.93	0.7	84	36	0.7	49.651	

<b>Avr</b>	27.92	22.3	91.05	0.95	114	36	0.9	81.945	2.645
<b>Mai</b>	29.04	23.2	135.5	0.7	0	0	0.75	101.625	78.425
<b>Juin</b>	8.88	7.2	169.44						
<b>juil</b>	2.72	2.2	198.97						
<b>Aout</b>	6.24	4.9	183.36						

Tableau III.11 : Calcul des besoins en eau pour la pomme de terre AS

Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z(m)	RFU (mm)	RS (i-1) (mm)	Kc	ETM (mm)	Bnet (mm)
<b>sep</b>	23.12	18.5	135.69	0.45	54	0	0.5	67.845	49.345
<b>Oct</b>	24.64	19.7	83.18	0.7	84	0	0.7	58.226	38.526
<b>Nov</b>	31.68	25.3	51.12	0.95	114	0	0.95	48.564	23.264
<b>Déc</b>	34.72	27.8	35.1	0.7	84	42	0.75	26.325	0
<b>Jan</b>	34.32	27.5	42.82						
<b>Fév</b>	36.64	29.3	44.75						
<b>Mars</b>	30.96	24.8	70.93						
<b>Avr</b>	27.92	22.3	91.05						
<b>Mai</b>	29.04	23.2	135.5						
<b>Juin</b>	8.88	7.2	169.44						
<b>juil</b>	2.72	2.2	198.97						
<b>Aout</b>	6.24	4.9	183.36						

Tableau III.12 : Calcul des besoins en eau pour l'haricot AS

Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z(m)	RFU (mm)	RS (i-1) (mm)	Kc	ETM (mm)	Bnet (mm)
<b>sep</b>	23.12	18.5	135.69	0.9	108	0	0.35	47.49	28.99
<b>Oct</b>	24.64	19.7	83.18						
<b>Nov</b>	31.68	25.3	51.12						
<b>Déc</b>	34.72	27.8	35.1						

<b>Jan</b>	34.32	27.5	42.82						
<b>Fév</b>	36.64	29.3	44.75						
<b>Mars</b>	30.96	24.8	70.93						
<b>Avr</b>	27.92	22.3	91.05						
<b>Mai</b>	29.04	23.2	135.5	0.4	48	0	0.4	54.2	31
<b>Juin</b>	8.88	7.2	169.44	0.5	60	0	0.7	118.6	111.4
<b>juil</b>	2.72	2.2	198.97	0.5	60	0	1.15	228.8	226.6
<b>Aout</b>	6.24	4.9	183.36	0.9	108	0	0.35	64.17	59.27

Les besoins en eau d'irrigation des autres cultures sont présentés dans l'annexe.

### III.5.3 Estimation des besoins en eau de l'arboriculture

Tableau III.13 : Calcul des besoins en eau pour le cerisier

Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z(m)	RFU (mm)	RS (i-1) (mm)	Kc	ETM (mm)	Bnet (mm)
<b>sep</b>	23.12	18.5	135.69	1.5	182	0	0.7	94.983	76.483
<b>Oct</b>	24.64	19.7	83.18	1.5	182	0	0.7	58.226	38.526
<b>Nov</b>	31.68	25.3	51.12	1.5	182	0	0.7	35.784	10.484
<b>Déc</b>	34.72	27.8	35.1	1.5	182	91	0.75	26.325	0
<b>Jan</b>	34.32	27.5	42.82	1.5	182	91	0.75	32.115	0
<b>Fév</b>	36.64	29.3	44.75	1.5	182	91	0.75	33.5625	0
<b>Mars</b>	30.96	24.8	70.93	1.5	182	91	0.75	53.1975	0
<b>Avr</b>	27.92	22.3	91.05	1.5	182	91	0.7	63.735	0
<b>Mai</b>	29.04	23.2	135.5	1.5	182	0	0.6	81.3	58.1
<b>Juin</b>	8.88	7.2	169.44	1.5	182	0	0.6	101.664	94.464
<b>juil</b>	2.72	2.2	198.97	1.5	182	0	0.6	119.382	117.182
<b>Aout</b>	6.24	4.9	183.36	1.5	182	0	0.7	128.352	123.452

**Tableau III.14.** : Calcul des besoins en eau pour l'olivier

Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z(m)	RFU (mm)	RS (i-1) (mm)	Kc	ETM (mm)	Bnet (mm)
sep	23.12	18.5	135.69	1.5	182	0	0.75	101.7675	83.2675
Oct	24.64	19.7	83.18	1.5	182	0	0.75	62.385	42.685
Nov	31.68	25.3	51.12	1.5	182	0	0.75	38.34	13.04
Déc	34.72	22.2	35.1	1.5	182	91	0.65	22.815	0
Jan	34.32	27.5	42.82	1.5	182	91	0.65	27.833	0
Fév	36.64	29.3	44.75	1.5	182	91	0.65	29.0875	0
Mars	30.96	24.8	70.93	1.5	182	91	0/65	46.1045	0
Avr	27.92	22.3	91.05	1.5	182	91	0.65	59.1825	0
Mai	29.04	23.2	135.5	1.5	182	0	0.75	101.625	78.425
Juin	8.88	7.2	169.44	1.5	182	0	0.85	144.024	136.824
juil	2.72	2.2	198.97	1.5	182	0	0.85	169.1245	166.9245
Aout	6.24	4.9	183.36	1.5	182	0	0.85	155.856	150.956

### III.6.Calcul des besoins en eau pour les assolements 1 et 2

Tableau III.15. : Récapitulatif des besoins nets (mm) pour l'assolement 1

Mois	Blé	Orge grain	tomate	ail	Pomme de terre S	Poivron	courgette	pois	cerisier	olivier	vigne	total
Sep							49.345	49.345	76.483	83.2675	35.776	294.2165
Oct	5.254			38.52			51.003	38.526	38.526	42.685	-3.064	211.45
Nov	0	0		25.82			25.82	20.708	10.484	13.04	0	95.872
Dec	0	0		0			0	0	0	0	0	0
Jan	0	0		0			0	0	0	0	0	0
Fév	0	0							0	0	0	0
Mars	0	0	0						0	0	0	0
Avril	0	0	0		2.645	15.9875			0	0	0	18.6325
Mai	64.875	44.55	132.625		78.425	119.075			58.1	78.425	71.65	647.725
Juin	52.104	43.632	111.408			136.824			94.464	136.824	111.408	686.664
Juil						156.976			117.182	166.9245	137.079	578.1615
Aout									123.452	150.956	77.612	352.02

Tableau III.16. : Récapitulatif des besoins nets (mm) pour l'assolement 2

Mois	Orge en vert	Blé d'hiver	Pomme de terre AS	oignon	fève	haricot	Ail	aubergine	cerisier	olivier	vigne	Total
Sep			49.345			28.99			76.483	83.2675	35.776	273.8615
Oct		5.254	38.526	21.89			38.52		38.526	42.685	-3.064	182.337
Nov	0	0	23.264	13.04			25.82		10.484	13.04	0	85.648
Dec	0	0	0	0			0		0	0	0	0
Jan	0	0		0			0		0	0	0	0
Fév	0	0		0	0				0	0	0	0
Mars	0	0			0				0	0	0	0
Avril	0	0			0			0	0	0	0	0
Mai	44.55	64.875			105.525	31		105.525	58.1	78.425	71.65	559.65
Juin	43.632	52.104			136.824	111.4		145.296	94.464	136.824	111.408	831.952
Juil					137.079	226.6		156.976	117.182	166.9245	137.079	941.8405
Aout						59.27			123.452	150.956	77.612	411.29

### III.7. Calcul de débit spécifique de culture

Le but est de définir les débits nécessaires que le système d'irrigation doit véhiculer pour répondre à la demande en eau. Les débits spécifiques, sont définis d'après les besoins en eau de chaque culture, calculés à partir de la répartition culturale définie dans le dossier agro socio-économique de la 1ère phase. Ces débits permettront de définir les débits à la parcelle et en tête du périmètre.

Ils sont définis d'après la formule :

$$6)-III( \quad q = \frac{B_m}{T.t.3,6.k}$$

Avec :

- Bm - Besoins mensuels maximums en m<sup>3</sup> / Ha, dans notre cas : le mois de pointe est le mois de juillet, et le besoins max est de 941.84 mm /mois.
- T - Temps d'irrigation par jour (24 h / jour).
- t - Durée d'irrigation en jours (30 jours).
- k - Coefficient d'efficience globale du système d'irrigation (k = 0,75).

D'où les besoins de pointe correspondent au mois de juillet (Assolement 2), soient donc 941.84 mm/mois.

Il y a un risque de surdimensionnement car le débit spécifique calculé est très important : (qs=4.84l/s/ha). Ce débit dépasse les normes (1.5l/s/ha).

Pour y remédier, nous avons trois méthodes pour estimer le débit spécifique :

- ✓ Prendre la moyenne des débits spécifiques de l'ensemble des cultures ;
- ✓ Prendre en considération le débit spécifique de la culture la plus exigeante
- ✓ Prendre en considération le moyen des débits spécifiques des cultures les plus exigeantes

Alors on doit prendre le débit spécifique de la culture exigeante celui le haricot Bnette = 226.6 mm/mois

Qs=1.16 l/s/ha est inférieure a 1.5 l/s/ha donc le choix de ce débit reste valable.

**Tableau III.17.** :Récapitulatif des résultats du débit spécifique

Entité	SAU (Ha)	Mois de pointe	Débit de pointe (l/s/Ha)
Périmètre de LADRAT	250	Juillet	1.16

Le débit du périmètre pris en considération pour le calcul hydraulique est de 1.16 l/s/ha pour le mois de pointe (Juillet).

**Tableau III.18.:**Volume de barrage ladrat

Volume Totale	Volume utile	Volume stocké
10.00Hm <sup>3</sup>	6.00Hm <sup>3</sup>	8.472Hm <sup>3</sup>

Source (ANBT service gestionnaire du barrage ladrat wilaya de Médéa)

### III.7.1. Evaluation du débit caractéristique

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

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

$Q_s$  : Débit spécifique de mois de pointe en (l/s/ha)

$S$  : La superficie nette à irriguer = 250ha

$$Q_{car} = Q_s \cdot S = 1.16 \cdot 250 = 290 \text{ l/s}$$

### III.7.2. Estimation des volumes d'eau d'irrigation

L'estimation des volumes totaux d'irrigation est indisponible, elle permet de prévoir les volumes d'eau stockés dans le barrage et d'effectuer un meilleur calendrier d'arrosage

**Le volume des besoins en eau =le besoin de la culture (m<sup>3</sup>)\*la surface de la culture**

**Tableau III.19.** : Volume d'eau d'irrigation

<b>Assolement 2</b>				
<b>Type de culture</b>	<b>Surface (ha)</b>	<b>Besoins nets (mm)</b>	<b>Besoins bruts (m<sup>3</sup>/ha)</b>	<b>Besoins totaux (m<sup>3</sup>)</b>
<b>Orge en vert</b>	50	88.182	948.0	47 397.8
<b>blé d'hiver</b>	50	122.233	1 314.0	65 700.2
<b>Pomme de terre AS</b>	37.5	111.135	1 194.7	44 801.3
<b>Oignon</b>	20	34.93	375.5	7 510.0
<b>Fève</b>	20	379.428	4 078.9	81 577.0
<b>Haricot</b>	15	457.26	4 915.5	73 733.2
<b>Ail</b>	15	64.34	691.7	10 374.8
<b>Aubergine</b>	17.5	407.797	4 383.8	76 716.8
<b>Arboriculture</b>	Cerisier=8.33	518.691	5 575.9	47 395.4
	Olivier=8.33	672.122	7 225.3	61 415.1
	Vigne=8.33	430.47	4 627.6	39 334.2
<b>25ha</b>				

D'après le tableau II.18, on remarque que le volume total des besoins en eau des cultures de notre périmètre est de **560 000. m<sup>3</sup>**, et le volume d'eau stocké dans le barrage est **8.47 Hm<sup>3</sup>**. Donc on remarque que la retenue est capable de satisfaire les besoins de notre périmètre sans problème.

### Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons estimé les besoins en eau de notre périmètre. Ainsi que le volume nécessaire d'irrigation annuel. Le choix des cultures s'est basé tenant compte de plusieurs facteurs : pédologiques et climatologiques.

Pour le dimensionnement de notre réseau d'adduction le débit spécifique est de l'ordre de 1.16 l/s/ha.

**Chapitre IV**  
Dimensionnement du réseau de  
distribution

## Chapitre IV : Dimensionnement du réseau de distribution

### Introduction

Le système d'adduction est destiné à transporter l'eau depuis sa source vers un point d'accumulation, puis la distribuer gravitairement vers le réseau d'irrigation.

Le système d'adduction présente une grande importance, puisque tous les systèmes d'irrigation dépendent du tracé et de la conception des conduites du réseau d'adduction.

L'objectif du présent chapitre, est l'étude détaillée pour une projection d'un nouveau système d'adduction et de distribution destinée à l'irrigation du périmètre Ladrat, en fonction des cultures envisagées et de la topographie de la zone d'étude.

### IV .1 Alimentation en eau du périmètre

Le périmètre de Ladrat est situé dans le plateau Tiara à 50 km à l'est du chef-lieu de Médéa dont la superficie est de 250 Ha, sera irrigué à partir du barrage de Ladrat qui a une capacité initiale de 10 Hm<sup>3</sup>.

### IV.2. Organisation et structure du périmètre

Le périmètre de Ladrat qui a fait partie du grand périmètre (plateau tiara) sera aménagé en réseau sous pression, il est divisé en plusieurs îlots d'irrigation, il englobe 23 îlots avec des superficies qui varient de 2 ha à plus de 15 ha, la surface totale est de 250 ha.

**Tableau IV -1** : Caractéristiques des secteurs du périmètre.

Superficie (ha)	La cote de réservoir (m)	La cote de station de pompage (m)
250	695	660

#### IV.2.1. Ilots et bornes d'irrigation

Un îlot est un ensemble de parcelles alimentées par une seule borne (prise d'irrigation).

En matière de superficie et nombre de parcelles, les critères établis sont décrits ensuite :

- La taille maximale des îlots sera comprise entre 50 et 70 ha.
- L'îlot présentera un maximum de 10 parcelles (pour un même îlot).

#### IV.2.2 Rôle et fonction de la borne d'irrigation

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

laisser passer ou arrêter le débit, régler et limiter le débit au module, régler la pression, assurer le comptage de l'eau livrée, et enfin encaisser les suppressions accidentelles

### IV.2.3 Calcul hydraulique aux bornes

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

$$Q_b = q_s \cdot S_i \quad ; \quad (\text{IV-1})$$

Avec :

$Q_b$  : Débit de chaque ilot (l/s).

$Q_s$  : Débit spécifique (l/s/ha).

$S_i$  : Superficie de l'ilot (ha).

### IV.2.4 Choix du diamètre et du type de bornes

Le choix du type de borne dépend de la surface de l'ilot et du nombre de parcelles. Généralement on admet :

Pour les ilots qui ont un nombre de parcelles entre [4 -8], et dont la superficie est inférieure à 15ha, on prend la borne à quatre prises (Borne de type A4).

Pour les ilots qui ont deux parcelles et dont la superficie est inférieure à 15 ha, on prend la borne à deux prises (borne de type A2).

Pour les ilots qui ont deux parcelles et dont la superficie dépasse 15 ha, on prend la borne à deux prises (Borne de type B).

Pour les grands ilots ( $S > 50$  ha) on prévoit des bornes de type C.

**Tableau IV -2** : Choix du diamètre de la borne.

Débit fourni	Diamètre de la borne
$Q < 40 \text{ m}^3/\text{h}$ (11.11) l/s	D= 65mm
$40 \text{ m}^3/\text{h}$ (11.11l/s) $< Q < 80 \text{ m}^3/\text{h}$ (22.22 l/s)	D= 100mm
$80 \text{ m}^3/\text{h}$ (22.22 l/s) $< Q < 120 \text{ m}^3/\text{h}$ (33.33 l/s)	D= 150mm

Le calcul des débits des prises et des bornes est présenté dans le tableau suivant :

**Tableau IV -3 :** Calcul des débits des ilots et choix des bornes d'irrigation

BORNE	PARCELLE	SURFACE(ha)	S tot(ha)	Débit (l/s)	D(mm)	Matériau	TYPE BORNE
B1	P1	2.16	5.36	6.2176	65	FONTE	A2
	P2	3.2					
B2	P3	11.2	11.2	12.992	100	FONTE	A2
B3	P4	8.1	8.1	9.396	65	FONTE	A2
B4	P5	7.8	7.8	9.048	65	FONTE	A2
B23	P6	6.1	6.1	7.076	65	FONTE	A2
B6	P7	9.01	12.29	14.2564	100	FONTE	A2
	P8	3.28					
B7	P9	5.2	12.3	14.268	100	FONTE	A2
	P10	7.1					
B8	P11	7	7	8.12	65	FONTE	A2
B9	P12	2.8	6.4	7.424	65	FONTE	A2
	P13	3.6					
B10	P14	2.95	8.87	10.2892	65	FONTE	A4
	P15	2.97					
	P16	2.95					
B11	P17	3.2	16.3	18.908	100	FONTE	A2
	P18	13.1					
B12	P19	14.11	14.11	16.3676	100	FONTE	A2
B13	P20	5.92	16.33	18.9428	100	FONTE	A4
	P21	3.01					
	P22	7.4					
B14	P23	1.2	8.6	9.976	65	FONTE	A4
	P24	1.9					
	P25	5.5					
B15	P26	6.7	6.7	7.772	65	FONTE	A2
B16	P27	11.8	11.8	13.688	100	FONTE	A2
B17	P28	5.53	10.24	11.8784	65	FONTE	A4
	P29	1.8					
	P30	2.91					
B18	P31	11	11	12.76	100	FONTE	A2
B19	P32	11.45	11.45	13.282	100	FONTE	A2
B20	P33	14.4	14.4	16.704	100	FONTE	A2
B21	P34	7	16.2	18.792	100	FONTE	A2
	P35	9.2					
B22	P36	10.7	10.7	12.412	100	FONTE	B
B5	P37	3.17	16.75	19.43	100	FONTE	B
	P38	13.58					
			somme=250	290			

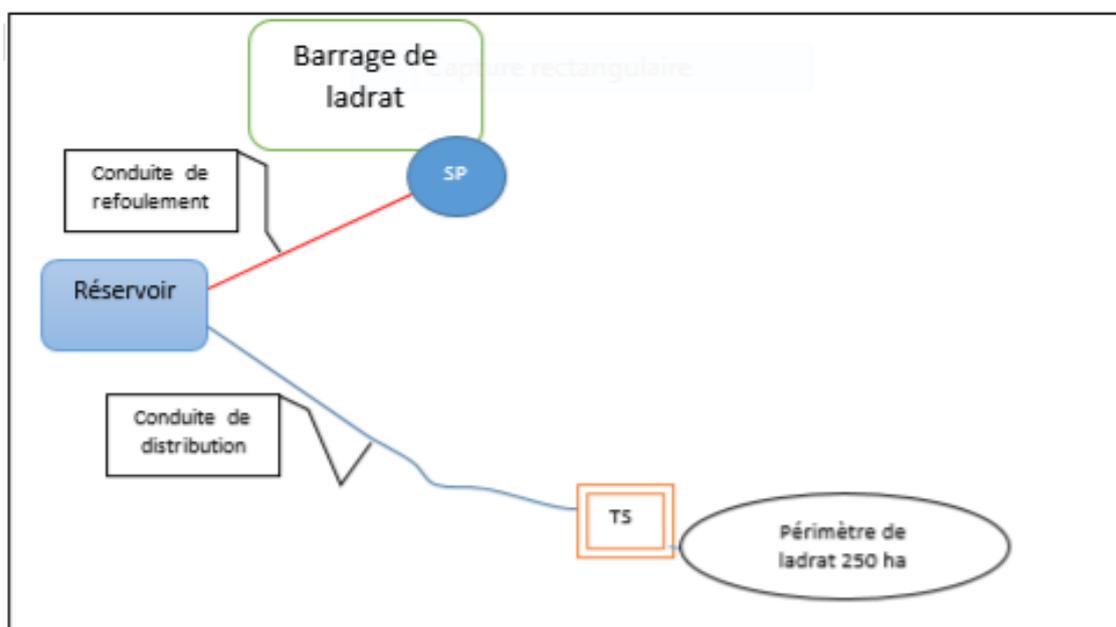
Le périmètre exige pour notre périmètre 23 bornes pour permettre l'alimentation de l'ensemble des parcelles sur une surface de 250 ha.

### IV.3 Description de l'aménagement du périmètre

Le périmètre de Ladrat est situé en aval du barrage de Ladrat ; le choix de la variante gravitaire ne permet pas de satisfaire aux exigences hydrauliques puisque malgré un dénivelé important entre la charge statique du barrage du barrage (685 mNGA) et le regard tête de secteur (669 mNGA), les pressions obtenues sont dans certains cas inférieures à deux bars ce qui est insuffisant. La variante gravitaire est donc à exclure.

#### IV.3.1. Description de la variante du tracé

Nous prévoyons dans le schéma directeur de l'aménagement hydro-agricole, une variante mixte un système de pompage et gravitaire, avec une conduite de refoulement sur une longueur de 635 m. Cette dernière refoule vers un réservoir. L'alimentation du périmètre d'irrigation sera assurée grâce à une conduite principale gravitaire.



**Figure IV.1** : Schéma de la variante d'irrigation sous pression.

L'aménagement hydro agricole est constitué de :

- Une station de pompage permettant le refoulement des eaux du barrage est située à une cote d'altitude de 660 m.
- Une conduite de refoulement transportant les eaux d'irrigation au point d'accumulation.
- Un réservoir situé à une cote d'altitude de 695 m.
- Une conduite gravitaire principale acheminant l'eau vers le réseau d'irrigation.

#### IV.4 Etude de système de pompage

Il existe trois classes de turbopompes : les pompes centrifuges, à écoulement radial, les pompes axiales, à écoulement axial, les pompes semi axiales.

Dans notre cas in opte pour des pompes centrifuges axiales : Ce sont des pompes hélices où les pales sont constituées par des surfaces gauches. Ces pompes conviennent pour relever de forts débits sur de faibles hauteurs.

##### IV.4.1 Calculs hydrauliques du système d'adduction

La station de pompage étant le point de départ de notre aménagement, nous commençons par son calcul

###### IV.4.1.1 Détermination de la hauteur d'élévation calculée

###### IV.4.1.2 Hauteur manométrique totale

La HMT d'une pompe est la différence de pression en mètre colonne de liquide entre les orifices d'aspiration et de refoulement, (hauteur géométrique d'élévation totale) y compris la pression nécessaire pour vaincre les pertes de charge dans les conduites d'aspiration et de refoulement.

La hauteur manométrique est donnée par la formule :

$$\text{HMT} = \text{Hg} + \Delta h_t \quad ; \quad (\text{IV-2})$$

Avec :

HMT : Hauteur Manométrique Totale en (m).

Hg : Hauteur géométrique en (m).

Hg = CR - CSP = 695 - 660 = 35 m.

$\Delta h_t$ : pertes de charge totales.

Donc la hauteur géométrique entre le réservoir et la station de pompage sera : 50 m

Longueur de refoulement :  $L_{\text{ref}} = 635$  m

Nous avons le débit total de tout le périmètre, qui est de 290 l/s  $Q = 290 \text{ l/s} = 0.29 \text{ m}^3/\text{s}$

Le diamètre de refoulement est calculé par la formule de Bonin :

$$D = \sqrt{Q} = \sqrt{0.29} = 0.53 \text{ m}$$

On trouve  $D \approx 500$  mm

Donc on peut prendre la gamme des diamètres suivants : 300 – 700 mm.

###### IV.4.1.2.1 Calcul des pertes de charge totale

Calcul perte de charge linéaire :

Pour déterminer les pertes des charges linéaires on utilise la formule de Hazan-Williams

$$\Delta Hl = (3.592 / C)^{1.852} * L / D^{4.87} * Q^{1.852} \quad (IV-3)$$

$\Delta Hl$  : perte de charge linéaire (m)

L : Longueur de conduite, en m

Q : Débit, en m<sup>3</sup> /s

D : Diamètre, en m

C : Coefficient de Hazan-Williams c=130 pour la fonte et 140 pour le PEHD.

Calcul pertes de charge totales :  $\Delta Ht = 1.1 \Delta Hl$

#### IV.4.1.2.2 Détermination de diamètre économique de la conduite de refoulement

Dans notre cas on utilise la formule de Bonin pour déterminer le diamètre approximatif :

**Tableau IV.4. :** Calcul de la HMT pour divers diamètres de conduite

D(mm)	L(m)	$\Delta Hl$	$\Delta H$ Totale	Q (m <sup>3</sup> /s)	Hg(m)	HMT(m)
300	635	29.310	32.24	0.29	35	67.24
400	635	7.220	7.94	0.29	35	42.94
500	635	2.436	2.68	0.29	35	37.68
600	635	1.002	1.10	0.29	35	36.10
700	635	0.473	0.52	0.29	35	35.52

Le choix du diamètre de la conduite de refoulement se fait sur la base d'une analyse technico-économique entre : S = coût d'investissement + coût de l'exploitation.

#### IV.4.1.3. Calcul des frais d'exploitation

Les frais d'exploitation sont définis par la formule suivante :

$$F_{exp} = E \times e \quad (IV-4)$$

Avec :

**F<sub>exp</sub>** : Frais d'exploitation (DA) ;

E : Énergie totale dépensée par la pompe (Kwh) ;

e : Prix unitaire d'un Kw imposé par la SONELGAZ. (e = 4,67DA)

#### ■ Puissance des pompes

La puissance absorbée par la pompe est donnée par la formule suivante :

$$P = \frac{Q \times g \times HMT}{\eta} \quad (IV-5)$$

**P** : Puissance absorbée par la pompe (kW) ;

**g** : Accélération de la pesanteur (m/s<sup>2</sup>) ;

**Q** : Débit à refoulé (m<sup>3</sup>/s) ;

**HMT** : Hauteur manométrique totale (m) ;

$\eta$  : Rendement du pompage (85%).

■ **Energie consommée par la pompe**

L'énergie consommée par la station de pompage est donnée par la formule suivante :

$$E = P \times t \times 365 \quad (\text{IV-6})$$

Avec : **E** : Énergie totale consommée par la pompe pendant une année (kWh) ;

**P** : Puissance absorbée (KW) ;

**t** : Temps de pompage en (heure) ; dans notre cas  $t = 22\text{h}$

**Tableau.IV.5** : Calcul des frais d'exploitation

Diamètre en (mm)	HMT (m)	P (K Wats/H)	E (KWh/an)	Fexplo (DA)
300	67.2	248.43	1 994 918.5	9 316 269.5
400	42.9	158.66	1 274 027.4	5 949 707.9
500	37.7	139.21	1 117 875.3	5 220 477.8
600	36.1	133.39	1 071 098.6	5 002 030.7
700	35.5	131.24	1 053 828.7	4 921 379.8

**IV.4.1.4. Calcul des frais d'amortissement**

**Amortissement annuel**

Les frais d'amortissement sont en fonction de la durée d'amortissement de la conduite et du taux d'annuité. Il est déterminé par la relation suivante :

$$F_{am} = P_{rc} \times A \quad (\text{IV-7})$$

Avec :

**P<sub>rc</sub>** : Prix de la conduite en (DA) ;

**A** : Amortissement annuel. Il est donné par la formule suivante :

$$A = \frac{i}{(i+1)^n - 1} + i \quad (\text{IV-8})$$

**A** : Frais d'amortissement (DA) ; **i** : Taux d'annuité ;  $i = 8\%$  ;

**n** : Durée de l'amortissement de la conduite,  $n = 30$  ans.

$$\implies \quad AN \quad \frac{0.08}{1.08^{30} - 1} + 0.08 = 0.088$$

Pour les calculs, il est préférable de poser une gamme de diamètres normalisés, le tableau suivant

résumera le prix d'achat de mètre linéaire de ces conduites en fonction de leurs diamètres normalisés, dont le type de matériaux choisi est la fonte.

**Tableau IV.6. :** Calcul des frais d'amortissement

Diamètre en (mm)	Prix de pose (DA)	Prix du ml (DA)	L (m)	Prix total	T.Annuité	Frais Invest(DA)
300	500	7100.0	635	4 826 000.0	0.0888	428 681.2
400	650	8200.0	635	5 619 750.0	0.0888	499 188.0
500	780	10200.0	635	6 972 300.0	0.0888	619 331.5
600	1030	14800.0	635	10 052 050.0	0.0888	892 897.8
700	1200	18200.0	635	12 319 000.0	0.0888	1 094 265.2

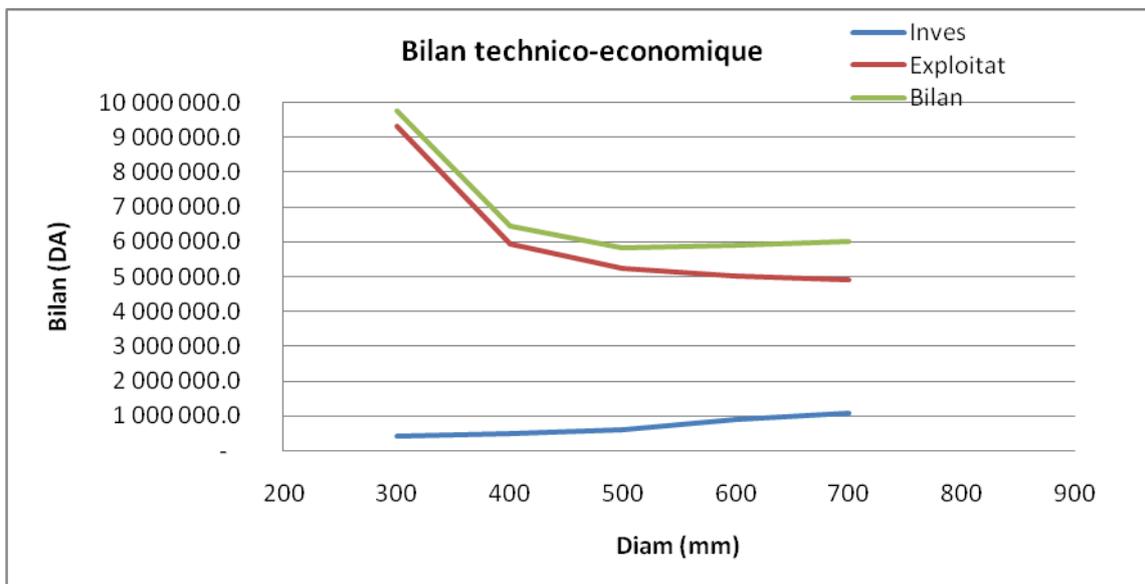
#### IV.4.1.5. Bilan total des frais

Le bilan des frais d'exploitation et d'amortissement permet de déterminer le diamètre économique de la conduite de refoulement.

Le calcul du bilan total des frais est représenté dans le tableau.VI.7 et illustré dans la figure

**Tableau.IV.7.** Calcul du bilan total des frais

Diamètre en (mm)	INVES	EXPLOI	BILAN
300	428681.2	9316269.5	9 744 950.7
400	499188.0	5949707.9	6 448 895.9
500	619331.5	5220477.8	5 839 809.3
600	892897.8	5002030.7	5 894 928.5
700	1094265.2	4921379.8	6 015 645.0



**Figure IV.2.** Bilan total des frais

D'après les résultats de la Figure VI.2, on prend comme diamètre économique  $D = 500\text{mm}$  avec les caractéristiques suivantes :

**Tableau.IV.8** : Le choix de diamètre économique

Diamètre(mm)	Frais total (DA)	HMT	Type de conduite	Q (m <sup>3</sup> /s)	V (m/s)
<b>500</b>	<b>5 839 809.3</b>	<b>38</b>	<b>PN16</b>	<b>0.29</b>	<b>1.47</b>

#### IV.4.2.Détermination de la variante de pompage

Notre station de pompage est constituée de pompes en parallèle les critères qui nous permettent de choisir le nombre de pompes sont :

- Nombre minimal de pompes
- Rendement plus important.
- NPSH requis minimum.
- Puissance absorbée minimale
- Le nombre de tours par min plus important.

On note le nombre, le type et les caractéristiques des pompes choisies par le logiciel CAPRARI, détaillé le tableau IV.9 ci-dessous :

**Tableau.IV.9** : Caractéristiques des pompes choisies

N	Qtotal (l/s)	HMT (m)	Type de pompe	$\eta$ (%)	Pabs (KW)	Vitesse (tr/min)	(NPSH) <sub>r</sub> (m)
<b>1</b>	301	38.2	P18C/14-18/45/2C	79.3	141	1450	6.69
<b>2</b>	69.5	37.8	P12C/7/30/3A	77.8	32.7	1450	5.21
<b>3</b>	34.7	38.5	P8C/5/20/2A	78.4	16.5	1450	5.92
<b>4</b>	19.5	38.5	P7C/4/20/3C	75.5	9.61	1450	3.48

A partir de ce tableau, on remarque que la 3eme variante (03 pompes en parallèle+01 secoure) est le choix le plus convenable du point de vue rendement, puissance absorbée et nombre de pompes en parallèle. Elles ont les caractéristiques suivantes :

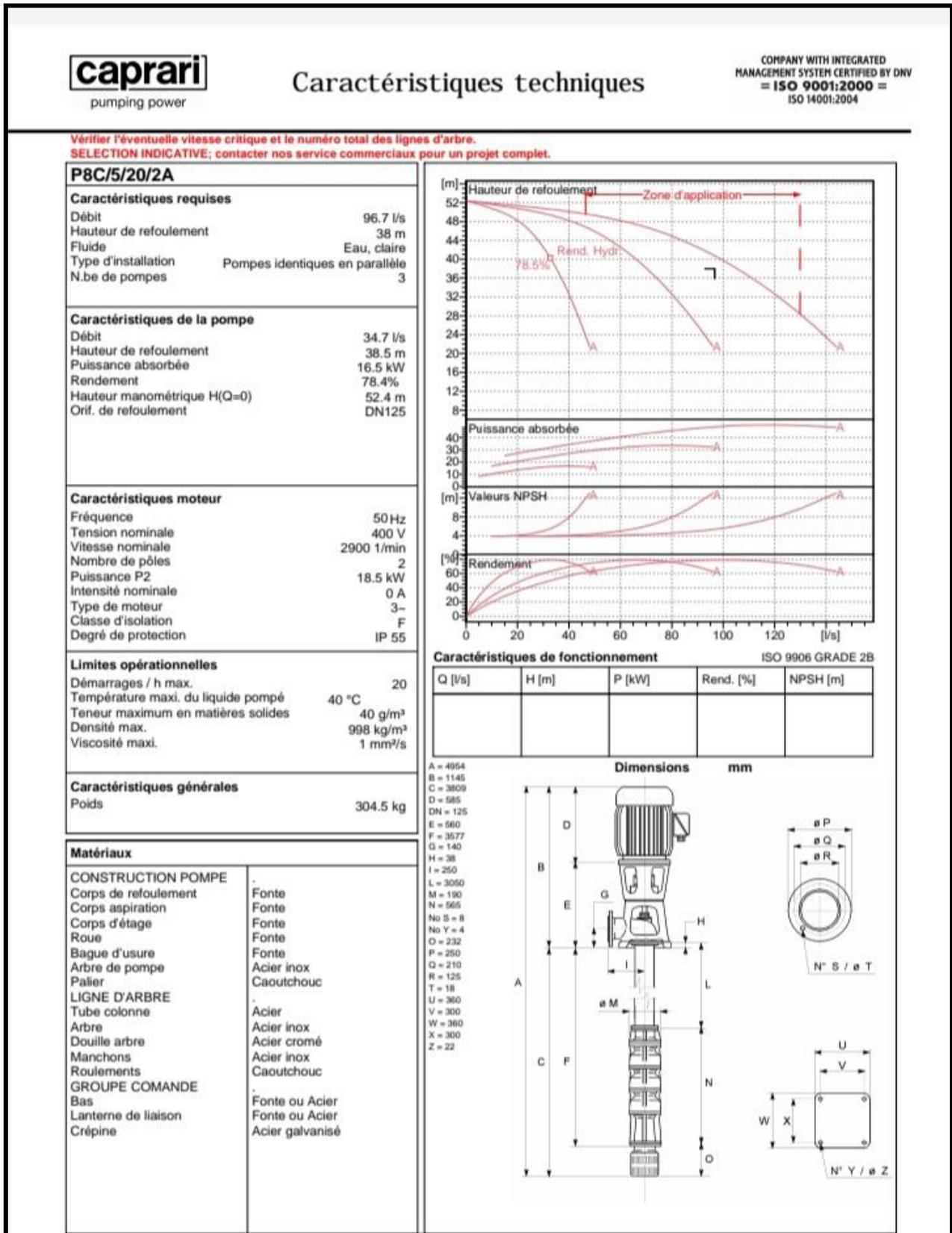


Fig. IV.3. Courbes caractéristiques de la pompe type P8C/5/20/2A selon Caprari

### IV.4.3. Etude de la cavitation

La cavitation est la perturbation du courant liquide juste à l'entrée de la pompe en

fonctionnement, cela se produit pour à une température constante, la pression absolue est inférieure ou égale à la tension de vapeur d'eau.

La condition suivante doit être vérifiée :  $(NPSH)_r < (NPSH)_d$

Avec :

$(NPSH)_r$  : Charge nette d'aspiration requise, elle est fournie par le constructeur.

$(NPSH)_d$  : Charge nette d'aspiration disponible, elle est fournie par l'installateur

La relation qui permet de calculer le NPSHd est la suivante :

$$(NPSH)_d = (NPSH)_r + r \dots\dots\dots 1$$

$$NPSH_d = \frac{P_{at}}{w} - \frac{P_v}{w} - \sum h_{ap} - \frac{v^2}{2g} - h_{adm}^{as} = NPSH_r + 0.5 \quad (IV-9)$$

$$h_{adm}^{as} = \frac{P_{at}}{w} - \frac{P_v}{w} - \sum h_{ap} - \frac{v^2}{2g} - NPSH_r - 0.5 \dots\dots\dots 3$$

V (m/s): vitesse d'écoulement dans la conduite d'aspiration;

$P_{at}/w$  : Dépend de l'altitude d'implantation de la station de pompage (voir Tableau IV-9)

$P_v/w$  : dépend de la température du liquide pompé (voir Tableau IV-.10)

**Tableau IV.10. : Pression atmosphérique en fonction de la côte.**

H (m)	- 50	0	100	300	500	1500	2000
$\frac{P_{at}}{w}$	10.86	10.33	10.2	10.06	9.7	8.6	8.4

**Tableau IV.11. : Pression de vapeur en fonction de la température**

T (°C)	5	10	20	30	40	50	80	100
$\frac{P_v}{w}$	0.09	0.12	0.24	0.43	0.75	1.25	4.82	10.33

$(NPSH_r)$  : Déterminé graphiquement égal à 5.21m

La côte de la station de pompage est de 660 m NGA.

$P_{at}/w = 9.59m$

Avec une température d'eau comprise entre 15°C et 20°C, il est commande de prendre  $P_v=2400$

Pa, soit  $P_v / \rho g = 0.24m$

$V_{as} = 1.47m/s$

Calcul des pertes de charge d'aspiration :

$\Delta h_p^{lin}$ : Pertes de charge linéaires (m) ; elle est selon Darcy-Weisbakh) :

$$\Delta h^{lin} = \frac{8\lambda L Q^2}{\pi^2 g D^5} \quad (IV-10)$$

g : Accélération de la pesanteur (m/s<sup>2</sup>) ;

$Q$  : Débit à refouler ( $m^3/s$ ) ;

$L$  : longueur géométrique de la conduite (m) ;

$\lambda$  : Coefficient de frottement qui est en fonction de la rugosité de la paroi interne de la conduite et du régime d'écoulement,

$$11)-(IV) \quad \lambda = (1.14 - 0.86Ln \frac{\varepsilon}{D})^2 - 2$$

$$\lambda = 0.014$$

$$D (as) = 250 \text{ mm}$$

$$\Delta H_{lin}^{as} = \frac{8 \times 0.014 \times 5 \times 0.29^2}{\pi^2 \times g \times 0.25^5} = 0.5$$

$$\Delta h_{totasp} = 1.1 * \Delta h_{linas} = 0.55 \text{ mce}$$

$$h_{adm}^{asp} = \frac{pat}{w} - \frac{pv}{w} - \sum h_{tot}^{asp} - \frac{v_{asp}^2}{2g} - (NPSH_r) - 0.5 \quad (IV-12)$$

$$h(adm) = 9.59 - 0.24 - 0.55 - 0.11 - 5.21 - 0.5 = 2.98 \text{ m}$$

$$(NPSH_d) = \frac{pat}{w} - \frac{pv}{w} - \sum h_{tot}^{asp} - \frac{v_{asp}^2}{2g} - h_{adm}^{asp} \quad (IV-13)$$

$$(NPSH)_d = 9.59 - 0.24 - 0.55 - 0.11 - 2.98 = 5.71 > 5.21 \text{ mce}$$

D'où: La condition  $(NPSH)_d > (NPSH)_r$  est vérifiée

Donc on peut dire que notre pompe **P12C/7/30/3A** est protégée contre le risque de cavitation.

#### IV.5. Dimensionnement du Réservoir de stockage

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

Le volume du réservoir est estimé comme suit :

$$V = Qc \times Tnf \quad (IV-14)$$

Avec :

- $V$  : Volume d'eau d'irrigation ( $m^3$ ) ;
- $Qc$  : débit caractéristique ( $m^3/h$ ) ;
- $Tnf$  : temps de non fonctionnement pris égal à 1 à 2 heures.

Les dimensions du réservoir.  $V = 1445 \times 1$

On prend un volume de  $V=1200m^3$

#### IV.6. Dimensionnement du réseau de distribution gravitaire

Après avoir calculé les débits de chaque ilot et déterminé les critères hydrauliques de la conduite gravitaire, nous procédons à la deuxième étape de calcul celle du réseau de distribution, c'est-à-dire de l'ouvrage vers les bornes.

**IV .6.1 Calcul des diamètres :**

L'application de la formule de LABYE nous donne une approche du diamètre économique qu'on normalise par la suite :

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \times V_{ad}}} \times 1000 \quad (\text{IV-15})$$

Avec :

Q : débit exprimé en m<sup>3</sup>/s,

D : diamètre exprimé en mm ;

Vad: vitesse admissible =1.5 m/s.

**IV .6.2.Choix du matériau des conduites**

- Le choix du matériau est l'un des compromis entre critères à voir :
- La satisfaction des conditions hydrauliques (débit, pression).
- La disponibilité sur le marché local.
- critère économique.

**➤ Conduites en fonte :**

Présentent plusieurs avantages :

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

**Leur inconvénient est :**

- ✓ Coût relativement important

**➤ Conduite en PEHD :**

Ils sont les plus utilisés car ils présentent des avantages importants :

- ✓ Sont les plus légers et faciles à couper ;
- ✓ Présentent de bonnes propriétés hydrauliques ;
- ✓ Disponible sur le marché ;
- ✓ Une pose de canalisation facile ;
- ✓ Leur coût est relativement faible.

**Leur inconvénient est :**

- ✓ le risque de rupture dans le cas d'une mauvaise soudure.

### IV.6.3. Calcul des pressions des nœuds et des bornes

Le calcul des pressions est basé sur le principe de Bernoulli, qui décrit le mouvement d'un fluide réel entre le point 1 et le point 2 :

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + \Delta H \quad (\text{IV-16})$$

#### Estimation des pertes de charge

Les pertes de charge unitaires, ont été définies par la formule de Lechapt et Calmon, qui est donnée par la formule suivante :

$$71\text{-IV} \quad J = \frac{Q^M}{D^N} \times L \times L(\text{km}) \times 1.1 \quad )$$

Avec :

-D : Diamètre (m)

-Q : débit (m<sup>3</sup> /s)

-L : longueur de la conduite (km)

- *hPu*: Pertes de charge unitaire en m/m.

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

La rugosité équivalente : K = 0.1 mm, donc : L = 1.15 ; M = 1.89 ; N = 5.01.

**Tableau IV.12** : Calcul des pressions des nœuds et des bornes

N° du tronçon	L tronçon (m)	Q (l/s)	débit (m3/s)	D calculé (mm)	D N (mm)	V (m/s)	P.de charge lin	P. de charge	Cote aval (m)	CPiezo (m)	Pression P(m)	Pression (bars)
<b>R-TS</b>	2330	290.0	0.29	496.1	500	1.478	7.959	8.755	669.5	686.25	16.75	1.67
<b>TS-N1</b>	73	290.0	0.29	496.1	500	1.478	0.249	0.274	665.13	685.97	29.60	2.96
<b>N1-N2</b>	280.59	33.6	0.03	168.9	200	1.070	1.606	1.767	660.84	684.20	32.39	3.24
<b>N2-B5</b>	21.54	19.3	0.02	128.1	150	1.095	0.184	0.202	661.6	684.00	33.20	3.32
<b>N2-N3</b>	170.25	14.3	0.01	110.0	125	1.162	2.031	2.234	656.16	692.77	36.61	3.66
<b>N3-B6</b>	127.18	14.3	0.01	110.0	125	1.162	1.517	1.669	659	691.10	34.33	3.43
<b>N1-N4</b>	353.15	256.4	0.26	466.5	500	1.307	0.956	1.051	654.45	690.05	39.50	3.95
<b>N4-B1</b>	22.4	6.2	0.01	72.6	75	1.406	0.719	0.791	654	685.18	40.21	4.02
<b>N4-N5</b>	265.22	31.4	0.03	163.3	160	1.564	4.096	4.505	654.29	685.54	36.20	3.62
<b>N5-B2</b>	38.19	13.0	0.01	105.0	110	1.368	0.726	0.798	654.29	689.25	39.91	3.99
<b>N5-B3</b>	252	9.4	0.01	89.3	110	0.989	2.593	2.852	657.72	686.40	34.43	3.44
<b>N5-B4</b>	192	9.1	0.01	87.6	90	1.423	5.035	5.539	651.78	683.71	37.68	3.77
<b>N4-N6</b>	212.7	218.8	0.22	430.9	500	1.115	0.426	0.469	649.49	689.58	45.04	4.50
<b>N6-N7</b>	288.8	15.5	0.02	114.9	125	1.267	4.058	4.464	648.01	685.11	42.53	4.25
<b>N7-B8</b>	19.1	8.1	0.01	83.0	90	1.277	0.408	0.449	648	684.66	46.55	4.66
<b>N7-B9</b>	236	7.4	0.01	79.4	90	1.167	4.252	4.677	645.05	679.99	45.27	4.53
<b>N6-N8</b>	204.5	203.2	0.20	415.3	500	1.036	0.357	0.392	646.13	684.27	48.48	4.85
<b>N8-B7</b>	33.5	14.3	0.01	110.0	110	1.501	0.759	0.835	647.2	683.44	46.96	4.70
<b>N8-N9</b>	239	189.0	0.19	400.5	400	1.505	1.111	1.222	642.68	683.05	51.10	5.11
<b>N9-B10</b>	22	10.3	0.01	93.4	110	1.082	0.269	0.295	641.4	682.75	53.30	5.33
<b>N9-N12</b>	287.5	35.3	0.04	173.0	200	1.123	1.804	1.984	646.3	681.06	46.72	4.67
<b>N12-B11</b>	40	18.9	0.02	126.7	160	0.940	0.236	0.260	646	680.80	48.74	4.87
<b>N12-B12</b>	326	16.4	0.02	117.8	125	1.334	5.048	5.553	643.59	675.25	45.86	4.59
<b>N9-N10</b>	369	31.4	0.03	163.3	160	1.563	5.695	6.265	640	668.99	48.74	4.87
<b>N10-B14</b>	26	10.0	0.01	92.0	110	1.050	0.300	0.330	640	682.42	54.67	5.47
<b>N10-N11</b>	144	21.5	0.02	134.9	160	1.067	1.080	1.188	640	681.24	53.81	5.38
<b>N11-B15</b>	27.3	7.8	0.01	81.2	90	1.222	0.537	0.590	640	668.40	54.41	5.44
<b>N11-B16</b>	260.9	13.7	0.01	107.8	110	1.440	5.466	6.013	639.81	662.38	49.18	4.92
<b>N9-N13</b>	233.8	112.0	0.11	308.3	315	1.438	1.339	1.473	640	681.58	53.53	5.35

<b>N13-B13</b>	21.7	18.9	0.02	126.8	125	1.544	0.443	0.487	640	681.09	54.51	5.45
<b>N13-N14</b>	363.6	93.1	0.09	281.1	315	1.195	1.467	1.614	645.04	679.47	48.35	4.83
<b>N14-B17</b>	18.7	11.9	0.01	100.4	110	1.250	0.300	0.330	645.2	679.15	49.47	4.95
<b>N14-B23</b>	189.4	7.1	0.01	77.5	90	1.112	3.115	3.426	648.86	676.05	42.71	4.27
<b>N14-N15</b>	340	74.1	0.07	250.8	250	1.511	2.841	3.125	639.88	676.35	51.99	5.20
<b>N15-B18</b>	26.26	12.8	0.01	104.1	110	1.344	0.483	0.531	639.9	675.82	54.57	5.46
<b>N15-N16</b>	229.5	61.4	0.06	228.2	250	1.251	1.342	1.476	639.53	674.34	53.99	5.40
<b>N16-B19</b>	15.8	13.3	0.01	106.2	110	1.398	0.313	0.344	639.6	674.00	55.06	5.51
<b>N16-N17</b>	325.5	48.1	0.05	202.0	200	1.531	3.670	4.037	637.4	669.96	53.56	5.36
<b>N17-B20</b>	30	16.7	0.02	119.1	125	1.362	0.483	0.531	637.6	669.43	56.87	5.69
<b>N17-N18</b>	231	31.4	0.03	163.2	160	1.562	3.557	3.912	636.73	666.05	54.36	5.44
<b>N18-N19</b>	133.5	31.4	0.03	163.2	160	1.562	2.055	2.261	635.04	663.79	57.70	5.77
<b>N19-B21</b>	30	18.8	0.02	126.3	125	1.532	0.604	0.664	635.6	663.12	58.74	5.87
<b>N19-N20</b>	159	12.4	0.01	102.6	110	1.307	2.771	3.048	635.99	660.08	55.96	5.60
<b>N20-B22</b>	174.7	12.4	0.01	102.6	110	1.307	3.045	3.349	628.24	656.73	63.41	6.34

**Interprétations :** d'après le tableau précédent nous remarquons que les pressions calculées sont acceptables allant de 1.7 à 6.0 bars.

### **Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons abordé les variantes d'aménagement du système d'adduction, nous avons découpé le périmètre en 23 îlots d'irrigation alimentés chacun par une borne d'irrigation, avec une superficie totale de 250 h ;

En deuxième phase, nous avons entamé le calcul hydraulique des canalisations du système de refoulement et d'adduction du périmètre d'étude, ce qui a permis d'estimer les pressions aux bornes.

# **Chapitre V**

Choix des techniques d'irrigation

## Chapitre V : Choix de la technique d'irrigation

### Introduction

L'irrigation est l'humidification artificielle du sol de telle manière que les plantes en tirent le maximum de profit ; en effet il existe plusieurs techniques, et chacune présente des avantages et des inconvénients.

Dans ce chapitre on va étudier les différentes techniques d'irrigation puis on va choisir la celle qui correspond le mieux avec les caractéristiques de notre périmètre.

### V.1. Différentes techniques d'arrosages

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

- L'irrigation gravitaire ou de surface.
- L'irrigation par aspersion (sous pression).
- L'irrigation par micro-irrigation (goutte à goutte ).

#### V.1.1. Irrigation gravitaire

C'est l'ensemble des techniques où la répartition de l'eau se fait entièrement à l'air libre par simple écoulement à la surface du sol (Tiercelin, 1998). La répartition de l'eau est assurée grâce à la topographie du terrain, et aux propriétés hydriques du sol (ruissellement, infiltration, et capillarité). L'application de l'eau se fait par ruissellement, submersion et infiltration.



Figure V -1 : Irrigation par gravitaire

**V.1.1.1. L'irrigation par ruissellement**

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

**V.1.1.2. L'arrosage par infiltration (à la raie)**

C'est une méthode qui consiste à faire distribuer l'eau par des rigoles ou raies avec un débit relativement faible comparativement aux autres procédés. Dans cette méthode, une partie seulement du sol reçoit directement l'eau, le reste est humecté par infiltration latérale.

**V.1.1.3 L'arrosage par submersion**

Le principe consiste à donner au sol une couche d'eau plus au moins épaisse, qu'on laisse séjourner pendant le temps nécessaire pour qu'elle pénètre par infiltration à la profondeur utile permettant ainsi au sol de mettre en réserve l'eau indispensable au développement des cultures. L'irrigation des rizières par bassins est un des exemples de l'irrigation par submersion.

**Avantages et les inconvénients de l'irrigation par gravité****❖ Avantages :**

- Coût d'investissement relativement faible.
- Besoins en énergie nuls.

**❖ Inconvénients :**

- Elle nécessite un aménagement préalable du terrain.
- Le volume d'eau utilisé est important.
- Pertes d'eau considérable.
- Elle nécessite beaucoup de mains d'œuvre.
- La durée de l'arrosage est plus longue.

**V.1.2. Irrigation par aspersion**

Dans cette technique l'eau est fournie aux plantes sous forme de pluie artificielle issues d'appareils d'aspersion alimentés en eau sous pression (Mathieu et al. 2007). Cette technique ne nécessite aucun nivellement de la surface à irriguer et assure l'aération du l'eau et du sol.

C'est une méthode qui permet d'arroser convenablement des sols très perméables. Les systèmes issus de cette technique peuvent être soit mobiles ; semi-mobiles où fixes.



**Figure V -2 :** Irrigation par aspersion

### **Avantages et inconvénients de l'irrigation par aspersion**

#### **❖ Avantages**

- Possibilité d'arroser tous les types de sols
- Possibilités de réaliser des installations mobiles, susceptible de déplacer suivant de la nature des cultures, ce qui facilite la rotation culturale avec des doses précises et à cadence rapide
- oxygénation de l'eau projetée en pluie, favorable dans le cas d'utilisation d'eaux résiduaires réductrices ;

#### **❖ Inconvénients**

- Dépenses énergétiques élevées.
- Difficultés d'utilisation et efficacité réduite en région ventées
- déplacement des matériels difficile dans les zones à culture haute

### **V.1.3. Irrigation localisée (Goutte à goutte)**

La micro-irrigation ou l'irrigation localisée, se fait au goutte-à-goutte, c'est une technique très économique puisqu'elle ne consomme que ce dont la plante a besoin effectivement, l'eau est amenée directement au pied de la plante. Un apport d'eau au voisinage de la plante qui crée un bulbe humide. L'épaisseur de ce bulbe dépend de la nature du sol, du débit du goutteur, et de la fréquence des apports. L'efficacité théorique de l'eau est excellente puisqu'elle atteint 90.

L'installation est composée :

- D'une source d'eau,
- D'une unité de tête : constituée de manomètre, débitmètre, et filtres contre les particules fines et contre les sables.
- Des canalisations principales et secondaires, de porte rampes et rampes, et enfin de distributeurs.



Figure V-3 : Irrigation par goutte à goutte

### Avantages et les inconvénients de l'irrigation localisée

#### ❖ Avantages :

- excellence efficacité d'arrosage à la parcelle (à condition que la technique soit parfaitement maîtrisée) ;
- excellents rendements des cultures,
- très faible besoin en main d'œuvre,
- coût d'entretien réduit, et insensibilités au vent,
- ne mouille le sol que très partiellement, ce qui limite la prolifération des adventices,

#### ❖ Inconvénients :

- exige un savoir-faire lors de l'installation, conduites des arrosages par l'irrigant.
- Obstruction des goutteurs, et donc nécessite la filtration de l'eau d'irrigation,

### V.2. Choix des techniques d'irrigation

Plusieurs facteurs entrent en considération pour le choix des techniques d'irrigation et en particulier :

- ✓ Nature des cultures ;

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

**Conclusion**

Le choix d'une méthode d'irrigation adaptée dépend de plusieurs facteurs agronomiques et socio-économiques. Afin de pouvoir choisir la méthode d'irrigation la plus appropriée, il est nécessaire de pouvoir évaluer les avantages et les inconvénients de chaque méthode.

En se basant une analyse multicritère, nous avons opté pour la technique d'irrigation par aspersion pour les cultures céréalières et le système goutte à goutte pour les cultures maraichères et arboricoles, cette technique a une excellente efficacité d'arrosage à la parcelle et un rendement très élevé.

**Chapitre VI**  
Dimensionnement à la parcelle

## Chapitre VI : Dimensionnement à la parcelle

### Introduction

Dans le but d'économiser le maximum d'eau d'irrigation, Le choix du mode d'irrigation s'étant porté sur le système goutte à goutte. Pour l'étude de ce projet, nous avons choisi l'olivier comme culture pour dimensionner le réseau goutte à goutte.

### VI.1. Dimensionnement d'un réseau goutte à goutte

#### Données générales

Le réseau d'irrigation sera installé sur la parcelle n°1 alimentée par la borne N°1 et dont la pression disponible est de l'ordre de 4.02 bars, ce qui est largement suffisant. La surface de l'exploitation est de l'ordre de 2.16 ha. (79mx274m)

- Culture : olivier
- Espacement entre arbres : 4 m
- Espacements entre rangs : 4 m
- Besoins de pointe mensuelle (olivier)=167 mm/mois

#### Caractéristiques du goutteur

- Débit nominal : 4l/h avec une pression nominal : 10 mce
- Espacement des goutteurs : 4 m avec 2 goutteurs par arbre.

### VI.1.1. Besoins d'irrigation en irrigation localisée

#### VI.1.1.1. 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. On applique alors à L'ETM un coefficient de réduction « Kr » dépend du taux de couverture du sol ( $C_s = 60\%$ ) pour les plantes adultes.

Kr peut être calculé par la formule proposée suivantes

- La formule de Freeman et Garzoli :

$$Kr = Cs + 0.5 (1 - Cs). \quad (VI-1)$$

Pour notre cas on considère un taux de couverture égale à 60% (pour les arbres adultes) donc : on prendra un coefficient  $Kr = 0.80$

$$B_{jl} = B_j * Kr \quad (VI-2)$$

$$B_{jl} = (166.92/30) * 0.8 = 4.45 \text{ mm/j}$$

**VI.1.1.2. Dose nette pratique**

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

$$Dp = (Hcc - Hpf) \cdot Y \cdot Z \cdot da \cdot P\% = RFU \times P\% \quad (\text{VI-3})$$

Avec :

✓ Hcc : (27%), Hpf : (14%), da=1.40 et Y : (2/3) ;

✓ Z : P. racines (1500 mm),

✓ P : Pourcentage du sol humidifié

$$P\% = \frac{n \cdot Spd \cdot Sh}{Sa \cdot Sr} \quad (\text{VI-4})$$

Avec :

✓ P : Volume du sol humidifié ;

✓ N : Nombre de point (de goutteurs) de distribution par arbre =2 ;

✓ Spd : Distance entre deux points de distribution voisins du même arbre = (1.5 m) ;

✓ Sh : Largeur de la bande humidifiée (tirée de la table) = 1 m (arbres) ;

✓ Sr : Ecartement entre rangs d'arbre (4m) ;

✓ Sa : espacement des arbres sur les rangs (4m).

$$P\% = \frac{2 \times 1.5 \times 1}{4.4} = 18.8\%$$

$$DP = \frac{(hcc - hpf)}{100} \times Y \times Z \times Da \times p\%$$

$$DP = \frac{(27 - 14)}{100} \times \frac{2}{3} \times 1500 \times 1.4 \times 0.188 = 34.21 \text{ mm}$$

**VI.1.1.3. Fréquence et intervalle des arrosages**

(Fr): L'intervalle entre deux d'arrosage (tour d'eau) est donné par la formule suivante :

$$Fr = \frac{\text{Dose pratique}}{Bjl} = \frac{34.21}{4.45} = 7.68 \text{ J}$$

Donc on prend une fréquence de 7 jours

**VI.1.1.4. Calcul de la dose (brute)**

On recalcule la nouvelle dose pratique :

$$Dp' = Fr \cdot Bjl = 7 \times 4.45 = 31.15 \text{ mm}$$

$$Db = \frac{Dp'}{Eff \cdot Cu}$$

$$\text{Dose brute} = \frac{31.15}{0.9 \cdot 0.9} = 38.5 \text{ mm}$$

Avec :

✓ Eff : efficacité du réseau d'irrigation Eff=90% ;

✓ Cu : coefficient d'uniformité Cu=90%.

**VI.1.1.5. Durée de fonctionnement par d'arrosage (h)**

$$\theta = tf = \frac{D_b \times Sa \times Sr}{n \times Q_g}$$

**Avec :**

Sr et Sd espacement entre rang et distributeur,

• n et Qg nombre et débit du goutteur

$$\theta = \frac{38.5 \times 2 \times 4}{2 \times 4} = 38h$$

Donc On prendre :  $\theta = 38 \text{ heures}$

**VI.1.2.Calculs hydrauliques**

A partir de la surface de notre parcelle, on peut déduire les dimensions nécessaires des rampes et des portes-rampes.

Le porte-rampe coupe la surface du terrain au milieu de la parcelle, donc on a :

- La longueur du porte-rampe est de : 116 m ;
- La longueur de la rampe est de : 60 m ;

La variation maximale de la pression :  $dq = K \cdot xH^{x-1} \cdot dH$

ce qui donne (avec  $q = K \cdot H^x$  avec  $x=0.5$  (caractéristique du goutteur))

$$\frac{\Delta q}{q} = x \frac{\Delta H}{H(n)} \tag{VI-5}$$

H(n) pression nominale  $x=0.5$  donc  $0.1 = 0.5 \frac{\Delta H(\max)}{10}$  -----  $\Delta H (\max)=1/0.5 = 2 \text{ mce.}$

Donc selon la règle de Christansen 10%  $\Delta H$  singulières = 0.2 m, et 1.8  $\Delta H$  linéaire = 1.8 m

Donc pour les rampes  $2/3 \cdot 1.8 = 1.2 \text{ m}$  et Pour le porte rampe =  $1/3 \cdot 1.8 = 0.6 \text{ m}$ .

**VI.2. 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 et les rampes et la conduite tertiaire en PEHD.

- La conduite tertiaire (conduite d'approche) : C'est la conduite qui relie au point de fourniture d'eau les diverses porte-rampes.

- Porte-rampes : C'est la conduite qui alimente les rampes d'un seul côté ou des deux côtés.

- Les rampes : sont en PEBD (polyéthylène basse densité).

Le diamètre de rampes ainsi que des portes-rampes est calculé d'après les formules suivantes :

$$\varnothing_{rampe} = \left[ \frac{P.d.c (r)*2.75}{0.478*Q(r)^{1.75} L(r)} \right]^{-\frac{1}{4.75}} \quad \text{(VI-6)}$$

$$\varnothing_{P.R} = \left[ \frac{P.d.c (pr)*2.75}{0.478*Q(pr)^{1.75} L(pr)} \right]^{-\frac{1}{4.75}} \quad \text{(VI-7)}$$

Avec :

- Pdc(r) : la perte de charge dans la rampe
- Q(r) : le débit de la rampe en l/h
- L(r) : la longueur de la rampe en m
- Ør (cal) : le diamètre de rampes
- Øpr (cal) : le diamètre de porte rampe

### VI.2.1 Pour les rampes

#### 1. Le nombre d'arbres par rampe

$$N (\text{arbre}) = L_r / E_a = 60 / 4 = 15 \text{ arbres}$$

#### 2. Le nombre de goutteurs par rampe

$$N_g = N_{\text{arbres}} * n = 15 * 2 = 30 \text{ goutteurs.}$$

#### 3. Débit de la rampe :

$$Q_R = N_g \times Q_g = 30 \times 4 = 120 \text{ l/h}$$

$$P_{dc} = 1.02 \text{ m}$$

#### 4 .Diamètre de la rampe :

$$Q_r = 120 \text{ l/h ;}$$

$$P_{dc} = 1.2 \text{ m;}$$

$$\varnothing_r (\text{calc}) = 9.2 \text{ mm} = \text{DN16}$$

#### 5. Vérification des pertes de charges

Pour la détermination des pertes de charges des différents tronçons de la canalisation après choix du diamètre, On recalcule les pertes de charges par la formule de « Tison »

$$J = \frac{1}{2.75} \times 8 \times 10^{-4} \times \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}} \times L \quad \text{(VI-8)}$$

Avec : L : la longueur de la conduite ;

Q : débit (m<sup>3</sup>/s) et D : diamètre intérieur de la canalisation (m) ;

On a: L = 60 m, D = 0.016 m, Q = 0.000003 m<sup>3</sup>/s

J-Rampe = 0.072m < 1.2 m (vérifiée).

### VI.2.2. Pour le porte-rampe

**1. Le nombre des rampes**

$$Nr = \frac{L pr}{Ea} = \frac{116}{4} = 29R$$

Donc le nombre de rampe = 29 rampes

**2. Débit du porte-rampe**

$$Q_{pr} = Q_r \times Nr$$

-  $Q_{pr}$  : débit du porte-rampe l/h ;

-  $Nr$  : nombre de rampes.

$$Q_{pr} = 120 \times 29 = 3480 \text{ l/h}$$

**3. Diamètre du porte-rampe**

$$\emptyset (pr) \text{ cal} = \left( \frac{pdc(pr) \times 2.75}{0.478 \times Q(pr)^{1.75} \times L(pr)} \right)^{\frac{1}{4.75}}$$

$$\emptyset (pr) \text{ cal} = 42.3 \text{ mm}$$

On prend un diamètre normalisé de DN = 63 mm

**4. Vérification des pertes de charges**

$$J = \frac{1}{2.75} \times 8 \times 10^{-4} \times \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}} \times L$$

On a: L = 116m, D = 0.063 m, Q = 0.0009 m<sup>3</sup>/s.

J – porte-rampe = 0.08 m < 0.6 m (vérifiée).

**VI.2.3. Calcul des diamètres de la conduite tertiaire**

Pour calculer le diamètre on doit fixer la vitesse d'écoulement (valeur optimale) d'environ 1.05 m/s tel que :

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V}} \quad \text{(VI-9)}$$

Avec :

- Q : débit de la conduite considérée (m<sup>3</sup>/s) ;

- V : vitesse d'écoulement (m/s).

On prend D = 63mm

**VI.2.4 Calcul Récapitulatif et vérification des pressions à la borne de distribution**

Tableau VI.1 : Récapitulatif des calculs hydrauliques

Conduite	La rampe	La porte rampe	c.tertaire
Longueur (m)	60	116	50m
Diamètre (mm)	16	63	63
Débit (m <sup>3</sup> /s)	$3.33 \times 10^{-5}$	0.00099	0.00099

La pression d'eau que doit fournir la borne d'irrigation à la parcelle est égale à la somme de la pression nominale (10 mce) plus la somme des pertes de charges de cheminement de la borne d'irrigation jusqu'au goutteur le plus défavorable. Donc les pertes de charges sur les rampes et le porte-rampe sont :

$$J - \text{rampe} + \text{porte-rampe} = 0.15 \text{ m} < 1.8 \text{ m (Règle de Christiansen Vérifiée)}.$$

$$P(m) = 10 + 0.193 + 0.28 + 0.02 = 10.50 \text{ m} = 1.05 \text{ bar}$$

Donc la pression requise est nettement inférieure à celle de la borne.

### Conclusion

Le choix d'un système d'irrigation rationnel et économique doit tenir compte des critères suivants :

- Le type de cultures ;
- La maîtrise de la technique par l'exploitant ;
- Le coût de l'installation.

Dans ce chapitre, nous avons abordé le dimensionnement d'un réseau d'irrigation par goutte à goutte pour la culture d'oliviers.

L'utilisation de ce système a pour but d'économiser l'eau d'irrigation et aussi d'améliorer les rendements des cultures.

**Chapitre VII :**  
Etude technico-économique

## Chapitre VII : Etude technico-économique

### Introduction

Après l'étude technique des variantes d'aménagement adoptées, il est indispensable d'estimer le coût et de faire une évaluation économique du projet, ce calcul consiste à déterminer les quantités de tout le matériel ainsi que les différentes opérations à effectuer sur le terrain, nécessaires pour la réalisation et l'exécution des travaux dans les meilleures conditions et dans les plus brefs délais.

Pour notre projet nous avons les estimations financières des lots suivants :

- Le système d'adduction et de distribution
- Le système de pompage
- Le réservoir de stockage

### VII.1 Evaluation des coûts du système d'adduction

Les coûts d'investissements sont ramenés à des annuités sur la base des hypothèses suivantes

- Taux d'actualisation : 0,8 à 10%
- 30 ans pour les conduites
- 15 ans pour les équipements hydromécaniques et électriques
- 40 ans pour les ouvrages de génie civil.

### VII. 2.Couts des conduites

#### VII.2.1- Conduites d'adduction

Les caractéristiques des conduites d'adduction données dans le tableau 7.1

**Tableau VII.1** : Caractéristiques des conduites de la variante d'adduction adoptée.

Tronçons	Diamètre (mm)	Longueur (m)
C. refoulement	500	635

Les calculs des volumes des travaux de l'adduction donnée dans le tableau ci-dessus.

**Tableau VII.2** : Les calculs des volumes des travaux de l'adduction

<b>La conduite d'adduction SPE - RE</b>			
<b>Donnée de base</b>			
D : diamètre de la conduite de refoulement 500 mm			
e : hauteur du lit de pose 0.15 (m).			
h : la hauteur du remblai au-dessus de la conduite 0.8.			
L : longueur de la conduite 635m.			
La largeur du fond de la tranchée	$B = D + 0.6$	m	$B=0.5+0.6=1.1$
Profondeur de la tranchée	$H= e +D + h$	m	$H=0.15+0.5+0.8=1.45$
Le volume de déblai	$V_d=B*H*L$	m <sup>3</sup>	$V_d=1.1*1.45*635=1012.82$
Le volume de lit de sable	$V_s= e*B*L$	m <sup>3</sup>	$V_s=0.15*1.1*635=104.77$
Volume occupé par la conduite	$V = L*\left(\frac{\pi D^2}{4}\right)$	m <sup>3</sup>	$V=124.68$
Le volume de remblai	$V_r = V_d-(V+V_s)$	m <sup>3</sup>	$V_r=783.3$ 3

Les frais d'investissement sont **728527.7DA** ventilés selon le tableau 7.3, présenté ci-dessous :

**Tableau VII.3** : Estimation du cout de pose de canalisation de l'adduction.

Désignation des travaux	Unité	Quantité m <sup>3</sup>	Prix unitaire DA	Montant DA
<b>1) déblai et remblai</b>	m <sup>3</sup>	1796.19	300	538857
<b>2) lit de sable</b>	m <sup>3</sup>	104.77	800	83816
Total (HT) 1				622673.3
TVA (17%)				105854.4
Montant TTC				<b>728527.7</b>

### VII.2.2.- Conduites de distribution

Les caractéristiques du réseau de distribution sont définies sur la base d'un calcul d'optimisation. Les résultats de calcul du réseau de distribution sont donnés dans Le tableau 7.4 ci- dessous présenté, récapitule les linéaires des conduites de distribution.

**Tableau VII.4 :** Linéaire des conduites du réseau de distribution (arrange le tableau)

Linéaire (ml)	75	90	110	125	160	200	250	315	400	500	150	
<b>D (mm)</b>												
	9402.28	44.8	1327.6	2054.1	1987.86	2365.44	1742.27	1139	1194.8	478	6346.7	43.08

Les frais d'investissement pour la réalisation du réseau de distribution du réseau 4 sont de **13258326,510 DA**, ventilés selon le tableau ci-dessous

Les Calcul des volumes des travaux de distribution donnée dans le tableau ci-dessous

#### ✓ Déblais d'excavation

**Tableau VII.5 :** Volume de déblais

Déblai	H=1,2m		
Diamètre (mm)	B (m)	Longueur (m)	Volume du déblai (m3)
75	0.7	44.8	37.632
90	0.7	1327.6	1115.184
110	0.7	2054.1	1725.444
125	0.7	1987.86	1669.8024
150	0.7	43.08	36.1872
160	0.8	2365.44	2270.8224
200	0.8	1742.27	1672.5792
250	0.85	1139	1161.78

<b>315</b>	0.9	1194.8	1290.384
<b>400</b>	1	478	573.6
<b>500</b>	1.1	6346.7	8377.644
<b>Somme=19931.0592</b>			

✓ Pose du lit de sable

Tableau VII.6 : volume du lit de sable

<b>Lit de sable</b>	<b>H=0.15m</b>		
<b>Diamètre (mm)</b>	<b>B (m)</b>	<b>Longueur (m)</b>	<b>Volume du Lit de sable (m3)</b>
<b>75</b>	0.7	44.8	4.704
<b>90</b>	0.7	1327.6	139.398
<b>110</b>	0.7	2054.1	215.6805
<b>125</b>	0.7	1987.86	208.7253
<b>150</b>	0.7	43.08	4.5234
<b>160</b>	0.8	2365.44	283.8528
<b>200</b>	0.8	1742.27	209.0724
<b>250</b>	0.85	1139	145.2225
<b>315</b>	0.9	1194.8	161.298
<b>400</b>	1	478	71.7
<b>500</b>	1.1	6346.7	1047.2055
<b>Somme=2491.3824</b>			

✓ Remblais compacté

Tableau VII.7 : Volume du remblai compacté.

Diamètre (mm)	Section de la conduite	Longueur (m)	Volume de la conduite (m3)	Volume du lit de sable (m3)	Volume du déblai (m3)	Volume du remblai compacté (m3)
75	0.004	44.8	0.179	4.704	37.632	42.51
90	0.006	1327.6	7.96	139.39	1115.18	1262.53
110	0.009	2054.1	18.48	215.68	1725.44	1959.6
125	0.012	1987.86	23.85	208.72	1669.8	1902.37
150	0.017	43.08	0.73	4.52	36.18	41.43
160	0.02	2365.44	47.3	283.85	2270.82	2601.97
200	0.03	1742.27	52.26	209.07	1672.57	1933.9
250	0.04	1139	45.56	145.222	1161.78	1352.56
315	0.07	1194.8	83.63	161.298	1290.34	1535.26
400	0.12	478	57.63	71.7	573.6	702.93
500	0.19	6346.7	1205.87	1047.2	8377.644	10630.71
<b>Somme=23965.77</b>						

Tableau VII.8 : Coût d'investissement du réseau de distribution.

Désignation des travaux	Unité	Quantité (m <sup>3</sup> )	Prix unitaire (DA)	(Montant DA)
1) déblai	m3	<b>19931.0592</b>	300	5979318
2) lit de sable	m3	<b>2491.3824</b>	800	1993106
3) remblai	m3	<b>23965.77</b>	300	7189731
TOTAL (HT) 1				15162155
TVA (17%)				2577566.35
Montant TTC				<b>17739721.35</b>

Tableau VII.9 .Cout des équipements de protection du réseau de distribution.

	unité de mesure	Quantité	Prix unitaire (da)	Montant (da)
<b>Borne type A2</b>	u	17	65 000	1105000
<b>Borne type A4</b>	u	4	85 000	340000
<b>Borne type B</b>	u	2	112 000	224000
<b>Vidange Ø 110</b>	u	4	36 000	144000
<b>Vanne Ø 160</b>	u	4	88 000	352000
<b>Ventouse Ø 90</b>	u	7	156 000	1092000
			TOTAL(HT) 1	327 000,00
			TVA (17%)	553 690,00
			<b>MONTAT TTC</b>	<b>3 810 690,00</b>

### VII.2.3 Le système de pompage

Le système de pompage se compose de plusieurs parties, Le détail estimatif des différentes composantes des travaux est présenté dans le tableau VII.10 :

**Tableau VII.10. :** Cout de système de pompage

Désignation des travaux	unité	Quantité	Prix unitaire	Montant
<b>1) <u>Maçonneries</u></b>				
-Béton arme	M3	200	32 000	6 400 000,00
-revêtement et peinture	M2	20	800	16 000
<b>2) <u>travaux divers</u></b>				
-Portail métallique	U	1	120 000	120000
-Electricités	U	Forfait	10000	10000
- Mur de clôture	M2	100	1500	150000
- Loge de gardien	U	1	200 000	200000
<b>3) <u>Equipements hydromécaniques</u></b>				
- Vannes	U	1	150 000	150000
- Clapet anti retour	U	1	100 000	100000

- Crepine	U	1	150 000	150000
- Vantouse	U	1	60 000	60000
<b>4) Pompes</b>				
pompes	U	3	800 000	2400000
			Total HT	<b>14 312 000,00</b>
			Total TTC	<b>16 745 040.00</b>

Le cout de la station de pompage est de : **16 745 040.00 DA**

#### VII.2.4. Le réservoir de stockage :

Les travaux du terrassement, bétonnage, maçonnerie, et corps d'états secondaire ainsi que les matériaux entrent dans la réalisation du réservoir de stockage.

Le réservoir dimensionné dans le chapitre 4 est d'une capacité de  $V=1200 \text{ m}^3$ , avec un diamètre de  $D=18\text{m}$  et une hauteur de  $H=5\text{m}$

Le détail estimatif des différents travaux est de : **20 000 000 DA**

**Tableau VII.11.** Récapitulatif des coûts d'investissements du périmètre

ZONE	Catégorie d'investissement	Coûts des Investissement(DA)
Périmètre de ladrat (250ha)	Réseau de distribution+Travaux	<b>17 739 721.35</b>
	Réseau d'adduction	<b>95 000 000.00</b>
	les équipements de protection	<b>3 810 690,00</b>
	Station de pompage	<b>16 745 040.00</b>
	Réservoir	<b>20 000 000,00</b>
	Cout TOT(DA)	<b>129 484 761.35</b>

Le cout total du projet en prenant en compte toutes les opérations financières est de l'ordre de :  
**CT =129 484 761.35 DA**

**Conclusion**

L'estimation du cout de réalisation d'un aménagement d'un périmètre est une phase essentielle elle permet de concrétiser ce projet.

Le cout total d'aménagement du périmètre de Ladrat(TTC) est de l'ordre de : **129 484 761.35 DA**, soit un cout spécifique de 518 000 da/ha.

## Conclusion générale

Au terme de ce mémoire, nous avons étudié les différentes composantes de l'aménagement hydro-agricole du périmètre de dans la wilaya de Médéa d'une surface de 250 ha et qui sera alimenté à partir du barrage de Ladrat.

L'étude du climat de notre région, a montré que la zone d'étude appartient à un climat semi-aride, et que la période sèche s'étend sur plus de cinq, d'où l'irrigation est importante pour l'intensification des cultures.

Les caractéristiques physiques, pédologiques et les conditions agro-socioéconomiques de l'aire du périmètre de Ladrat, sont très favorables à la mise en irrigué. L'irrigation de notre périmètre sera assuré par le barrage de Ladrat d'une capacité  $10\text{Hm}^3$  qui ne présente aucun risque de salinité.

Pour l'alimentation en eau du périmètre à partir de barrage, l'installation d'une station de pompage et d'un réservoir est indispensable pour assurer une pression acceptable au niveau de chaque borne d'irrigation à l'entrée des parcelles.

L'étude comparative entre les modes d'irrigation, nous a montré que le système goutte à goutte est le plus convenable pour l'arboriculture et l'aspersion pour la céréaliculture.

L'aménagement hydro-agricole du périmètre de Ladrat permettra une utilisation rationnelle de l'eau d'irrigation, et une modernisation de l'agriculture à moyen et à long terme.

## Références bibliographiques

1. LEBOURGEOIS François, 2010 : Cours de bioclimatologie à l'usage des forestiers Equipe Ecologie Forestière, ENGREF – 14 rue Girardet – 54042 Nancy Cedex.
2. TOUAIBIA B, 2004 : Manuel d'Hydrologie.
3. Doorenbos J, Pruitt W.O, 1977 : Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 24, FAO, Rome,
4. BULLTIN DE FAO N° 36, L'irrigation localisée (Calcul, mise en place exploitation, contrôle du fonctionnement).FAO 1983.p33
5. Tiercelin. 1998. Traité d'irrigation, Lavoisier tec & doc, paris .1011p.
6. D. Veschambre, P. Vaysse ; (1980) : Mémento goutte à goutte, guide pratique de la micro-irrigation par goutteurs et diffuseurs. Edition C.T.I.F.L, INRA ; P 156.
7. Mathieu C, P Audoye, J.Chossat Bases techniques de l'irrigation par aspersion, Edition Lavoisier France, 2007

# ANNEXES

# ANNEXES

## Annexe 1

### Coefficient culturale des cultures

culture en places		sep	oct	nov	déc	jan,	fév	mars	avril	mai	juin	juil	aout
céréale	blé		0.3	0.4	0.6	0.6	0.6	1.0	0.95	.065	.035		
	orge			0.3	0.4	0.70	0.85	0.95	0.75	0.5	0.3		
fourragère	avoine			0.3	0.8	0.9	1.1	1.1	0.9	0.75			
maraichage	pomme Terre (AS)	0.50	0.70	0.95	0.75								
	pomme de terre (S)						50.	0.70	0.9	0.75			
	carotte	0.4	0.7	0.85	0.6								
	radis	0.4	0.7	0.85	0.6								
	fève						0.4	0.6	0.7	0.95	0.85	0.7	
	pois					0.5	0.7	1.0	0.8	0.7			
	oignon vert									0.7	1.1	1.0	0.7
	oignon sec		0.5	0.75	0.85	0.90	0.7						
	poivre								0.75	1.05	0.85	0.8	
	tomate							0.50	0.85	1.15	0.8		
	aubergine								0.6	0.95	0.9	0.8	
	courgette	0.5	.85	1.0	0.85	0.6							
	citrouille									0.8	1.0	0.9	0.6
	pastèque								0.4	0.8	1.1	0.9	
olive	0.75	0.75	0.75	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.75	0.85	0.85	0.85	
	Cerisier	0.7	0.7	0.7	.075	.075	.075	.075	.07	0.6	0.6	.06	.07
	vigne	0.40	0.40	.01	.01	.01	.01	0.2	0.45	0.60	0.70	0.70	0.45

## Annexe 2

### Calcul des besoins en eau pour oignon

Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z(m)	RFU (mm)	RS (i-1) (mm)	Kc	ETM (mm)	Bnet (mm)
sep	23.12	18.5	135.69						
Oct	24.64	19.7	83.18	0.4	48	0	0.5	41.59	21.89
Nov	31.68	25.3	51.12	0.4	48	0	0.75	38.34	13.04
Déc	34.72	27.8	35.1	0.4	48	24	0.85	29.835	0
Jan	34.32	27.5	42.82	0.4	48	24	0.9	38.538	0
Fév	36.64	29.3	44.75	0.4	48	48	0.7	31.325	0
Mars	30.96	24.8	70.93						
avril	27.92	22.3	91.05						
Mai	29.04	23.2	135.5						
Juin	8.88	7.2	169.44						
juil	2.72	2.2	198.97						
Aout	6.24	4.9	183.36						

### Calcul des besoins en eau pour la tomate

Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z(m)	RFU (mm)	RS (i-1) (mm)	Kc	ETM (mm)	Bnet (mm)
sep	23.12	18.5	135.69						
Oct	24.64	19.7	83.18						
Nov	31.68	25.3	51.12						
Déc	34.72	27.8	35.1						
Jan	34.32	27.5	42.82						
Fév	36.64	29.3	44.75						
Mars	30.96	24.8	70.93	0.7	84	42	0.5	35.465	0
Avr	27.92	22.3	91.05	0.9	108	108	0.85	77.3925	0
Mai	29.04	23.2	135.5	1.2	144	0	1.15	155.825	132.625
Juin	8.88	7.2	169.44	1.2	144	0	0.7	118.608	111.408
juil	2.72	2.2	198.97						
Aout	6.24	4.9	183.36						

### Calcul des besoins en eau pour la fève

Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z(m)	RFU (mm)	RS (i-1) (mm)	Kc	ETM (mm)	Bnet (mm)
sep	23.12	18.5	135.69						
Oct	24.64	19.7	83.18						
Nov	31.68	25.3	51.12						
Déc	34.72	27.8	35.1						
Jan	34.32	27.5	42.82						
Fév	36.64	29.3	44.75	0.6	60	30	0.4	17.9	0
Mars	30.96	24.8	70.93	0.7	84	42	0.6	42.558	0
Avr	27.92	22.3	91.05	0.7	84	84	0.7	63.735	0
Mai	29.04	23.2	135.5	0.7	84	0	0.95	128.725	105.525
Juin	8.88	7.2	169.44	0.7	84	0	0.85	144.024	136.824
juil	2.72	2.2	198.97	0.7	84	0	0.7	139.279	137.079
Aout	6.24	4.9	183.36						

### Calcul des besoins en eau pour le poivre

Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z(m)	RFU (mm)	RS (i-1) (mm)	Kc	ETM (mm)	Bnet (mm)
sep	23.12	18.5	135.69						
Oct	24.64	19.7	83.18						
Nov	31.68	25.3	51.12						
Déc	34.72	27.8	35.1						
Jan	34.32	27.5	42.82						
Fév	36.64	29.3	44.75						
Mars	30.96	24.8	70.93						
Avr	27.92	22.3	91.05	0.25	30	30	0.75	68.2875	15.9875
Mai	29.04	23.2	135.5	0.3	36	0	1.05	142.275	119.075
Juin	8.88	7.2	169.44	0.5	60	0	0.85	144.024	136.824
juil	2.72	2.2	198.97	0.6	72	0	0.8	159.176	156.976
Aout	6.24	4.9	183.36						

### Calcul des besoins en eau pour le pois

Pmoy (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z(m)	RFU (mm)	RS (i-1) (mm)	Kc	ETM (mm)	Bnet (mm)
23.12	18.5	135.69	0.3	36	0	0.5	67.845	49.345
24.64	19.7	83.18	0.7	84	0	0.7	58.226	38.526
31.68	25.3	51.12	0.7	84	0	0.9	46.008	20.708
34.72	27.8	35.1	0.7	84	42	0.8	28.08	0
34.32	27.5	42.82	0.7	84	42	0.7	29.974	0
36.64	29.3	44.75						
30.96	24.8	70.93						
27.92	22.3	91.05						
29.04	23.2	135.5						
8.88	7.2	169.44						
2.72	2.2	198.97						
6.24	4.9	183.36						

### Calcul des besoins en eau pour l'aubergine

Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z(m)	RFU (mm)	RS (i-1) (mm)	Kc	ETM (mm)	Bnet (mm)
sep	23.12	18.5	135.69						
Oct	24.64	19.7	83.18						
Nov	31.68	25.3	51.12						
Déc	34.72	27.8	35.1						
Jan	34.32	27.5	42.82						
Fév	36.64	29.3	44.75						
Mars	30.96	24.8	70.93						
Avr	27.92	22.3	91.05	0.6	72	72	0.6	54.63	0
Mai	29.04	23.2	135.5	0.6	72	0	0.95	128.725	105.525
Juin	8.88	7.2	169.44	0.8	96	0	0.9	152.496	145.296
juil	2.72	2.2	198.97	0.9	108	0	0.8	159.176	156.976
Aout	6.24	4.9	183.36						

### Calcul des besoins en eau pour la courgette

Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z(m)	RFU (mm)	RS (i-1) (mm)	Kc	ETM (mm)	Bnet (mm)
sep	23.12	18.5	135.69	0.6	72	0	0.5	67.845	49.345
Oct	24.64	19.7	83.18	0.6	72	0	0.85	70.703	51.003
Nov	31.68	25.3	51.12	0.7	84	0	1	51.12	25.82
Déc	34.72	27.8	35.1	0.9	108	54	0.85	29.835	0
Jan	34.32	27.5	42.82	0.9	108	54	0.6	25.692	0
Fév	36.64	29.3	44.75						
Mars	30.96	24.8	70.93						
Avr	27.92	22.3	91.05						
Mai	29.04	23.2	135.5						
Juin	8.88	7.2	169.44						
juil	2.72	2.2	198.97						
Aout	6.24	4.9	183.36						

### Calcul des besoins en eau pour la vigne

Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z(m)	RFU (mm)	RS (i-1) (mm)	Kc	ETM (mm)	Bnet (mm)
sep	23.12	18.5	135.69	1.5	182	0	0.4	54.276	35.776
Oct	24.64	19.7	83.18	1.5	182	0	0.2	16.636	-3.064
Nov	31.68	25.3	51.12	1.5	182	0	0.2	10.224	0
Déc	34.72	27.8	35.1	1.5	182	91	0.2	7.02	0
Jan	34.32	27.5	42.82	1.5	182	91	0.2	8.564	0
Fév	36.64	29.3	44.75	1.5	182	91	0.2	8.95	0
Mars	30.96	24.8	70.93	1.5	182	91	0.2	14.186	0
Avr	27.92	22.3	91.05	1.5	182	91	0.45	40.9725	0
Mai	29.04	23.2	135.5	1.5	182	0	0.7	94.85	71.65
Juin	8.88	7.2	169.44	1.5	182	0	0.7	118.608	111.408
juil	2.72	2.2	198.97	1.5	182	0	0.7	139.279	137.079
Aout	6.24	4.9	183.36	1.5	182	0	0.45	82.512	77.612

### Calcul des besoins en eau pour l'ail

Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z(m)	RFU (mm)	RS (i-1) (mm)	Kc	ETM (mm)	Bnet (mm)
sep	23.12	18.5	135.69						
Oct	24.64	19.7	83.18	0.4	48	0	0.7	58.22	38.52
Nov	31.68	25.3	51.12	0.4	48	0	1	51.12	25.82
Déc	34.72	27.8	35.1	0.4	48	24	1.1	38.61	0
Jan	34.32	27.5	42.82	0.4	48	24	0.8	34.25	0
Fév	36.64	29.3	44.75						
Mars	30.96	24.8	70.93						
Avr	27.92	22.3	91.05						
Mai	29.04	23.2	135.5						
Juin	8.88	7.2	169.44						
juil	2.72	2.2	198.97						
Aout	6.24	4.9	183.36						

### Calcul des besoins en eau pour le haricot

Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z(m)	RFU (mm)	RS (i-1) (mm)	Kc	ETM (mm)	Bnet (mm)
sep	23.12	18.5	135.69	0.9	108	0	0.35	47.49	28.99
Oct	24.64	19.7	83.18						
Nov	31.68	25.3	51.12						
Déc	34.72	27.8	35.1						
Jan	34.32	27.5	42.82						
Fév	36.64	29.3	44.75						
Mars	30.96	24.8	70.93						
Avr	27.92	22.3	91.05						
Mai	29.04	23.2	135.5	0.4	48	0	0.4	54.2	31
Juin	8.88	7.2	169.44	0.5	60	0	0.7	118.6	111.4
juil	2.72	2.2	198.97	0.5	60	0	1.15	228.8	226.6
Aout	6.24	4.9	183.36	0.9	108	0	0.35	64.17	59.27

### Annexe 3

UNITE TUBE

GAMME DE PRIX

TUBES PEHD EAU (PE80 & PE100)

(Prix Variable à compter du : 01 AVRIL 2010)  
Selon la Norme ISO 4427

TUBES PEHD : PN 06					TUBES PEHD : PN 10				
Ø	Diam. Ext	EP. mm	Prix H.T DA/ML	Prix TTC DA/ML	Ø	Diam. Ext	EP. mm	Prix H.T DA/ML	Prix TTC DA/ML
-	Ø20	-			P35L3000	Ø20		29,07	34,01
13003	Ø25	-	36,28	42,48	P35L3004	Ø25	2,5	38,28	44,79
13006	Ø32	-	48,35	56,87	P35L3007	Ø32	2,5	55,48	64,91
13009	Ø40	2,0	64,6	76,58	P35L3010	Ø40	3,0	84,10	98,40
13012	Ø50	2,4	98,25	114,93	P35L3013	Ø50	3,7	136,28	158,25
13015	Ø63	3,0	150,25	187,49	P35L3016	Ø63	4,7	209,89	248,34
13018	Ø75	3,6	226,21	263,49	P35L3019	Ø75	5,6	300,60	351,59
13022	Ø90	4,3	296,03	346,35	P35L3023	Ø90	5,4	359,09	420,14
13025	Ø110	4,0	357,86	418,70	P35L3026	Ø110	6,6	540,60	632,39
13040	Ø125	-	473,08	553,60	P35L3028	Ø125	7,4	660,13	772,35
13050	Ø160	5,8	770,86	901,89	P35L3031	Ø160	9,5	1 142,25	1 336,43
13044	Ø200	7,2	1 163,39	1 381,17	P35L3033	Ø200	11,9	1 690,84	1 931,45
13096	Ø250	9,1	1 860,00	2 201,6	P35L3035	Ø250	14,8	2 595,00	3 026,16
13042	Ø315	11,4	3 080,00	3 603,6	P35L3041	Ø315	18,7	4 093,67	4 789,47
13079	Ø400	14,5	6 134,24	6 007,08	P35L3058	Ø400	23,7	6 898,74	7 837,83
13081	Ø500	19,1	8 838,13	8 117,61	TCL3045	Ø500	29,7	10 152,51	11 878,44
13012	Ø630	24,1	12 682,50	14 838,53	P35L3049	Ø630	37,4	15 738,78	18 414,38

TUBES PEHD : PN 16					TUBES PEHD : PN 20				
Ø	Diam. Ext	EP. mm	Prix H.T DA/ML	Prix TTC DA/ML	Ø	Diam. Ext	EP. mm	Prix H.T DA/ML	Prix TTC DA/ML
01	Ø20	2,3	32,18	37,68	P35L3101	Ø20	2,3	38,01	44,47
03	Ø25	2,8	50,86	59,49	P35L3102	Ø25	3,0	62,29	72,38
06	Ø32	3,6	78,51	91,88	P35L3103	Ø32	3,6	82,22	96,20
11	Ø40	4,5	120,85	141,61	P35L3104	Ø40	4,5	128,15	149,84
14	Ø50	5,6	188,28	220,29	P35L3105	Ø50	5,6	200,7	234,82
17	Ø63	7,1	297,95	348,60	P35L3106	Ø63	7,1	338,73	398,21
18	Ø75	8,4	407,8	477,13	P35L3107	Ø75	8,4	447,35	523,40
19	Ø90	9,2	510,71	597,63	P35L3108	Ø90	10,1	627,09	733,70
27	Ø118	10,9	767,12	885,91	P35L3109	Ø110	12,3	948,86	1 110,17
9	Ø125	11,4	967,90	1 122,44	P35L3110	Ø125	14,0	1 202,75	1 407,22
2	Ø160	14,6	1 660,00	1 828,20	P35L3111	Ø160	17,9	1 947,69	2 273,68
4	Ø200	18,2	2 472,00	2 892,24	P35L3112	Ø200	22,4	3 121,70	3 652,39
6	Ø250	22,7	3 818,00	4 483,66	P35L3113	Ø250	27,9	4 848,33	5 679,21
8	Ø315	28,6	6 860,00	8 044,60	P35L3114	Ø315	35,2	7 695,88	8 975,48
1	Ø400	36,3	9 320,00	10 904,40	P35L3115	Ø400	44,7	12 510,03	14 588,74
1	Ø500	45,4	14 911,00	17 445,87	P35L3116	Ø500	55,8	19 083,81	22 394,66
1	Ø630	57,2	23 123,50	27 064,50		Ø630			

Longueur de Tubes : du 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 au 630 mm sont des tubes de 12 ML.

SARL K - PLAST  
Transformation de Plastiques



## Annexe 5



