



## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

**Option: IRRIGATION ET DRAINAGE**

**THEME :**

**DIMENSIONNEMENT DU RESEAU D'IRIIGATION DU  
PERIMETRE DE BENI SLIMANE (SECTEUR 2),  
611,29 HA, A PERTIR DU BARRAGE DE BENI SLIMANE  
(W. MEDEA)**

**Présenté par :**

**AZZOUNE MERIEM**

**Devant les membres du jury**

<b>Nom et Prénoms</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
Mr. DJELLAB Mohamed	Professeur	Président
Mr. BENKACI ALI Tarek	M.C.B	Examineur
Mme. SAIL Nadira	M.A.A	Examineur
Mme. AZIEZ Ouahiba	M.A.A	Promoteur

**Session 2020/2021**

## **Remerciement**

*En préambule, je remercie ALLAH qui m'aide et m'a donné la patience et le courage durant ces longues années d'études.*

*Je m'adresse mes sincères remerciements à mon encadrante Mme. AZEIZ. Ouahiba, à qui j'exprime toute ma reconnaissance, de m'avoir encadré et encouragé tout le long de mon travail. Merci pour sa bonne volonté, sa patience et ses précieux conseils ainsi que pour la pertinence de ces remarques.*

*J'exprime aussi mes vifs remerciements aux membres du jury, pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre mémoire en acceptant d'examiner mon travail et de l'enrichir par leurs remarques.*

*Je ne serais jamais assez reconnaissant à la lumière de ma vie, mes parents, qui par leurs prières et leurs encouragements, j'ai pu surmonter tous les obstacles.*

*Je voudrais exprimer ma reconnaissance envers les amis et collègues qui m'ont apporté leur soutien moral et intellectuel.*

*Pour conclure, je souhaite adresser mes remerciements à tout l'ensemble des professeurs de l'école ENSH, pour m'avoir transmis leur savoir et leur passion tout au long de mes années de formation, aussi tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail.*

## *Dédicaces*

*A L'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail à ceux qui, quels que soit les termes embrassés, je n'arriverais jamais à leur mon amour sincères.*

*A l'homme, mon précieux offre du dieu, qui doit ma vie, ma réussite et tout mon respect : mon cher père Redha .*

*A la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non à mes exigences et qui n'épargne aucun effort pour me rendre heureuse : mon adorable mère Mina.*

*A ma chère sœur et mon cher frère qui n'ont pas cessé de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études .Que dieu les protège et leurs offre la chance et le bonheur.*

*A mes grands-parents, et toute ma famille, que dieu leurs donne une longue et joyeuse vie.*

*A tous mes amis que j'ai connu jusqu'à maintenant.*

*Merci pour leurs amours et leurs encouragements.*

## ملخص

يتمثل الهدف من إعداد مذكرة نهاية الدراسة هذه في انجاز شبكة سقي للقطاع الثاني من محيط بني سليمان ، الذي يقع على مستوى ولاية المدية الذي يمتد على مساحة 611 هكتار، سيتم سقي هذا المحيط من سد بني سليمان .

تعتمد هذه الدراسة على تحليل الخصائص المناخية والبيولوجية والمائية للمنطقة من أجل تقدير الاحتياجات المائية للمحاصيل وإنشاء شبكة سقي مناسبة . لقد اخترنا طريقتي السقي بالرش السقي بالتنقيط بغرض زيادة المحصول الزراعي و تسيير أفضل للموارد المائية.

**الكلمات المفتاحية :** السقي، الاحتياجات المائية، الرش، التنقيط.

## Résumé :

L'objectif de ce présent mémoire est la projection d'un réseau d'irrigation du secteur 2 de la plaine de Beni Slimane qui se situe au niveau de la wilaya de MEDEA, qui s'étend sur une superficie de 611 ha, ce périmètre sera alimenté par le Barrage de béni Slimane. Cette étude est basée sur l'analyse des caractéristique climatiques, pédologique et hydrique de la zone afin d'aboutir à estimer les besoins en eaux des cultures et réalisé un réseau d'irrigation adéquat. Nous avons opté pour l'irrigation par aspersion et le système goutte à goutte dans le but d'augmenter le rendement agricole et avoir une meilleure gestion des ressources en eaux.

**Mots clés :** Irrigation, besoins en eaux, aspersion, goutte à goutte.

## Abstract:

The objective of this thesis is the projection of an irrigation network of the sector 2 of the plain of Beni Slimane which is located in MEDEA, which extends on a surface of 611 ha. This perimeter will be supplied by the Dam of Beni Slimane. This study is based on the analysis of the climatic, pedological and hydric characteristics of the area in order to estimate the water needs of the crops and to realize an adequate irrigation network. We opted for sprinkler irrigation and drip system in order to increase the agricultural yield and have a better management of water resources.

**Key words:** Irrigation, water requirements, sprinkler, drip.

## Table de matières

Introduction générales .....	1
------------------------------	---

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

I.1. Introduction.....	2
I.2.Présentation de la zone d'étude.....	2
I.2.1 situation géographique de la commune de Beni Slimane.....	2
I.1.2. Situation géographique du périmètre de Beni Slimane .....	3
I.3.Les Caractéristiques de la région.....	4
I.3.1. Le Relief.....	4
I.3.2. Aperçu hydrographique.....	5
I.3.3. Géomorphologie .....	6
I.3.4. Aperçu géologique .....	7
I.3.5. Aperçu hydrogéologique.....	8
I.3.6. Morpho Pédologie.....	9
I.3.7.Etude Socio-économique .....	10
I.3.8. Agriculture .....	12
I.4.Conclusion .....	13

### Chapitre II : Synthèse climatique

II.1. Introduction.....	14
II.2. Caractéristiques hydro climatiques .....	14
II.2.1. Les pluies mensuelles .....	14
II.2.2. La température.....	15
II.2.3. L'humidité relative.....	16
II.2.4. Les vents.....	17
II.2.5. Le sirocco.....	18
II.2.6. La gelée.....	19
II.2.7. L'Evapotranspiration.....	20

II.3. Indices Agro-météorologiques.....	21
II.3.1. Indice d'aridité de MARTONE.....	21
II.3.2. Quotient pluviométrique d'Emberger.....	22
II.3.3. Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN.....	24
II.4. Synthèse climatique.....	24
II.5. Hydrologie.....	25
II.5.1. Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique.....	26
II.5.2. Ajustement de la série pluviométrique.....	28
II.5.3. Test de validité d'un ajustement.....	29
II.5.4. Détermination de l'année de calcul.....	30
II.6. Conclusion.....	30

### **Chapitre III : Ressources en sol et en eau**

III.1. Introduction .....	33
III.2. Ressources en sol .....	33
III.2.1. Classification des sols du périmètre.....	33
III.2.2. Zones homogènes de mise en valeur.....	35
III.2.3. Caractéristiques hydrodynamiques.....	38
III.3. Ressources en eau.....	40
III.3.1. Présentation du barrage de Beni Slimane.....	40
III.3.2. Estimation des apports du bassin de l'oued Mellah.....	41
III.3.3. Estimation des apports au Barrage.....	42
III.3.4. Analyse d'eau d'irrigation.....	43
III.4. Conclusion.....	47

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

IV.1. Introduction .....	49
IV.2. Occupation du sol .....	49
IV.2.1. Les cultures proposées.....	49
IV.2.2. Cycle végétatif des cultures.....	50
IV.3. Calcul des Besoins en eau.....	50
IV.3.1. L'évapotranspiration.....	51
IV.3.2. La réserve facilement utilisable .....	54
IV.3.3. La pluie efficace.....	54
IV.3.4. Estimation des besoins en eau d'irrigation des cultures.....	57
IV.3.5. Calcul du débit spécifique.....	64
IV.3.6. Calcul du débit caractéristique.....	65
IV.3.7. Estimation des volumes d'eau d'irrigation.....	65
IV.4. Conclusion .....	66

## **Chapitre V : Etude du réseau d'adduction et de distribution**

V.1. Introduction.....	67
V.2. Délimitation du périmètre.....	67
V.3. Alimentation en eau du périmètre.....	69
V.4. Organisation et structure du périmètre.....	69
V.4.1. Ilots et borne d'irrigation.....	69
V.5. Schéma d'aménagement Hydro agricole .....	79
V.6. Dimensionnement du Bassin de régulation.....	79
V.7. Etude du système d'adduction-distribution.....	80
V.7.1. Tracé du réseau de distribution.....	80
V.7.2. Choix du matériau des conduites.....	80
V.7.3. Dimensionnement hydraulique des canalisations.....	82

V.8. Conclusion .....	89
-----------------------	----

## **Chapitre VI : Choix du système d'irrigation**

VI.1. Introduction .....	90
VI.2. Les techniques d'irrigation.....	90
VI.2.1. Irrigation gravitaire.....	90
VI.2.2. Irrigation par aspersion.....	92
VI.2.3. La micro-irrigation.....	95
VI.3. Critères de choix des techniques d'irrigation.....	96
VI.4. Conclusion.....	97

## **Chapitre VII : Dimensionnement de la parcelle**

VII.1. Introduction.....	98
VII.2. Dimensionnement du réseau d'irrigation par aspersion.....	98
VII.2.1. Données générales .....	98
VII.2.2. Calcul de la dose pratique.....	98
VII.2.3. Calcul de la dose l'ajutage.....	99
VII.2.4. Calcul de la portée du jet.....	99
VII.2.5. Ecartement entre les rampes et les arroseurs.....	99
VII.2.6. Paramètres d'arrosage.....	101
VII.2.7. Calcul du débit d'équipement.....	102
VII.2.8. Calcul hydraulique.....	104
VII.2.9. Nombre de rampes.....	104
VII.2.10. Dimensionnement de la rampe.....	105
VII.2.11. Dimensionnement de la porte rampe.....	106
VII.3. Dimensionnement d'un réseau d'irrigation goutte à goutte.....	109
VII.3.1. Données générales.....	109
VII.3.2. Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée.....	109

VII.3.3. Calculs hydrauliques.....	113
VII.3.4. Dimensionnement des canalisations du réseau.....	113
VII.4. Conclusion.....	119

### **Chapitre VIII : Analyse technico-économique**

VIII.1. Introduction.....	119
VIII.2. Travaux à entreprendre.....	119
VIII.2.1. Exécution des tranchées.....	119
VIII.2.2. Pose du lit de sable.....	119
VIII.2.3. Pose des conduites.....	119
VIII.2.4. Assemblage des conduites en PEHD.....	120
VIII.2.5. Epreuve de joint et de la canalisation.....	120
VIII.2.6. Remblayage des tranchées.....	121
VIII.2.7. Nivellement et compactage.....	121
VIII.2.8. Contrôle du compactage des tranchées.....	121
VIII.3. Choix des engins du chantier.....	121
VIII.4. Estimation du cout du projet.....	123
VIII.4.1 Estimation des installations de chantier, Base vie et fournitures.....	123
VIII.4.2 Calcul des volumes des terrassements.....	124
VIII.4.3 Canalisation et raccordement.....	129
VIII.4.4. Total des équipements hydrotechniques.....	130
VIII.4.6 la station de pompage.....	130
VIII.4.7. Estimation Des équipements interne des parcelles P62 et P 136.....	131
VIII.4.8. Estimation du coût total.....	131
VIII.5. Chronogramme d'exécution du projet.....	132
VIII.6. Conclusion.....	134
Conclusion générales .....	135

## Liste des figures

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

<b>Figure I.1 :</b> localisation géographique de la commune de Beni Slimane dans la wilaya de MEDEA .....	2
<b>Figure I.2 :</b> situation géographique de la zone d'étude en 2021 .....	3
<b>Figure I.3 :</b> modèle numérique de terrain.....	4
<b>Figure I.4 :</b> Réseau hydrographique de la région d'étude (échelle 1/25 000) : NJ-31-IV-72 OUEST.....	5
<b>Figure I.5 :</b> Extrait de la carte géomorphologique de la plaine de Béni Slimane (échelle 1/50 000).....	6
<b>Figure I.6 :</b> Extrait de la carte des ressources souterraines du centre de l'Algérie.....	8
<b>Figure I.7 :</b> Pédologie géomorphologie la plaine de Béni Slimane (échelle 1/50000).....	9
<b>Figure I.8 :</b> Pyramide des âges de la wilaya de Médéa.....	11

### Chapitre II : Bilan hydrique

<b>Figure II.1 :</b> Variation des pluies moyennes mensuelles.....	15
<b>Figure II.2 :</b> Répartition des températures moyennes interannuelles.....	16
<b>Figure II.3 :</b> Variation de l'humidité relative mensuelle.....	17
<b>Figure II. 4 :</b> Variation mensuelle de la vitesse des vents.....	18
<b>Figure II.5 :</b> Nombre de jours moyens de sirocco à la station de Beni Slimane.....	19
<b>Figure II.6 :</b> Variation du nombre des jours moyen de la gelée sur 20 ans.....	20
<b>Figure II.7:</b> Variation mensuelle l'évapotranspiration.....	21
<b>Figure II.8 :</b> Diagramme bioclimatique d'EMBERGER.....	23
<b>Figure II.9 :</b> Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN.....	24
<b>Figure II.10 :</b> Graphique de l'ajustement à la loi normale station de Beni Slimane .....	28

### Chapitre III : Ressources en eau et en sol

<b>Figure III.1</b> : Répartition de la superficie entre les classes de sols.....	33
<b>Figure III.2</b> : Répartition des zones homogènes.....	36
<b>Figure III.3</b> : Répartition de la superficie entre la classe des sols irrigables et non irrigables..	36
<b>Figure III.4</b> : carte des zones homogènes (échelle 1/25 000).....	37
<b>Figure III.5</b> : La répartition de la perméabilité par la superficie.....	38
<b>Figure III.6</b> : Superficie concernée par la conductivité hydraulique.....	39
<b>Figure III.8</b> : abaque de Riverside.....	46

### **Chapitre V : Etude du réseau d'adduction et de distribution**

<b>Figure V.1</b> : Plan des trois secteurs d'irrigation (échelle1/25000).....	68
<b>Figure V.2</b> : Caractéristiques de la pompe choisie .....	87

### **Chapitre VI : Choix du système d'irrigation**

<b>Figure VI.1</b> : Irrigation gravitaire .....	91
<b>Figure VI.2</b> : système d'aspersion semi-fixe.....	92
<b>Figure VI.3</b> : Système d'aspersion fixe (couverture totale) .....	93
<b>Figure VI.4</b> : Canon d'irrigation.....	93
<b>Figure VI.5</b> : Irrigation par pivot.....	94
<b>Figure VI.6</b> : Irrigation par avancement frontal.....	94
<b>Figure VI.7.</b> : Système d'irrigation goutte à goutte.....	95

## Liste des Tableaux

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

<b>Tableau I.1</b> : recensement de la population de Médéa en tranches d'âge et par sexe.....	10
---	----

### Chapitre II : Bilan hydrique

<b>Tableau II. 1</b> : Caractéristiques de la station météorologique.....	14
<b>Tableau II.2</b> : Pluies moyennes mensuelles à la station de Beni Slimane (1990-2019) .....	14
<b>Tableau II.3</b> : Les températures moyennes interannuelles à la station de Beni Slimane.....	15
<b>Tableau II.4</b> : L'humidité moyenne mensuelle .....	16
<b>Tableau II.5</b> : Moyennes mensuelles de la force des vents (m/s) .....	17
<b>Tableau II.6</b> : Nombre de jours moyens de sirocco à la station de Beni Slimane .....	18
<b>Tableau II.7</b> : Nombre de jours moyen de la gelée sur 20 ans .....	19
<b>Tableau II.8</b> : Les valeurs de l'évapotranspiration moyenne mensuelles.....	20
<b>Tableau II.9</b> : Précipitations mensuelles de la station de Beni Slimane sur 29ans (ANRH Blida) .....	25
<b>Tableau II.10</b> : Test d'homogénéité de Wilcoxon pour la station de Beni Slimane .....	27
<b>Tableau II.11</b> : résultats de l'ajustement à la loi de Gauss .....	29
<b>Tableau II.12</b> : statistiques de base .....	29
<b>Tableau II.13</b> : Test de validité de l'ajustement .....	29
<b>Tableau II.14</b> : pluviométrie moyenne mensuelle de l'année de calcul .....	30

### Chapitre III : Ressources en eau et en sol

<b>Tableau III.1</b> : classification du Sol.....	34
<b>Tableau III.2</b> : Les conductivités électriques .....	39
<b>Tableau III.3</b> : Caractéristiques hydrologiques du bassin de barrage.....	40
<b>Tableau III.4</b> : caractéristiques techniques du barrage de Beni Slimane .....	41
<b>Tableau III.5</b> : Station hydrométrique de Beni Slimane .....	42
<b>Tableau III.6</b> : Apports du bassin de l'oued Mellah .....	42

<b>Tableau III.7 :</b> Apports au Barrage de Beni Slimane.....	43
<b>Tableau II.8 :</b> les valeurs moyennes mensuelles du SAR .....	44
<b>Tableau III.9 :</b> Classification des eaux en fonction du SAR.....	44
<b>Tableau III.10 :</b> la conductivité électrique moyenne mensuelle à la station de Beni Slimane sur la période (1984-1989).....	45
<b>Tableau III .11 :</b> Classification des eaux en fonction de CE.....	45

#### **Chapitre IV : besoins en eaux des cultures**

<b>Tableau VI.1 :</b> scénarios d'occupation du sol par l'ensemble de l'exploitation du périmètre.....	49
<b>Tableau IV.2 :</b> occupation du sol en fonction des cultures.....	50
<b>Tableau IV.3 :</b> cycle végétatif des cultures .....	50
<b>Tableau IV.4 :</b> Evapotranspiration potentielle de référence calculé .....	53
<b>Tableau IV.5 :</b> pluies efficaces mensuelles .....	55
<b>Tableau IV.6 :</b> Volumes de lessivage des cultures .....	56
<b>Tableau IV.7 :</b> calcul des besoins en eau du Blé dur .....	57
<b>Tableau IV.8 :</b> calcul des besoins en eau d'orge grain .....	58
<b>Tableau IV.9 :</b> Calcul des besoins en eau du blé tendre .....	58
<b>Tableau IV.10 :</b> Calcul des besoins en eau du Maïs fourrager .....	59
<b>Tableau IV.11 :</b> Calcul des besoins en eau d'avoine .....	59
<b>Tableau IV.12 :</b> Calcul des besoins en eau du Sorgho.....	60
<b>Tableau IV.13 :</b> Calcul des besoins en eau du Melon .....	60
<b>Tableau IV.14 :</b> Calcul des besoins en eau du piment.....	61
<b>Tableau IV.15:</b> Calcul des besoins en eau des Petit Pois.....	61
<b>Tableau IV.16 :</b> Calcul des besoins en eau du Carotte .....	62
<b>Tableau IV.17 :</b> Calcul des besoins en eau du Prunier .....	62
<b>Tableau IV.18 :</b> Calcul des besoins en eau d'olivier.....	63
<b>Tableau IV.19 :</b> Récapitulatif des besoins.....	64

<b>Tableau IV.20</b> : débits spécifiques pour chaque mois.....	65
<b>Tableau IV.21</b> : calcul des volumes d'eau d'irrigation.....	66

### **Chapitre V : Etude du réseau d'adduction et de distribution**

<b>Tableau V.1</b> : Superficies et cotes des trois secteurs .....	67
<b>Tableau V.2</b> : Types et diamètres des bornes .....	70
<b>Tableau V.3.</b> Les débits et type de bornes pour chaque ilot .....	71
<b>Tableau V. 4</b> : Calculs hydrauliques du réseau de distribution.....	84
<b>Tableau V.5</b> : caractéristique de la pompe choisie .....	87
<b>Tableau V.6.</b> : Pression atmosphérique en fonction de la côte .....	88
<b>Tableau V.7.</b> Pression de vapeur en fonction de la température.....	88

### **Chapitre VI : Choix du système d'irrigation**

<b>Tableau VI.1</b> : Adaptation des cultures aux techniques d'irrigation.....	96
--	----

### **Chapitre VII : Dimensionnement de la parcelle**

<b>Tableau VII.1</b> : Résultat du calcul pratique d'aspersion.....	108
<b>Tableau VII.2</b> : Récapitulatif des calculs hydrauliques .....	118

### **Chapitre VIII : Analyse Technico économique**

<b>Tableau VIII.1</b> : Les engins utilisés pour la mise en place des conduites et leurs rôles.....	121
<b>Tableau VIII.2</b> : Le cout des installations de chantier .....	123
<b>Tableau VIII.3</b> : Calcul du volume de décapage .....	125
<b>Tableau VIII.4</b> : Calcul du volume du déblai.....	126
<b>Tableau VIII.5</b> : Calcul du volume du lit de sable .....	127
<b>Tableau VIII.6</b> : Calcul du volume du remblai.....	128
<b>Tableau VIII.7</b> : Estimation des volumes et cout des travaux .....	129

<b>Tableau VIII.8 :</b> Cout des canalisations du réseau adduction et distribution .....	129
<b>Tableau VIII.9 :</b> Estimation totale des canalisations et raccordements .....	130
<b>Tableau VIII.10 :</b> Estimation totale des équipements hydrotechniques.....	130
<b>Tableau VIII.11:</b> Devis estimatif pour la station de pompage.....	130
<b>Tableau VIII.12:</b> Estimation Des équipements interne de la parcelle P62 .....	131
<b>Tableau VIII.13:</b> Estimation Des équipements interne de la parcelle P136 .....	131
<b>Tableau VIII.14 :</b> Estimation du coût total.....	131
<b>Tableau VII. 15 :</b> Chronogramme des travaux prévus .....	132

## Introduction Générale

Le secteur agricole c'est le secteur le plus gros consommateur d'eau et l'un des plus gros pollueurs de cette ressource, il constitue une ressource indispensable, sans laquelle aucune production n'est possible. Il importe par conséquent de la gérer et de l'utiliser de manière optimale afin de permettre à cette activité de satisfaire sa mission première qui est nourrir sainement la population en garantissant les autres usages de l'eau et les impératifs sanitaires, tout en respectant les équilibres naturels.

La relation eau et agriculture revêt aujourd'hui une acuité majeure. Dans un contexte marqué à la fois par une pression démographique croissante conjuguée à l'urbanisation consommatrice de terres agricoles et à une forte évolution des pratiques alimentaires dans certaines parties du globe, la gestion de l'eau dans l'agriculture est donc essentielle pour la durabilité d'un secteur agroalimentaire productif.

Ce présent mémoire consiste à réaliser un projet d'aménagement hydro agricole du secteur 2 du périmètre de Beni Slimane a partie du barrage de Beni Slimane , qui a pour but d'augmenter la production agricole vivrière et commerciale de manière à développer un secteur national compétitif en matière de transformation des produits alimentaires pour répondre à la demande nationale et réduire les importations .

Notre étude comprend un dimensionnement du réseau d'irrigation du périmètre de Beni Slimane, le plan de travail sera divisé en trois partie, La première englobe la présentation de la zone, les caractéristiques climatiques, les ressources en sol et en eaux pour aboutir à la fin au calcul des besoins en eaux des cultures, la deuxième comporte le schéma d'aménagement choisie et les techniques d'irrigation adopté pour les parcelles afin d'optimiser les ressources en eau et d'augmenter les rendements des cultures mises en place, et la dernière partie représente l'analyse technico économique qui permet de estimer le coût totale du projet .

---

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

---

## I.1. Introduction :

A travers ce chapitre, nous allons présenter la zone d'étude en se basant sur sa situation géographique, et donner les caractéristiques de la région pour permettre de caractériser la zone.

## I.2. Présentation de la zone d'étude :

### I.2.1 situation géographique de la commune de Beni Slimane :

La commune de Beni Slimane est située dans le tell central algérien dans l'Atlas tellien à l'est et l'Atlas blidéen à l'ouest à environ 98 km au sud d'Alger et à 68 km au sud-est de Médéa et à environ 92 km au sud-ouest de Boumerdes et à 50 km à l'est de Berrouaghia et à 31 km au sud-ouest de Tablat et à 55 km à l'ouest de Bouira.

Les coordonnées du point centre de la commune sont :  $36^{\circ} 13' 37''$  Nord, et la longitude  $3^{\circ} 18' 21''$  Est et d'une superficie de  $92,8 \text{ km}^2$ . Elle est limitée par :

- Commune de Sidi Errabia, au nord.
- Commune de EL Guelb El kebir et Bir Ben Laabed a l'est.
- Commune de Souagui, au sud.
- Commune de Boucrahil et bouskeneà l'ouest.



**Figure I.1 :** localisation géographique de la commune de Beni Slimane dans la willaya de MEDEA (Source : la willaya de MEDEA).

### I.1.2. Situation géographique du périmètre de Beni Slimane :

La zone d'étude englobe la partie Est, Ouest et Sud du chef-lieu de la daïra de Beni Slimane Willaya de Médéa, les coordonnées du point centre du périmètre sont : 36° 13' 29" Nord et 3 19' 16" Est et d'une superficie de 2 544 ha, elle est délimitée par :

- A l'Est par une piste reliant Kheddachet à la route nationale, traversant l'oued en passant entre le cimetière et le douar Meharzia ;
- A l'Ouest par le point topographique 616 à El M'tahib jusqu'à la route menant de Sidi Slimane à Bouskène;
- Au Nord par la route Nationale
- Au Sud par la piste reliant respectivement : Tagmount – Sidi Mohamed- Rouaïhia- Goum sidi Lakhdar- Sidi AEK Slam.



**Figure I.2 :** situation géographique de la zone d'étude, date de prise (22/06/2021) (source : Google earth).

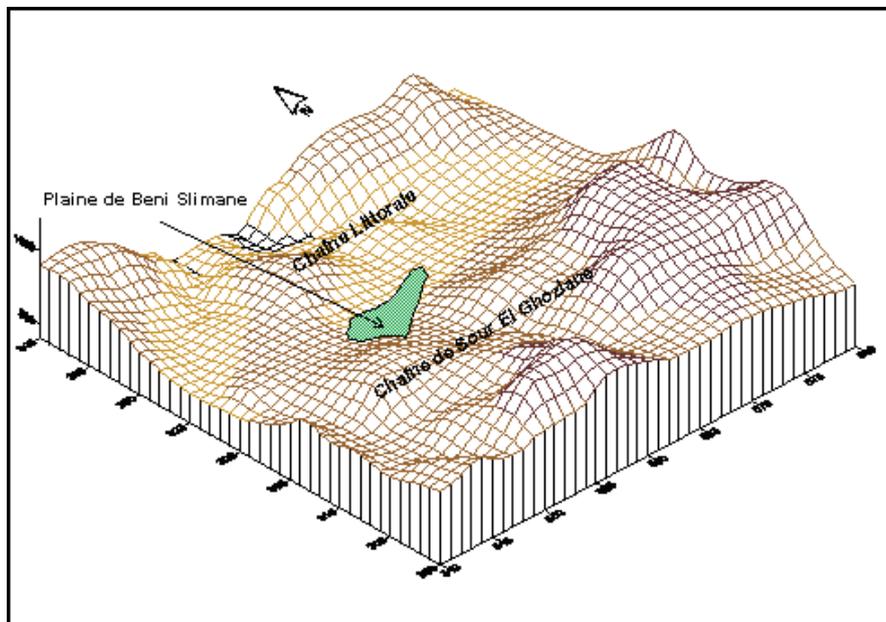
### I.3. Les Caractéristiques de la région :

#### I.3.1. Le Relief :

La région de Beni Slimane est localisée dans la partie amont du bassin de l'oued Isser, elle se situe dans l'anticlinal des Arib, partie intégrante du vaste anticlinorium des Bibans qui s'étend sur 150 Km et formant l'alignement des montagnes qui se succèdent de Sétif à Berouaghia. La plaine de Beni Slimane et celle des Arib sont considérées comme le prolongement occidental de la dépression de la Soummam.

La plaine de Beni Slimane est limitée au Nord par la chaîne littorale et au sud par la chaîne de Sour El Ghozlane.

Les altitudes moyennes varient de 550 à 700 m.



**Figure I.3 :** modèle numérique de terrain (Source : ONID BLIDA).

### I.3.2. Aperçu hydrographique :

Le périmètre étudié fait partie du bassin hydrographique de Isser , il est drainé par plusieurs oueds dont le plus important est l'oued Benloulou dont le débit est variable suivant les saisons, son écoulement est presque permanent avec un faible débit.

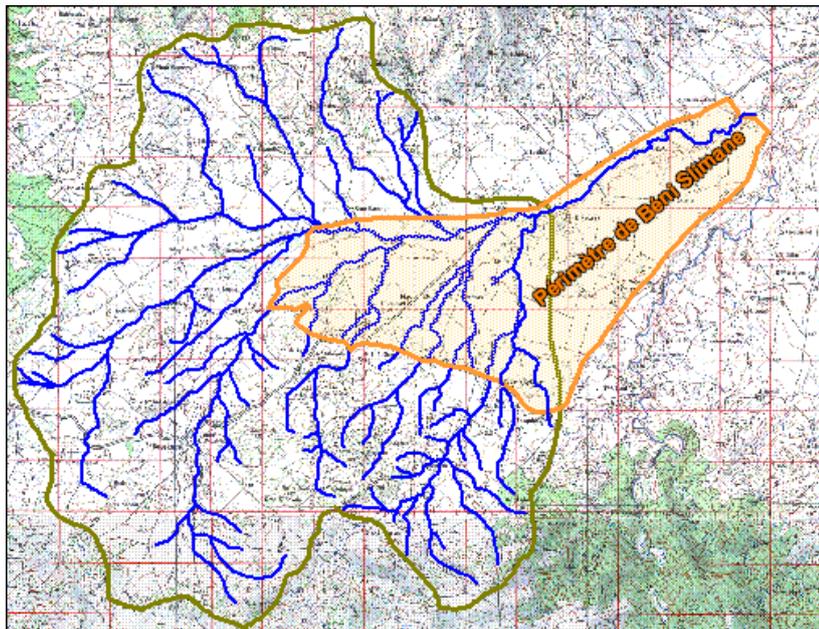
Cet oued qui court le long de la zone d'étude dans sa partie Nord, est alimenté en période pluvieuse par les écoulements de plusieurs chaâbets, dont les plus importantes sont celles de Matreg et Meharzia qui descendent des hauteurs de la limite Nord du périmètre d'étude et ceux de Loualouia, Snoubria, Faid el Akehal, Er-ressane et l'oued Boudra qui traversent le périmètre des versants Sud au Nord et Nord Est.

Ce périmètre est limité Au Sud-Est par l'oued Mellah et au Nord, par un l'effluent de l'oued Mellah qui est l'Oued bennloulou citez auparavant, longe le périmètre d'Est en Ouest. Au sud de Beni Slimane les affluents ; oued Lekehal et oued Bou Draa traversent le périmètre.

Les cours d'eau, peu importants ont une direction Sud-Est.

Les lits des oueds sont profonds et stables, signe de l'arrêt de la sédimentation fluviale.

Les pentes, généralement inclinées vers le Nord, oscillent de 1 à 3 %.



**Figure I.5 :** Réseau hydrographique de la région d'étude (échelle 1/25 000) : NJ-31-IV-72 OUEST, (Source : Institut National de cartographie).

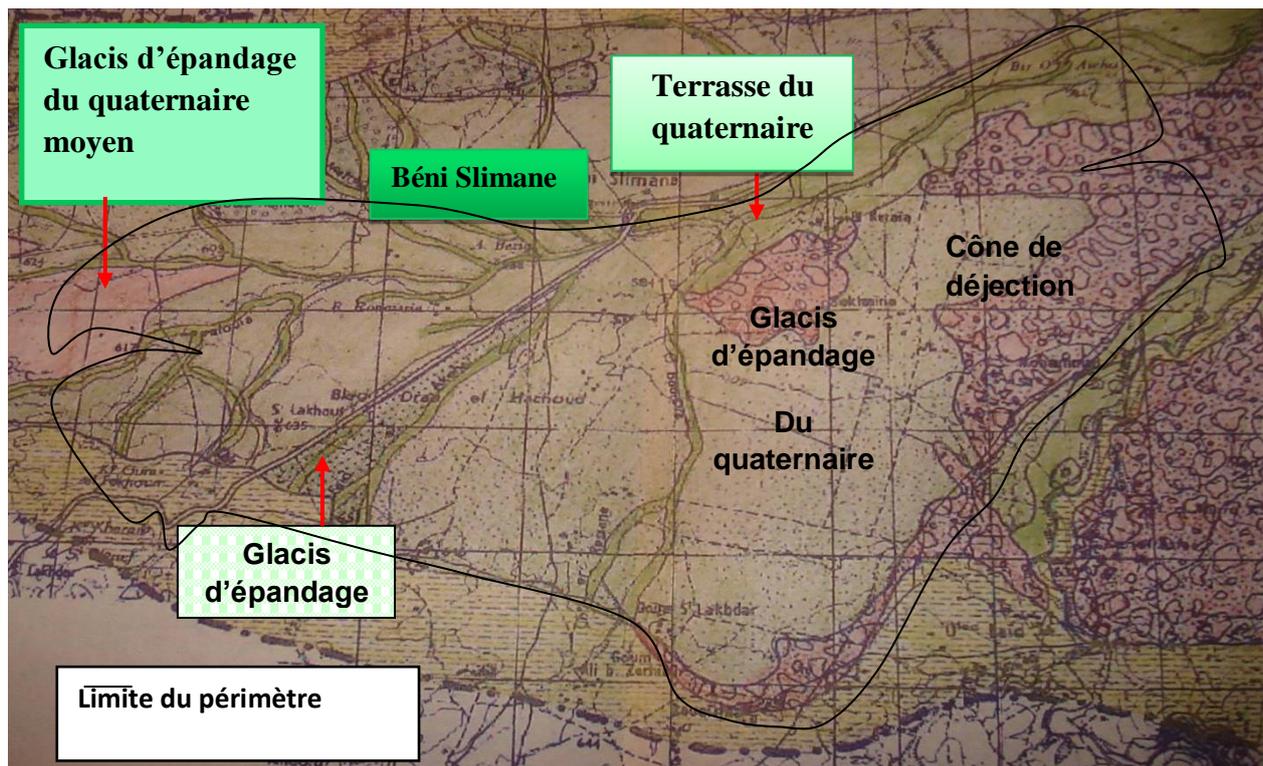
**I.3.3. Géomorphologie :** La géomorphologie du périmètre étudié est constituée du quaternaire ancien moyen et récent, avec formation de glacis, de cône d'épandages et de terrasse.

**I.3.3.1. Cône de déjection :**

- A l'Ouest du périmètre, à la limite Est du périmètre et englobe la localité de Tam gout, Sidi Mohamed, douar Skhairia ;
- A la limite Sud-Ouest de la plaine, au niveau de Koudiat Oum El Fekhoum ;
- Au Sud du chef-lieu de Beni Slimane sur les piémonts de Rouaihia ;

Cette unité est constituée de gros galets de 10 à 50 cm, les sols peu profonds sont de texture Argilo Limoneuse, la matrice est calcaire marneux et de croûte démantelée.

**I.3.3.2. Quaternaire moyen :** Formé par le glacis d'épandage qui se situe à la limite Ouest du Périmètre, formé par l'épandage des eaux de ruissellement, les sols sont de texture fine et sableuse en surface avec de petits cailloux par endroit, croûte friable recouverte par des sols de 15 cm ; ces sols sont situés à gauche de la route qui traverse obliquement le périmètre et va du chef-lieu de la commune de Béni Slimane vers Sidi Lakhdar.



**Figure I.6 :** Extrait de la carte géomorphologique de la plaine de Béni Slimane (échelle 1/50 000), (source : Institut National de cartographie).

**I.3.3.4. Quaternaire récent :** Représentant la partie centrale du périmètre, les sols sont profonds avec présence de croûte calcaire et galets répartis en profondeur et surface.

La texture des sols est argilo limoneuse, faible encroûtement en profondeur avec de rares cailloutis.

Les sols de glaciis d'épandage formés par le quaternaire récent sont très fins, Limoneux, déposé par le ruissellement diffus.

Les sols longent l'oued Benloulou, sur la rive droite et gauche ils sont de couleur brun foncé avec des caractères vertiques.

Les lits des oueds forment la terrasse alluviale du périmètre avec des sols profonds et présence de galets alluviaux et profonds.

#### **I.3.4. Aperçu géologique :**

Du point de vue géologique et structural, la dépression de Beni Slimane correspond à une zone de transition entre les formations de l'atlas de Tablat au Nord et les nappes Sud telliennes au Sud. Les formations du Crétacé largement développées dans les parties nord et centrale de la région de Médéa, Elles sont représentées par une assise puissante comprenant les dépôts du Crétacé inférieur qui sont représentées par des schistes argilo-siliceux, des argilites et des marnes avec les intercalations de grès siliceux, parfois les roches sont gypseuses, et la formation du Crétacé supérieur qui sont représentées par l'alternance des marnes et des calcaires, Les marnes sont compactes et ont une structure péliteomorphe et Les calcaires sont gris foncé, massifs et rubanés, à cassures conchoïdales. On trouve les dépôts du cénozoïque dans sa partie sud.

Les dépôts triasiques forment des structures diapiriques liés aux zones de chevauchement. Ils sont représentés par des roches bariolées argilo-gypseuse, parfois avec de blocs calcaires jurassiques et de dolomies.

Les formations du Paléogène sont représentées par les dépôts de l'Eocène et de l'Oligocène. Ce sont des argiles marneuses, des grès, des conglomérats avec des passés de calcaires organogènes.

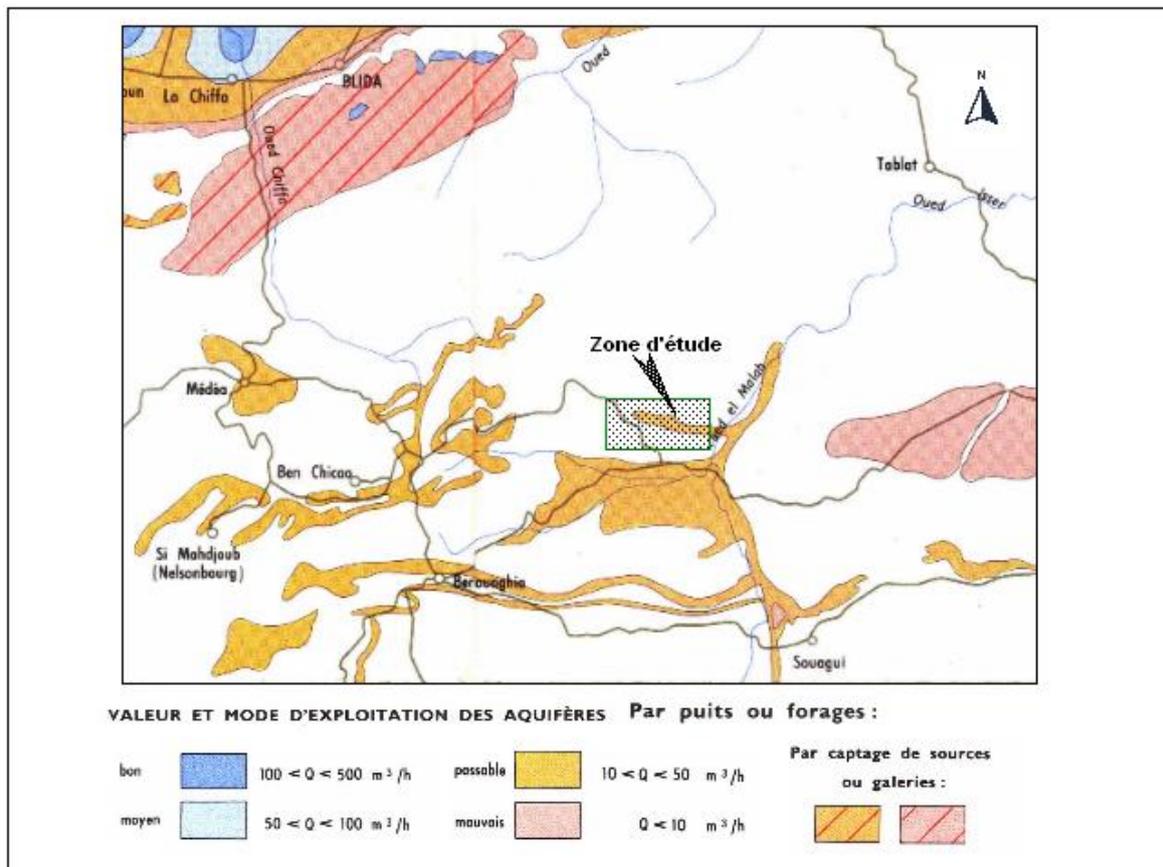
Les dépôts néogènes sont développés sur le territoire de la wilaya et sont représentés par des formations miocènes et pliocènes d'argiles marneuses, calcaires organogènes, grès et conglomérats.

Les dépôts du Quaternaires sont représentés par les formations de pentes : limons, sables, argiles et galets.

### I.3.5. Aperçu hydrogéologique :

Dans la partie de la zone d'étude, la nappe phréatique se trouve au-delà de 14m et n'influe pas sur les sols après un aménagement hydro agricole, dans les parties basses de la terrasse récente où l'irrigation est appliquée à partir de creusement de puits, avec une nappe qui est captive au-delà de 14 m avec des débits faibles.

L'aquifère alluvial est alimenté seulement par son impluvium direct. Les oueds qui traversent la plaine entaillent les alluvions et une partie du substratum barrémo-aptien.



**Figure I.7 :** Extrait de la carte des ressources souterraines du centre de l'Algérie (source : Institut National de cartographie).

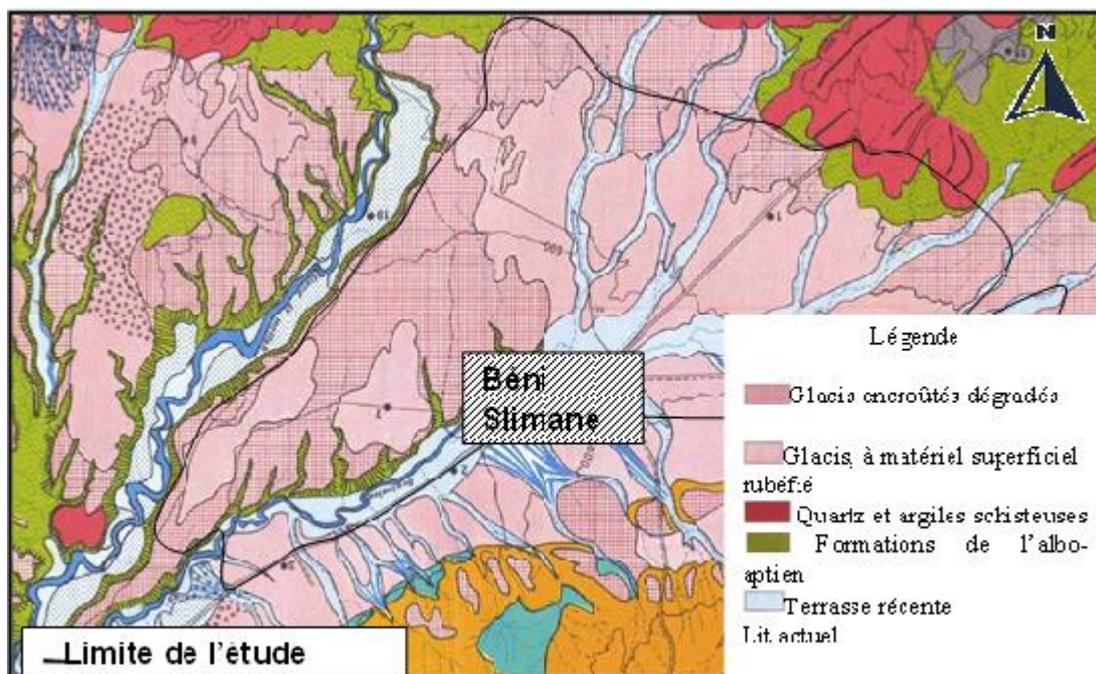
**I.3.6. Morpho Pédologie :** L'étude morpho pédologique réalisée par M. Raunet en 1973 dans le cadre de l'IRAT- SODEC, la description est la suivante :

- **Glacis encroûtés dégradés**, formes héritées et dégradées du quaternaire ancien (salétien, moulouyen) ou glacis émiriens décapés.

Croûte calcaire feuilletée à moins de 50 cm de la surface, passant d'un encroûtement, passant à un encroûtement friable dans l'argile du substratum, le ruissellement en nappe est peu actif.

Sols bruns calcaires ou rendzines anthropiques et nombreux débris de croûte en surface et dans le sol, le calcaire actif est abondant (action anthropique)

Les sols sont peu profonds, très calcaires, caillouteux et sensibles à la sécheresse.



**Figure I.8 :** Pédogéomorphologie la plaine de Béni Slimane (échelle 1/50000).

- **Glacis, à matériel superficiel rubéfié :**  
Glacis de dénudation, formes héritées du quaternaire moyen.  
Croûte ou encroûtement calcaire vers 1 m de profondeur, faible évolution actuelle : légère érosion en nappe.  
Sols isohumiques marron rubéfiés, argilifiées en profondeur, croûte calcaire fréquente vers 1m de profondeur.  
Les sols sont très argileux (80% d'argile) et compact en dessous de 40cm avec absence de calcaire actif.  
Localement, cailloux abondants en surface.
- **Quartz et argiles schisteuses**, avec un modelé : faciès « flysch ». Pentes fortes avec des versants concaves. Modelé de type « pseudo- appalachien » : crêtes de quartzite

plus ou moins parallèles. Le processus actuel est le ruissellement diffus. Les sols constitués par cette unité sont :

- ✓ Les sols fersialitiques bruns à faciès hydromorphes ou vertiques.
  - ✓ Sols colluviaux caillouteux, non calcaires avec croûte de versant discontinue.
  - ✓ Lithosols : sur les bancs de quartzite.
  - ✓ Les pentes souvent fortes
  - ✓ sols caillouteux (surtout en surface)
  - ✓ Les sols sont argileux et souvent vertiques en profondeur ou encroûtés.
- **Formations de l'albo- aptien** : argiles et marnes schisteuses. Modelé : dissection accusée d'une ancienne surface d'aplanissement le modelé de crêtes étroites, sans orientations dominantes avec de faibles dénivellations. Processus actuels : ravinement en « Bad lands » incipients et généralisés, régosols, placages localisés peu épais de sols rouges résiduels.
  - **Terrasse récente** : dépôts rharbiens épais de plusieurs mètres, limons argileux, exceptionnellement inondée. Inondation et dynamique torrentielle. Les sols sont peu évolués d'apport argileux.
  - **Lit actuel** : dépôts actuels, crues pluri annuelles, sols bruts ou peu évolués.

**I.3.7. Etude socio-économique** : La situation sociale et démographique et de la base économique de la région d'étude permet d'apprécier les contraintes de développement dans un projet d'irrigation.

- **La population** :

L'étude de la population humaine de la wilaya de Médéa qui regroupe 64 communes présente une superficie totale de 8740 km<sup>2</sup>.

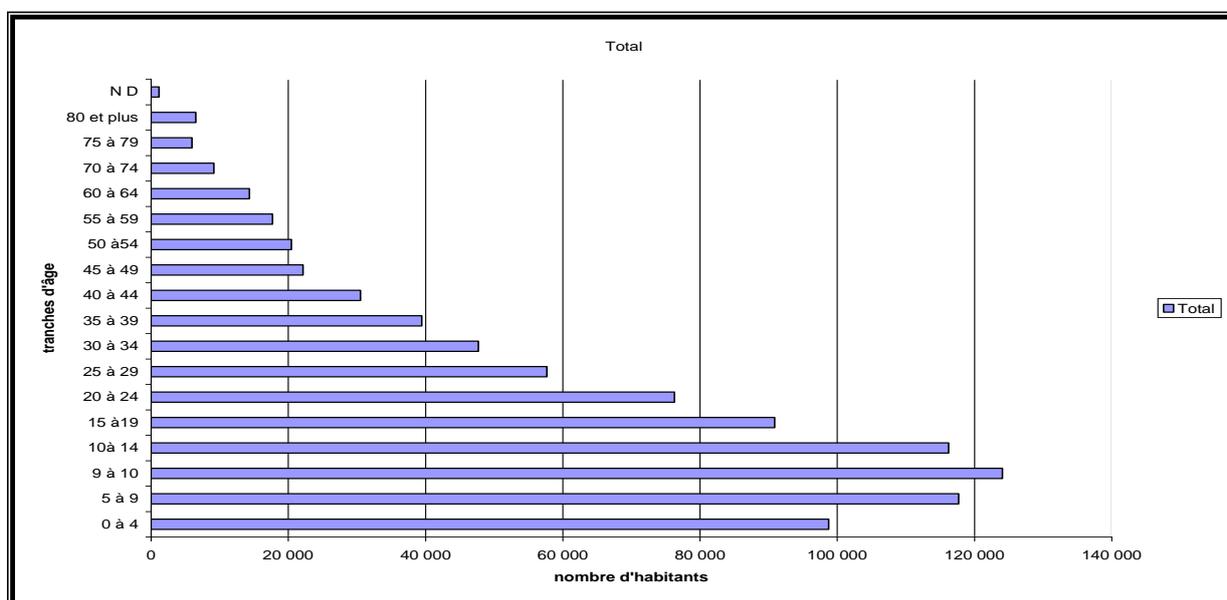
**Tableau I.1 : Recensement de la population de Médéa en tranches d'âge et par sexe**

Tranches d'âge	Féminin	Masculin	Total
0 à 4	48 091	50 678	<b>98 769</b>
5 à 9	57 589	60 116	<b>117 705</b>
9 à 10	60 865	63 215	<b>124 080</b>
10 à 14	56 864	59 376	<b>116 240</b>
15 à 19	44 476	46 423	<b>90 899</b>
20 à 24	37 748	38 522	<b>76 270</b>
25 à 29	28 672	29 028	<b>57 700</b>
30 à 34	23 680	24 022	<b>47 702</b>
35 à 39	19 754	19 713	<b>39 467</b>
40 à 44	14 805	15 734	<b>30 539</b>

45 à 49	10 902	11 262	<b>22 164</b>
50 à 54	9 695	10 761	<b>20 456</b>
55 à 59	8 887	8 834	<b>17 721</b>
60 à 64	6 917	7 433	<b>14 350</b>
70 à 74	4 191	4 956	<b>9 147</b>
75 à 79	2 606	3 356	<b>5 962</b>
80 et plus	2 952	3 564	<b>6 516</b>
N D	764	402	<b>1 166</b>
<b>Total</b>	<b>439 458</b>	<b>457 395</b>	<b>896 853</b>

Source : DPAT de la wilaya de Médéa,2020

On observe que la population de la wilaya de Médéa est jeune. En effet 76% de sa population à moins de 30 ans. Ce potentiel, constitue un atout pour la wilaya pour la multiplication de projets de développement.



**FigureI.9 :** Pyramide des âges de la wilaya de Médéa.

La commune de Beni Slimane a connu une forte évolution démographique durant la période allant de 1977 à 2005. En 28 ans sa population a presque triplé. On enregistre sur cette période un accroissement de la population de 64% soit un taux d'accroissement annuel de la population de 2,28%.

En ce qui concerne la population active et selon la DPAT de Médéa, elle est estimée à 195 465 individus et la population occupée à 154 500, ce qui donne une population sans travail de 40 965 personnes soit un taux de chômage de 20,96%.

**▪ Technostructure environnementale :**

La zone d'étude est à vocation agricole. Il y a peu d'industries sauf une entreprise de menuiserie générale. Il n'existe pas de zones industrielles proprement dite à l'instar d'autres communes de la wilaya de Médéa. Cependant les données de la DPAT indiquent une zone réservée à l'activité industrielle de 15,68 ha avec création de 175 lots mais qui connaît des litiges sur la propriété de ces terres entre les communes, les domaines et les riverains.

Cependant, le développement agricole reste encore insuffisant. Il y a une nécessité d'aménagement pour mieux valoriser les potentialités de la région.

A ce titre, la mobilisation des ressources en eau (favorables) contribuerait au développement du secteur agricole moyennant un aménagement des terres agricoles.

**I.3.8. Agriculture :**

La principale activité agricole, du périmètre étudié de la plaine de Beni Slimane avant l'aménagement est la céréaliculture qui vient en tête avec approximativement un pourcentage de plus de 80 de la S.A.U (superficie agricole utile), les cultures fourragères représentées par l'avoine et les légumineuses (fèves, lentilles, pois chiches) sont peu pratiquées et n'occupent que de petites parcelles peu remarquées à l'Est de la zone, dans les environs de Tagmount .L'arboriculture bien que peu pratiquée, se distingue par des vergers de poiriers, pommiers abricotiers localisés surtout dans la partie Ouest de la zone d'étude, l'arboriculture occupe les sols peu évolués situés le long de la vallée de l'oued Ben loulou, Des vergers d'oliviers, d'amandiers et d'abricotiers sont situés au Sud-Ouest du périmètre sur des sols calcimagnésiques (rendzines) mais leur état est moyen pendant les premières années pour être mauvaise au fur et à mesure que le verger vieillit.

**I.4. Conclusion :**

D'après ce chapitre, nous avons pu délimiter la zone d'étude et connaître les caractéristiques géologique, géomorphologique, hydrographique, hydrogéologique et morpho pédologique de la région de Beni Slimane, Il y a lieu de souligner que la plaine de Beni Slimane est une région agricole par excellence où les cultures irriguées ont une grande place notamment les maraîchères adaptées aux textures fines et très fines.

---

## **Chapitre II : Synthèse climatique**

---

## II.1. Introduction :

Le climat de la région joue un rôle important dans l'exploitation des cultures et à travers l'analyse des conditions climatiques de la zone d'étude, on peut déterminer la quantité d'eau nécessaire dans les phases végétatives, et aboutir à réaliser un bilan hydrique qu'on va discuter dans ce présent chapitre et d'autre part les caractéristiques physiques du sol qui ont aussi un rôle indispensable dans le bilan hydrique qu'on va entamer dans le chapitre qui suit.

## II.2. Caractéristiques hydro climatiques :

Les données météorologiques et climatologiques sont très importantes dans la planification et la gestion des activités de l'homme dont l'une des principales est l'agriculture, ainsi dans un projet d'irrigation il faut prendre compte des facteurs climatique tel que la température, l'humidité, l'insolation, l'évapotranspiration, les précipitations et le régime des vents , ces caractéristiques climatiques ont été observer à partir de la station météorologique de Beni Slimane dans une période entre 1990 et 2019 .

**Tableau II. 1 : Caractéristiques de la station météorologique**

Nom de la station	Code	Cordonnées		Altitude (m)	Période d'observations
Beni Slimane	090302	X (Km)	Y (Km)	600	1990-2019
		557.2	322.65		

### II.2.1. Les pluies mensuelles :

La connaissance des moyennes pluviométriques mensuelles qui tombent dans la région d'étude ainsi que leur répartition temporelle permet de mieux apprécier les besoins en eau d'irrigation.

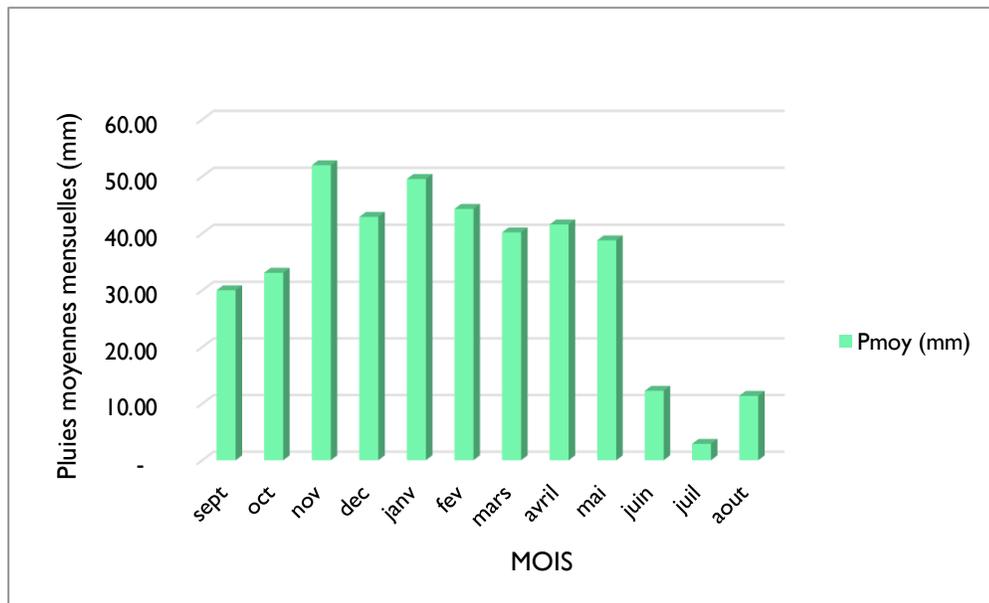
Pour donner un aperçu sur cet aspect, nous avons calculé les pluies moyennes mensuelles à la station de Beni Slimane. Rappelons que les données manquantes ont été comblées par des données de la station de DECHMYA.

**Tableau II.2 : Pluies moyennes mensuelles à la station de Beni Slimane (1990-2019)**

Mois	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
<b>Pmoy (mm)</b>	30	33.07	51.95	42.89	49.54	44.29	40.18	41.56	38.77	12.25	2.88	11.35	398.79
<b>%</b>	8%	8%	13%	11%	12%	11%	10%	10%	10%	3%	1%	3%	100%

Source : ANRH, Blida 2021

D'après les tableaux Ci-dessus, on peut constater que la pluviométrie moyenne dans la plaine de Beni Slimane est de 398.8 mm/an et plus au moins uniforme. Toutefois on remarque que le mois de janvier se distingue avec 12% du total moyen annuel. Les mois de décembre et février enregistrent en moyenne 11% du total annuel, Les pluies d'été sont rares dans la zone d'étude, mais parfois torrentielles.



**Figure II.1 :** Variation des pluies moyennes mensuelles.

### II.2.2. La température :

Nous disposons des températures de l'air mesurées sous abri pour la station météorologique de Beni Slimane sur une période de 29 ans allant de 1990 à 2019.

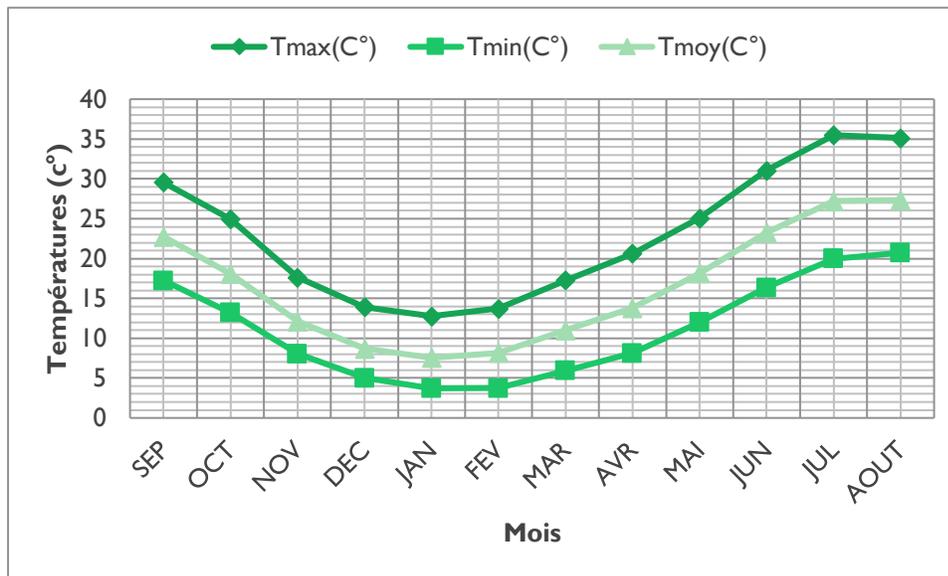
Sur la base de ses données nous donnons les températures moyennes mensuelles ainsi que les températures minimales et maximales moyennes.

**Tableau II.3. :** Les températures moyennes interannuelles à la station de Beni Slimane

Température (C°)	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	Année
Tmax(C°)	29.57	24.94	17.63	13.93	12.78	13.73	17.28	20.64	25.07	31.03	35.48	35.1	23.10
Tmin(C°)	17.22	13.19	8.03	5.02	3.71	3.75	5.93	8.12	11.99	16.35	20	20.72	11.17
Tmoy(C°)	22.74	18.06	12.11	8.69	7.55	8.17	11.02	13.78	18.15	23.25	27.23	27.34	16.51

Source : ONM ,2021

Le tableau II.3 indique que les températures de la région de Béni Slimane varient entre 3,7°C au mois Janvier qui est le mois le plus froid et 8,0 °C au mois de Novembre, la température moyenne des maxima mensuels dépasse 30°C durant les mois de Juin-Juillet et Août qui sont les plus chauds, durant cette période les besoins en eau des cultures sont élevés et nécessitent l'irrigation.



**Figure II.2 :** Répartition des températures moyennes interannuelles

### II.2.3. L'humidité relative :

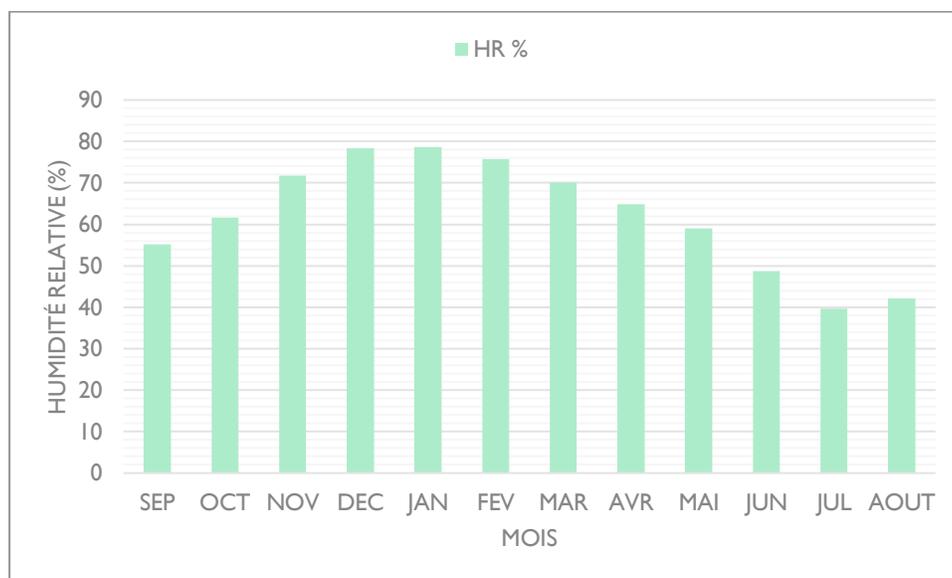
L'humidité relative C'est un facteur qui a une influence directe sur l'évapotranspiration. Elle représente la quantité de vapeur d'eau contenue dans un volume d'air donné par rapport au maximum qu'il pourrait contenir à une température et une pression donnée, elle varie en fonction de la température si elle baisse l'humidité relative augmente et vis vers ça.

La station de Beni Slimane ne dispose pas des données sur l'humidité relative, donc nous avons utilisé des données satellitaires pour données une approximation des valeurs de ce facteur.

**Tableau II.4 :** L'humidité moyenne mensuelle

Mois	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	année
<b>HR %</b>	55.1	61.6	71.8	78.3	78.7	75.7	70	64.9	59	48.8	39.7	42.2	62.1

L'humidité relative dans la région est élevée, elle varie de 61% à 78 % du mois d'Octobre à Avril. Elle se situe entre 59% et 48% de Mai à Septembre. Les mois les plus secs sont Juillet et Août avec respectivement 39.7% et 42.2%.



**Figure II.3 :** Variation de l'humidité relative mensuelle.

#### II.2.4. Les vents :

La connaissance des directions des vents, leur force et de leur fréquence est importante pour la mise en valeur agricole, car elle permet par exemple d'implanter correctement les vergers, et d'orienter les brise – vents.

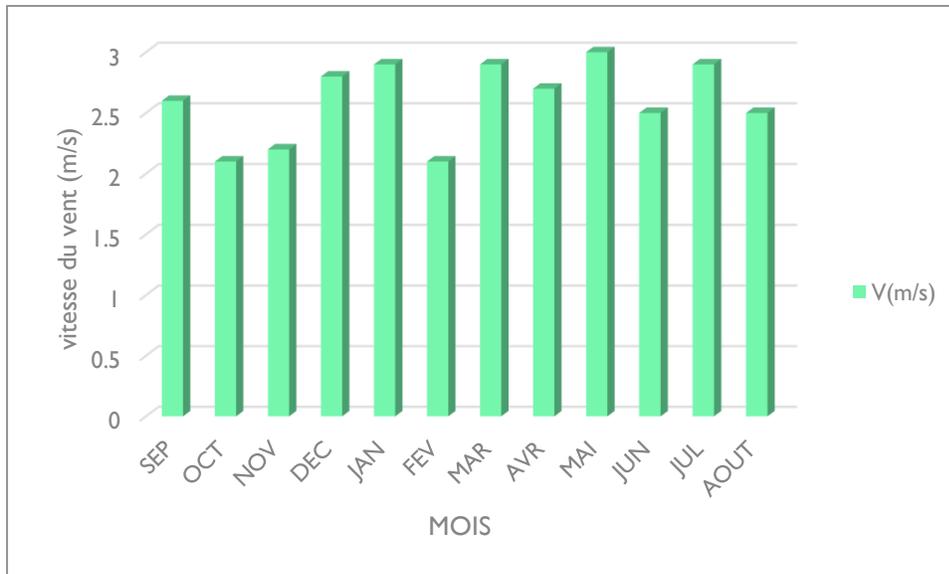
Le tableau ci-dessous montre la vitesse moyenne du vent :

**Tableau II.5 :** Moyennes mensuelles de la force des vents (m/s)

Mois	Sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout
V (m/s)	2.6	2.1	2.2	2.8	2.9	2.1	2.9	2.7	3	2.5	2.9	2.5

Source : Subdivision agricole de Beni Slimane

A La lecture du tableau II.6,on observe que la vitesse du vent minimale est de 2,1 m/s durant l'année, on peut dire que la région à des vents faibles a modéré. Les vents à la station de Beni Slimane ont une direction dominante Ouest.



**Figure II. 4 :** Variation mensuelle de la vitesse des vents.

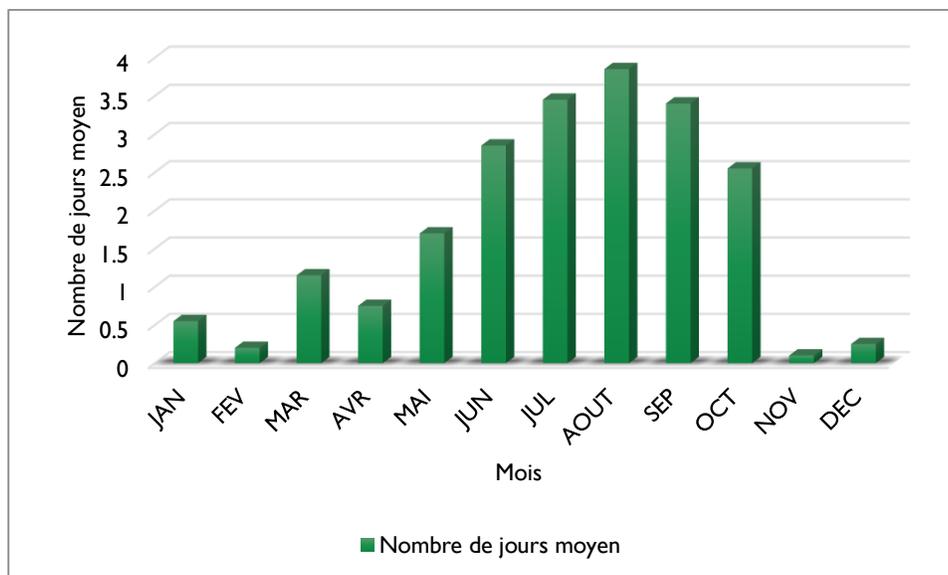
### II.2.5. Le sirocco :

Le sirocco est un vent de sud-est, chaud et sec, venant du Sahara. Le tableau ci-dessous présente le nombre de jours moyens de sirocco à la station de Beni Slimane.

**Tableau II.6. Nombre de jours moyens de sirocco à la station de Beni Slimane**

Mois	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout
<b>Nombre de jours moyens</b>	3,40	2,55	0,10	0,25	0,55	0,20	1,15	0,75	1,70	2,85	3,45	3,85

Source : ONM



**Figure II.5 :** Nombre de jours moyens de sirocco à la station de Beni Slimane.

La figure II.5 montre que les siroccos sont fréquents dans la région. En moyenne, on enregistre de 3 à 4 jours de sirocco durant la période juin – octobre.

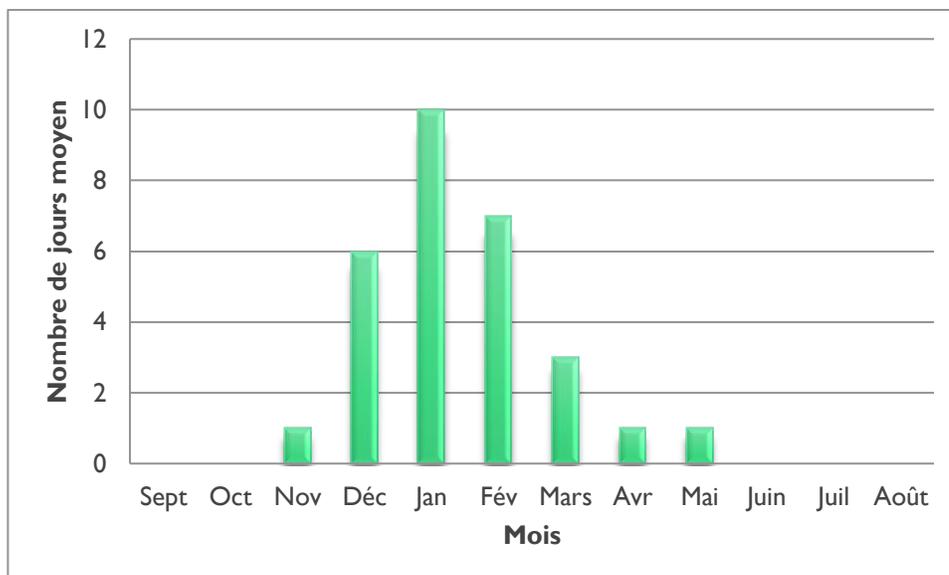
### II.2.6. La gelée :

Ce paramètre est important dans le sens où durant les périodes de gelée l'évapotranspiration de l'eau du sol est nulle. Le tableau II.9 indique le nombre de jours moyen de la gelée sur une période de 20 ans à la station de Beni Slimane.

**Tableau II.8. Nombre de jours moyen de la gelée sur 20 ans**

Mois	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout
<b>Nombre de jours moyens</b>	0	0	1	6	10	7	3	1	1	0	0	0

Source : ONM



**Figure II.7 :** Variation du nombre des jours moyen de la gelée sur 20 ans.

La figure II.7 montre que dans la région de Beni Slimane la gelée est relativement importante durant les mois de décembre, janvier et février. Elle se manifeste plus pendant le mois de janvier avec un nombre moyen de jours de gelée égale à 10.

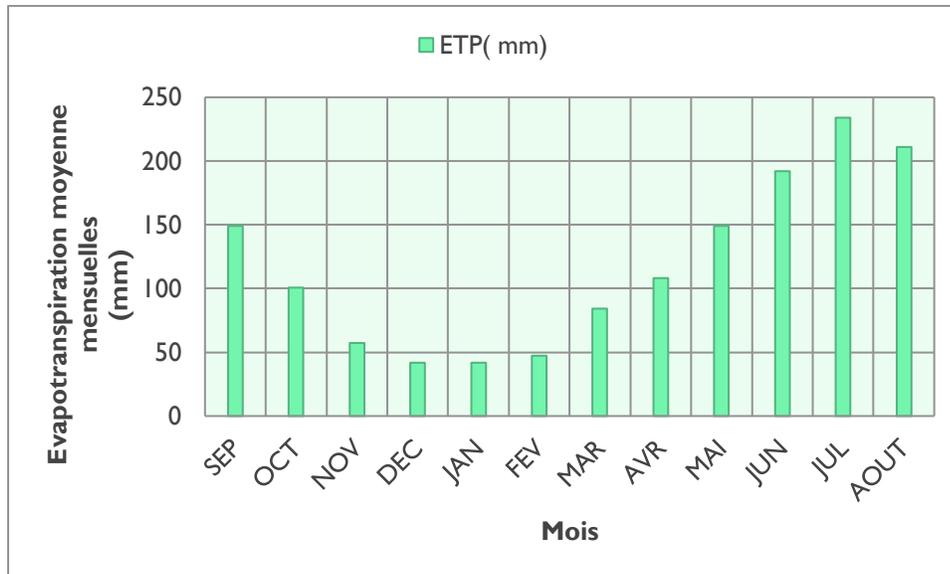
### II.2.7. L'Evapotranspiration :

C'est un élément indispensable aussi bien pour l'agronome pour le calcul des besoins en eau des cultures, qu'à l'hydraulicien ou l'hydrologue, il met en jeu : le sol, le climat et la plante. Il existe plusieurs méthodes de calcul de l'ETP. La formule la plus utilisée en Algérie est celle de Penman. Cette formule donne généralement de bons résultats mais son utilisation nécessite la connaissance de quatre paramètres climatiques (température, vent, Durée d'ensoleillement et tension de vapeur).

Les résultats obtenus du calcul de l'évapotranspiration sont représentés dans le tableau suivant :

**Tableau II.11. Les valeurs de l'évapotranspiration moyenne mensuelles**

Mois	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	année
ETP (mm)	149.2	100.7	57.17	42.06	41.73	47.34	84.23	108.3	149.0	191.8	234.0	211.1	1416.8
	3	3						5	3		2	5	5



**Figure II.9. Variation mensuelle l'évapotranspiration**

De la figure II.9, on remarque que l'évapotranspiration potentielle (ETP) est assez élevée de mai à septembre. Elle atteint son maximum en juillet et son minimum en décembre et janvier.

Ainsi l'évapotranspiration annuelle à la station de Beni Slimane est de **1416,85 mm** représente plus de trois fois la moyenne annuelle des précipitations ce qui implique la nécessité de l'irrigation.

### II.3. Indices Agro-météorologiques :

Les indices climatiques représentent des paramètres qui se calculent à partir des formules en se basant sur les données de la pluviométrie et la température afin de caractériser l'étage bioclimatique en identifiant les saisons sèches dans la région d'étude.

Dans notre étude on se base sur l'indice d'aridité de MARTONE et celui d'EMBERGER.

#### II.3.1. Indice d'aridité de MARTONE :

L'Indice d'aridité de MARTONE est un indicateur utile pour caractériser le phénomène d'aridité, il sert à déterminer la classification du climat en fonction d'un rapport de température sur la pluviométrie annuelle, et permet de se renseigner sur l'indisponibilité de l'irrigation dans la zone.

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

Tel que :

- ✓ **P** : précipitation moyenne annuelle en (mm) ;
- ✓ **T** : température moyenne annuelle en (°C) ;

- ✓ **IA** : indice d'aridité.

**A.N :**

- ✓  $P_{\text{moy}}=398.8$  mm/an
- ✓  $T_{\text{moy}}=16.56$  C°

$$I_A = \frac{398.8}{16.56+10} = 15.015$$

<b><math>I_A = 15.015</math></b>
----------------------------------

En se basant sur  $I_A$ , on peut déterminer le type de climat suivant le tableau ci-dessous :

Valeur de $I_A$	Type de Climat	Irrigation
$I_A < 5$	Désertique	Indispensable
$5 < I_A < 10$	Très Sec	Indispensable
$10 < I_A < 20$	Sec	Souvent Indispensable
$20 < I_A < 30$	Relativement humide	Parfois utile
$I_A > 30$	Humide	Inutile

D'où  $I_A = 15.015$ , le climat de la zone de Beni Slimane est Sec ou l'irrigation est souvent indispensable.

**II.3.2. Quotient pluviométrique d'Emberger :**

Quotient pluviométrique d'Emberger développé par le botaniste Louis Emberger en 1930, puis modifié en 1955 pour définir les cinq différents types de climats méditerranéens, depuis le plus aride, jusqu'à celui de haute montagne, il permet déterminer l'étage bioclimatique de la zone d'étude en utilisant le diagramme bioclimatique d'Emberger et la formule suivante :

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

Tel que :

- ✓ **Q** : quotient pluviométrique d'Emberger ;
- ✓ **M** : Température moyenne maximale du mois le plus chaud en Kelvin ;
- ✓ **m** : Température moyenne minimale du mois le plus froid en Kelvin ;
- ✓ **P** : Précipitation moyenne annuelle (mm).

**A.N:**

$$M = 35.48 + 273 = 308.48\text{K}^\circ$$

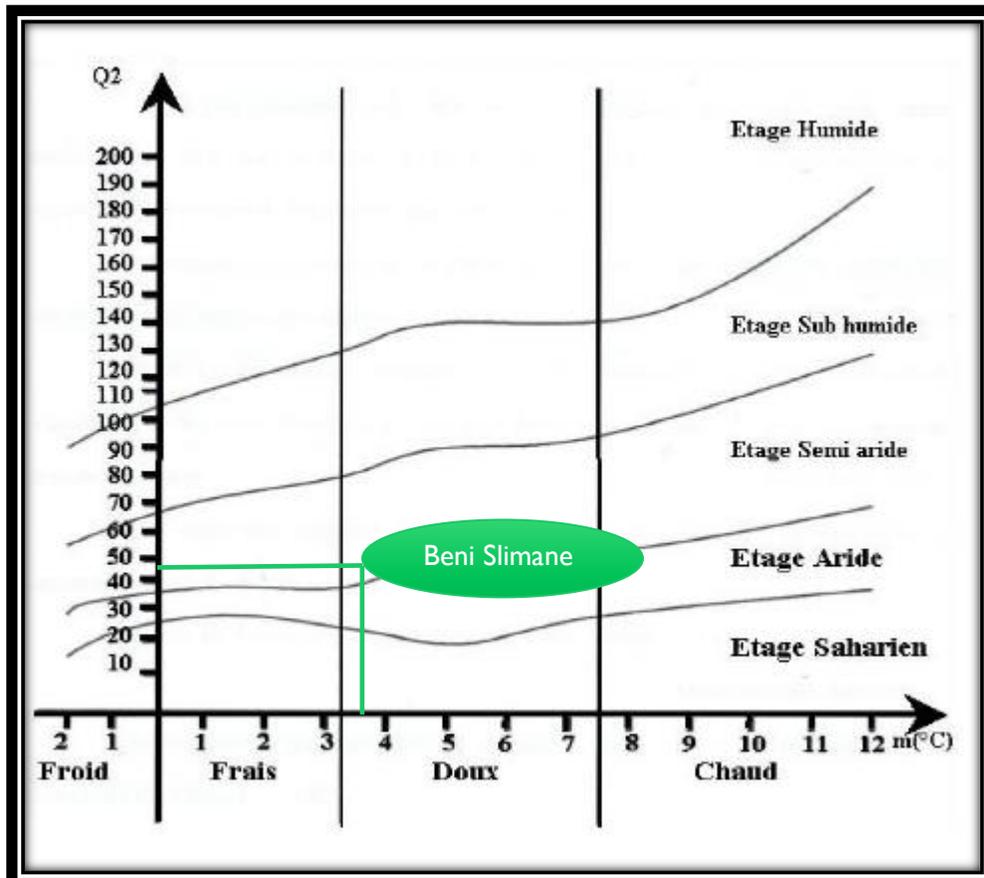
$$m = 3.71 + 273 = 276.71\text{k}^\circ$$

$$Q = \frac{1000}{\frac{(M+m)(M-m)}{2}} = \frac{2000 \cdot 398.8}{(308.48)^2 - (276.71)^2} = 42.901357$$

$$Q = 42.90$$

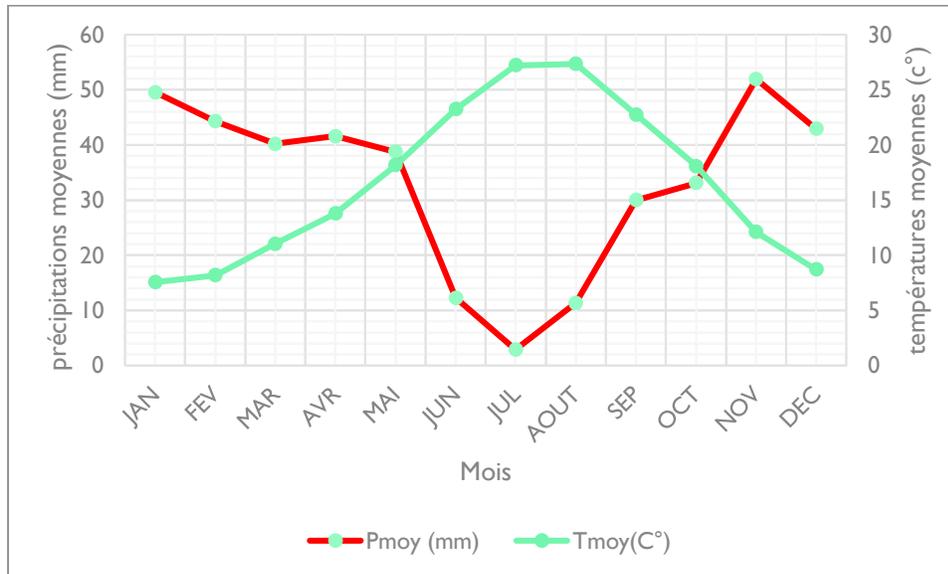
D'après le diagramme bioclimatique d'Emberger représenté dans la figure II.10, en fonction de la température moyenne minimale du mois le plus froid (m) et de la valeur de (Q) on peut déduire l'étage bioclimatique de notre région d'étude.

Le zone de béni Slimane a un climat semi-aride et un hiver doux.



**Figure II. 10 :** Diagramme bioclimatique d'EMBERGER.**II.3.3. Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN :**

Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN est une méthode graphique qui permet de définir les périodes sèche et humide de l'année, où sont portés en abscisses les mois, et en ordonnées les précipitations (**P**) et les températures (**T**), avec  $P=2T$ .

**Figure II.11 :** Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN.

Pour la station de Beni Slimane, le diagramme Ombrothermique de GAUSSEN met en évidence une période sèche allant du mois de mai au mois d'octobre. Ceci montre que le recours à l'irrigation est nécessaire durant cette période.

**II.4. Synthèse climatique :**

L'analyse des données climatiques de la station de Beni Slimane montre que le périmètre étudié présente un climat de type méditerranéen semi-aride, caractérisé par un hiver tempéré et un été sec, chaud, période où le déficit en eau se fait le plus sentir.

La pluviométrie de la région avec une moyenne relevée sur 29 ans est de 398.8 mm/an, sa répartition durant l'année est irrégulière ou plus de la moitié des précipitations annuelles tombent durant le mois de Décembre au mois de Septembre, en été les précipitations sont presque nulles et le recours à l'irrigation des terres s'impose.

Pendant la saison estivale, la température de l'air subit une hausse maximale durant la journée par contre il se produit une diminution minimale des températures, surtout nocturnes.

Les premières gelées, peu craintives apparaissent au mois d'Octobre et varient Novembre au mois de Mai pour disparaître au mois de Juin, Juillet, Août et Septembre.

La neige est enregistrée presque chaque année et est accompagnée par une température basse.

Les effets de la très forte évapotranspiration, ont influées considérablement sur la formation des croutes de la région.

Les précipitations annuelles relevées dans la zone ne permettent que la céréaliculture.

Le vent est omniprésent toute l'année avec une dominance N et N.W c'est un élément actif de l'évapotranspiration.

### II.5.Hydrologie :

L'étude Hydrologique permet d'évaluer les caractéristiques des précipitations ce qui est nécessaire pour le calcul des besoins en eau des cultures.

Notre étude sera basée sur les données climatologiques de la station de Beni slimane Cité auparavant. Les précipitations mensuelles de la station de Beni Slimane sur une durée de 29ans sont representen dans le tableau ci-dessous :

Année	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1990	22	15.3	25.383	48.1	36	65.7	66.3	20	14.8	4.3	3.2	0	321.083
1991	5.5	70.8	6.9	4.8	83	8.7	57.5	61.8	77.4	19.4	21.7	0	417.5
1992	16.1	36	62.7	22.8	16.5	45.3	8.6	38.1	26.146	13.5	0	7.2	292.946
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	24.63	20.52	35.14	76.86	26.52	10.01	14.41	28.24	20.68	6.3	2.1	5.1	270.54
2000	16.344	97.876	37.208	36.2	94.2	28.7	0	40	9.3	4.7	0	5.2	369.728
2001	33	2.2	24.9	14.9	23.8	23.6	9.7	8.4	2	0	15.9	39.6	198
2002	25.4	11.2	75.4	69.5	92.6	67.8	5.5	74	35.6	0.2	0	14.9	472.1
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	51.6	63.2	10.7	8.1	5.741	4.7	0	0	283.241
2005	12.8	52	37.5	51	70.4	72	25.5	46.2	43.8	6.9	0	0	380.6
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	41.8	35.4	37.1	61.7	53.8	20.2	52.7	66.5	27.2	0	0	10	406.4
2009	83	19.3	70	38.726	48.1	80.6	62.7	10.8	44.7	2.5	0	45.4	505.826

<b>2010</b>	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
<b>2011</b>	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>2016</b>	22.8	3.2	22.4	41.9	154.6	6.2	25.1	19.4	25	12.9	0	3.5	337
<b>2017</b>	19.9	12.6	44.8	60.7	24.5	25.4	78.9	96	44.9	50.8	0	56.4	514.9
<b>2018</b>	41.4	68.2	70.1	76.4	86.3	26.4	47	54	18.3	6.2	0	3.1	497.4
<b>2019</b>	111.9	19.7	73.3	30.3	20.3	0	54.5	85.9	58	2.5	0	20.5	476.9

**Tableau II.12 : Précipitations mensuelles de la station de Beni Slimane sur 29ans (ANRH )**

### II.5.1. Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique :

Pour vérifier l'homogénéité de la série pluviométrique on procède le Test de Wilcoxon. Cette méthode est appliquée suivant le processus présenté ci-dessous :

La division de la série pluviométrique complète en deux sous série X et Y avec N1 et N2 représentent respectivement les tailles des deux sous série.

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

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

On calcule les quantités Wy et Wx :

Wy/x représente la somme des rangs de X et c'est celle qui nous intéresse et est égale :

$$W_Y = \sum_{i=1}^N \text{rang } Y = 1 + 3 + \dots + 13 + 17 + \dots + N$$

Et

$$W_X = \sum_{i=1}^N \text{rang } X = 2 + 4 + \dots + 14 + 15 + \dots + N-1$$

L'hypothèse est vérifiée si :  $W_{\min} < W_X < W_{\max}$

$$\text{Tel que: } W_{\min} = \left[ \left( \frac{(N1+N2+1)*N1-1}{2} \right) - 1.96 \sqrt{\frac{N1*N2 (N1+N2+1)}{12}} \right]$$

$$W_{\max} = [(N1+N2+1)*N1 - W_{\min}]$$

Pour notre cas : N1= 10 ; N2=20

A.N :**Tableau II.13: Test d'homogénéité de Wilcoxon pour la station de Beni Slimane**

Rang	Série d'origine	Série Y	Série X	ordre décroissant	Y union X
1	321.0829993	321.083	485.4	554.599997	Y
2	417.5000043	417.5	451.4	514.9000034	X
3	292.9459977	292.946	456	510.2000009	Y
4	241.2999995	241.3	382.5	505.8259991	Y
5	445.799998	445.8	331.6	497.4000001	X
6	401.2999983	401.3	363.7	485.3999887	X
7	229.2000031	229.2	337	476.9000053	X
8	457.5999937	457.6	514.9	472.1000006	Y
9	382.9999984	383	497.4	457.5999937	Y
10	270.5390019	270.539	476.9	455.9999972	X
11	369.7279952	369.728		451.3999975	X
12	197.9999964	198		445.799998	Y
13	472.1000006	472.1		444.599992	Y
14	554.599997	554.6		417.5000043	Y
15	283.2410009	283.241		406.4000015	Y
16	380.6000018	380.6		401.2999983	Y
17	444.599992	444.6		382.9999984	Y
18	510.2000009	510.2		382.4999959	X
19	406.4000015	406.4		380.6000018	Y
20	505.8259991	505.826		369.7279952	Y
21	485.3999887			363.7000046	X
22	451.3999975			337.000006	X
23	455.9999972			331.5999994	X
24	382.4999959			321.0829993	Y
25	331.5999994			292.9459977	Y
26	363.7000046			283.2410009	Y
27	337.000006			270.5390019	Y
28	514.9000034			241.2999995	Y
29	497.4000001			229.2000031	Y
30	476.9000053			197.9999964	Y

Après calcul on trouve :

---

<b>Wmin</b>	<b>Wx</b>	<b>Wmax</b>
109.95	125	200.05

Alors l'hypothèse de wilcoxon est vérifiée, on peut dire que la série pluviométrique de la station de Beni Slimane est homogène.

### **II.5.2. Ajustement de la série pluviométrique :**

Les séries pluviométriques doivent être ajustées aux lois statiques, pour assurer la fiabilité des résultats.

Dans notre projet, on va utiliser la loi la plus adopté qui est la suivante :

- La loi normale ou loi de Gauss.

#### **II.5.2.1. Ajustement des pluies annuelles a la loi normale :**

La loi normale s'applique en général à une variable aléatoire continue représentée par l'ensemble des valeurs qu'elle prend n'est pas dénombrable, Elle est caractérisée par deux paramètres qui sont la moyenne et l'écart type.

La répartition de sa fonction est présentée comme suit :

$$F(\mu) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\mu} e^{-\frac{x^2}{2\mu^2}}$$

L'ajustement des pluies annuelles dans notre projet est fait par le logiciel HYFRAN , et les résultats sont regrouper dans la figure et les tableaux ci-dessous :

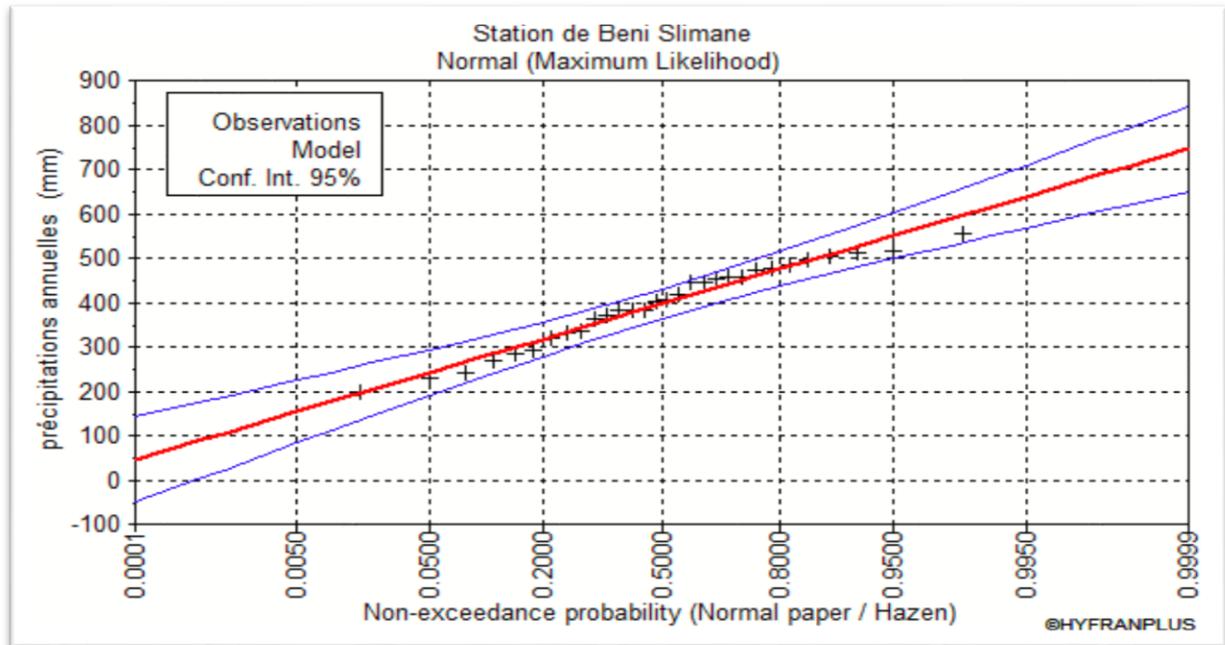


Figure II.12. Graphique de l'ajustement à la loi normale station de Beni Slimane

Tableau II.14 : résultats de l'ajustement à la loi de Gauss

T	q	XT	Intervalle de confiance (95%)
20	0.95	551	499 - 603
10	0.9	517	471 - 562
5	0.8	475	436 - 515
3	0.6667	437	401 - 472
2	0.5	396	362 - 430
1.4286	0.3	347	311 - 383
1.2500	0.2	317	278 - 356

Tableau II.15 : statistiques de base

Nombre d'observations	30
Minimum	198
Maximum	555
Moyenne	396
L'écart type	94
Médiane	404

### II.5.3. Test de validité d'un ajustement :

Afin d'adopter un meilleur ajustement d'une série pluviométrique, il est indispensables de faire un test pour comparer d'adéquation entre les lois statistiques utilisée pour l'ajustement, pour notre projet on a utilisé le test de khi carrée ( $\chi^2$ ) à travers le logiciel HYFRAN .

La loi est adéquate pour une erreur  $\alpha = 0.05$  si et seulement si :

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

Les résultats du test sont représentés dans le tableau suivant :

**Tableau II.16 : Test de validité de l'ajustement**

La loi	Loi Normale
$\chi^2_{\text{calculé}}$	3,6
Degrés de liberté	4
$\chi^2_{\text{théorique}}$	9.488

D'après le test de Khi carrée, on constate que la loi normale est adéquate pour la station de Beni Slimane, donc on la retient pour l'estimation de la série pluviométrique mensuelle moyenne représentative de la zone.

#### II.5.4. Détermination de l'année de calcul :

Dans le but de connaitre la quantité de pluie qui peut être exploité par les plantes, il est primordial de déterminer l'année de calcul par l'estimation de la pluie de probabilité 80% par suivant la formule ci-dessous :

$$P_{\text{moy } 80\% \text{ de chaque mois}} = P_{\text{moy de chaque mois}} \times \frac{P_{\text{théorique } 20\% \text{ annuelle}}}{P_{\text{théorique } 50\% \text{ annuelle}}}$$

Avec :

- ✓  $P_{\text{théorique } 20\% \text{ annuelle}} = 317$
- ✓  $P_{\text{théorique } 50\% \text{ annuelle}} = 396$

Les résultats de calcul des pluies de probabilité 80% sont élaborer dabs le tableau suivant :

**Tableau II.17 : pluviométrie moyenne mensuelle de l'année de calcul**

Mois	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout
<b>P<sub>moy</sub> (mm)</b>	30	33.07	51.95	42.89	49.54	44.29	40.18	41.56	38.77	12.25	2.88	11.35
<b>P<sub>moy</sub>80% (mm)</b>	24.06	26.52	41.66	34.40	39.73	35.52	32.23	33.33	31.096	9.82	2.31	9.10

**II.6. Conclusion :**

Dans ce chapitre, on a abouti à faire une synthèse climatique sur la région d'étude qui est caractériser par un climat semi-aride.

D'après l'analyse statique de la pluviométrie annuelle, on ajusté les pluies a la loi normale, qu'on a utilisé pour le calcul des pluies de probabilité de 80% qui sont faible par rapport à l'évapotranspiration ce qui implique le besoin de l'irrigation.

---

## **Chapitre III : Ressources en sol et en eau**

---

### III.1. Introduction :

Dans ce présent chapitre, nous allons discuter les ressources hydrique et pédologique de la zone d'étude, afin de connaître les terrains irrigable et la qualité des eaux utilisable pour l'irrigation et aussi leurs caractéristiques physique chimiques, pour assurer une planification meilleure de ce projet.

### III.2. Ressources en Sol :

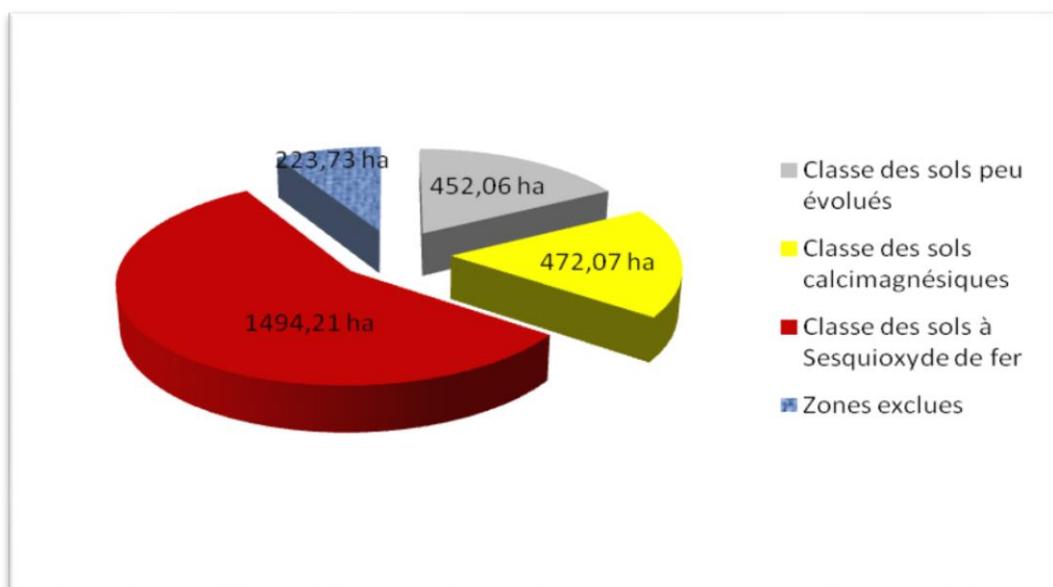
L'objectif de l'étude des ressources en sol est de repéré les zones irrigable et déterminé les caractéristiques Hydrodynamique de ces sols et aussi les cultures approprier et la quantité d'eau qui doit être mise à disposition des cultures.

#### III.2.1. classification des sols du périmètre :

L'étude agro pédologique de la plaine de Beni Slimane qui a portée sur une superficie totale de 2642,07 ha a permis de mettre en évidence trois classes de sols réparties comme suit :

- Classe des sols peu évolués
- Classe des sols calcimagnésiques
- Classe des sols à sesquioxyde de fer

Cependant il faut signaler que la majeure partie des sols sont rangés dans la classe des sols à sesquioxyde de fer comme le montre la figure III.1 :



**Figure III.1 :** Répartition de la superficie entre les classes de sols.

- **Les sols peu évolués :** Les sols de cette classe sont localisés dans le cône d'épandage de l'oued Benloulou et les chaâbets situé dans la partie nord de la zone étudiée. Ils occupent une superficie de 452,06 ha.

- **Les sols calcimagnésiques** : Les sols Calcimagnésiques sont localisés à l'Est du périmètre et sont constitués par une seule sous classe sols carbonatés et un seul sous-groupe des rendzines modales. Ce sont des sols des glaciers à croûte et encroûtement calcaire plus ou moins dure et occupent une superficie de 472,07 ha.
- **Les sols à sesquioxydes de fer** : Cette classe qui est la plus représentative des sols étudiés porte sur une superficie de 1494,21 ha (56,55%), elle est définie par un développement de profil du type A-B-C ou A-(B)- C, caractérisé dans le cadre climatique de l'étude par la sous classe des sols rouges ou sols fersialitiques.

Les unités majeures reconnues dans la région étudiée sont regroupées dans le tableau suivant :

**Tableau III.1 : classification du Sol**

Classes	Sous- Classe	Groupe	Sous-groupe	Famille	Série	Type
<b>Sols Peu Evolués</b>	Non Climatiques	Alluvial	Modal	Sur alluvions	-Profond	limono-argileux Argilo Limoneux Argileux
		Colluvial	Vertique modal	colluvions rouges		
<b>Sols Calcimagnésiques</b>	Carbonatés	Rendzine	Modale	Sur croûte	-Peu profond	limono-argileux argileux limono-Argileux
<b>Sols à Sesquioxyde de fer</b>	Sols Rouges formés un sous climat de type méditerranéen	Sols à réserves calcaïques et le plus souvent peu lessivés	Avec ou sans horizons Cca Modaux	sur colluvions et alluvions	Moyennement Profond Profond	Argileux Très Argileux
			A caractères vertiques	Sur croûte et encroûtement		
			Recalcarifiés		Moyennement Prof	argilo-Limoneux

### III.2.2. Zones homogènes de mise en valeur :

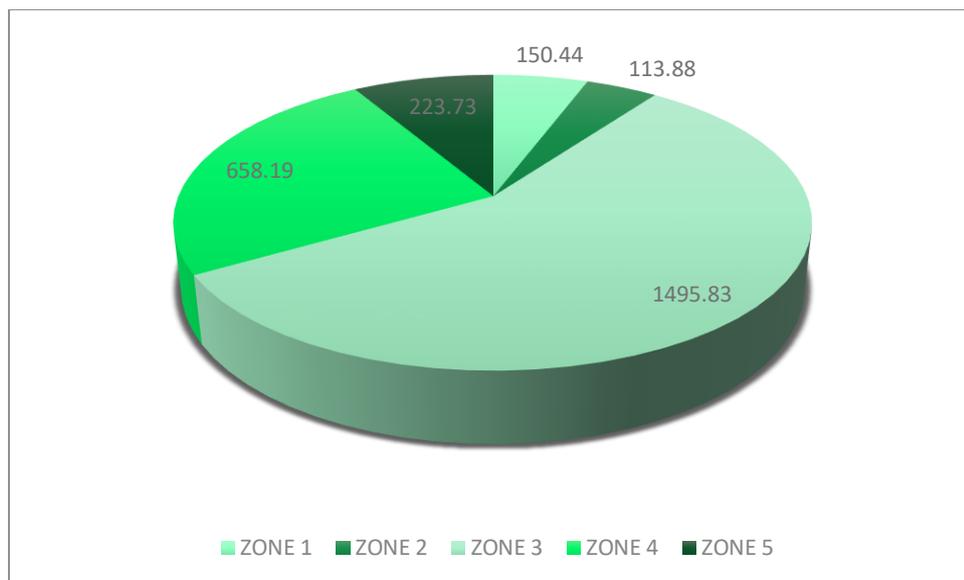
Ce sont les sols qui présentent les mêmes aptitudes aux cultures irriguées et les mêmes problèmes d'aménagement.

Les principaux facteurs qui ont permis le regroupement des sols en zones homogènes de mise en valeur sont :

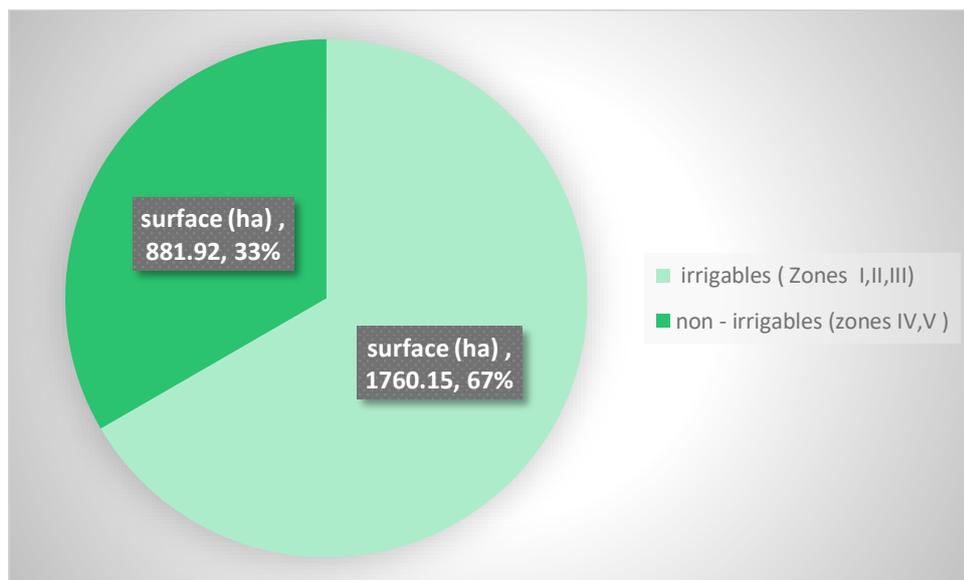
- ✓ La profondeur des sols ;
- ✓ La texture globale du profil ;
- ✓ La salinité ;
- ✓ Le taux de présence d'éléments grossiers ;
- ✓ La teneur en calcaire actif ;
- ✓ La présence ou non de nappe à faible profondeur.

L'étude de ces divers facteurs a permis de déterminer cinq zones homogènes de mise en valeur :

- **ZONE 1** : Zones de mise en valeur prioritaire à sols aptes à toutes les cultures. Aptitudes généralement bonnes, ne présentant pas de problèmes majeurs de mise en valeur à part un amendement organique minéral et des labours profonds. Ces sols sont situés généralement dans la vallée de l'oued, partie basse du périmètre d'étude, avec une superficie de 150,44ha.
- **ZONE 2** : Zones en général à sol profond et moyennement profond, de texture fine, principalement le long du cône d'épandage. Aptitude bonne pour les cultures céréalières et fourragères et moyenne aux cultures adaptées aux textures fines : les cultures arboricoles, maraîchères et industrielles. Ces sols nécessitent des labours profonds, des amendements organiques et minéraux, avec une superficie de 113,88ha, L'irrigation par aspersion est conseillée.
- **ZONE 3** : Zones à sols moyennement profonds avec comme aménagement principal : (épierrage et assainissement de surface par endroits à cause de la texture très fine). Aptitudes bonnes et moyennes aux cultures céréalières, fourragères et maraîchères adaptées aux textures fines et une superficie : 1495,83ha.
- **ZONE 4** : Zones inaptées à l'irrigation à cause de la présence de croûte et d'encroûtement à faible profondeur (Rendzines) et sols rouges peu profonds avec une Superficie de 658,19ha
- **ZONE 5** : Zones urbaines, cimetières, oueds etc., avec une superficie de 223,73ha.



**Figure III.2 :** Répartition des zones homogènes.



**Figure III.3 :** Répartition de la superficie entre la classe des sols irrigables et non irrigables.

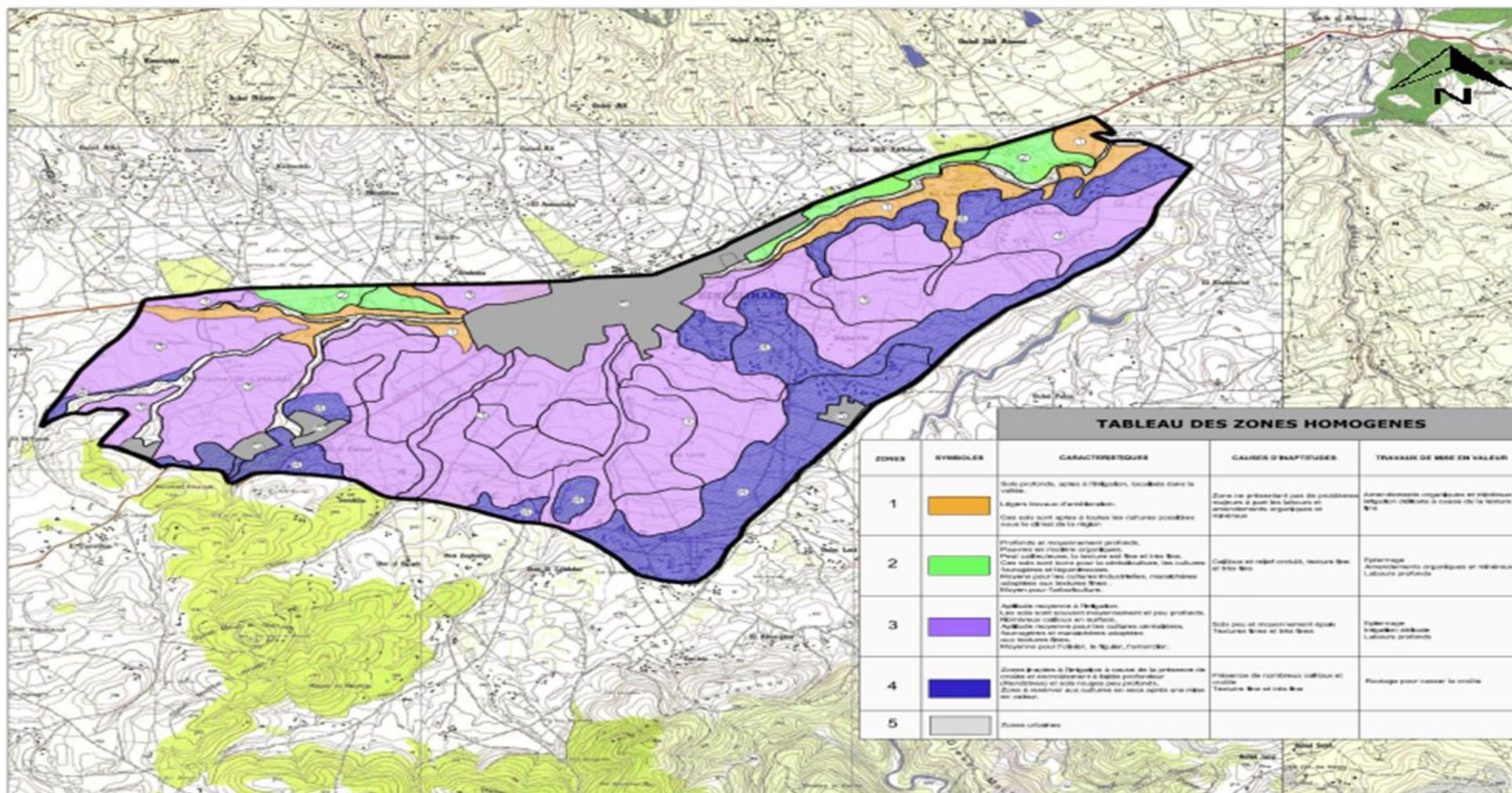


Figure III.4 : carte des zones homogènes (échelle 1/25 000).

### III.2.3. Caractéristiques hydrodynamiques :

- **Densités apparente et réelle :** D'une manière générale les sols de la plaine se caractérisent par une texture fine et très fine, la densité apparente oscille entre 1,4 à 1,6 avec une dominance de 1,5 et une densité réelle comprise entre 2,30 et 2,63.
- **La porosité :** La porosité qui représente la proportion du volume du sol en place qui n'est pas occupé par la phase solide, c'est l'ensemble des vides du sol ou l'espace lacunaire. La porosité des sols étudiée est bonne à moyenne, elle est comprise entre 34,78 % et 49,22%, la majorité des sols présentent une porosité supérieure à 34,78%, les valeurs les plus élevées se localisent dans les horizons de surface.
- **La perméabilité des sols :** La connaissance de la perméabilité est très importante, car elle module des travaux d'aménagement important. La perméabilité de surface, elle est égale à 3,75 cm/heure pour une seule station et supérieure à 5cm/h. Cette bonne perméabilité caractéristique des sols rouges surtout est dû à la bonne structure des sols.

#### Répartition de la perméabilité par superficie (ha)

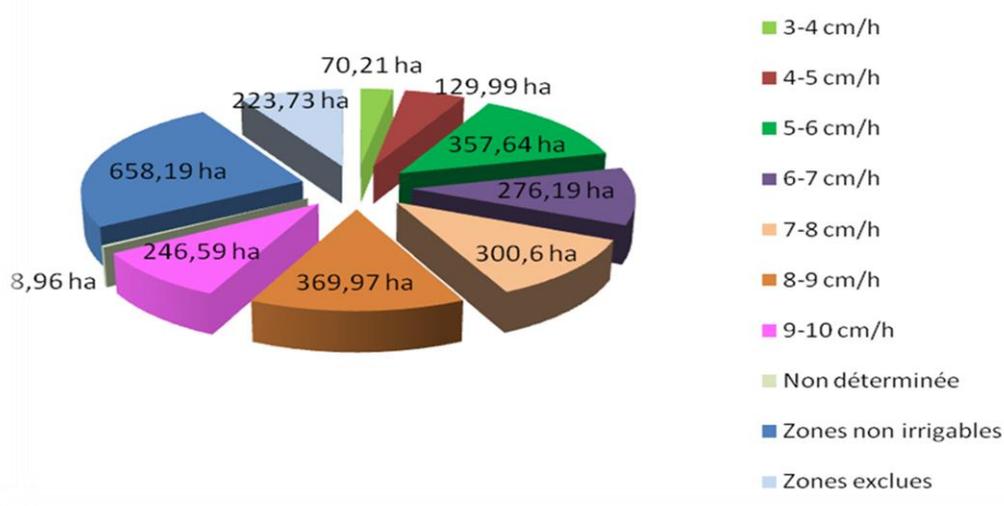
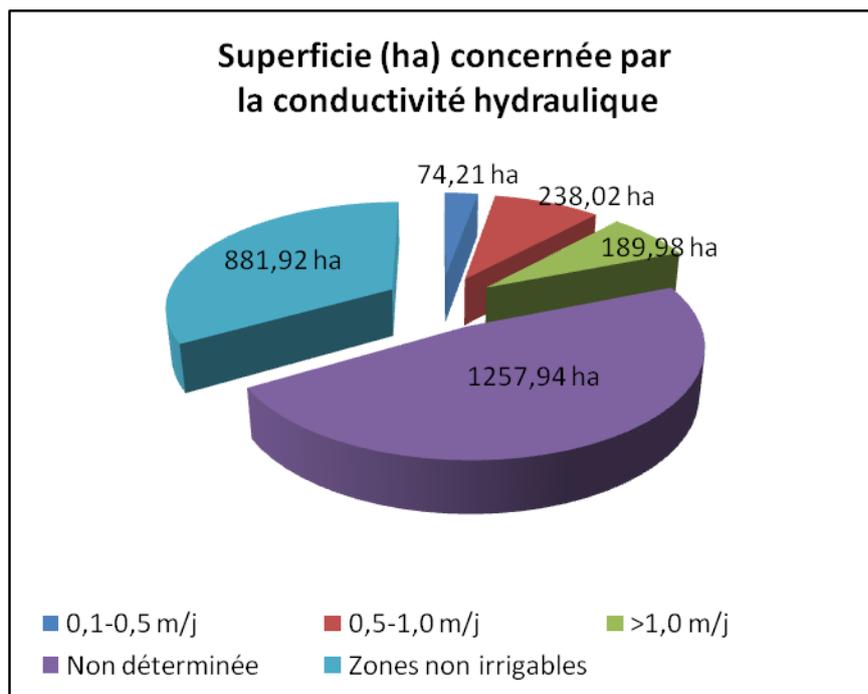


Figure III.5 : La répartition de la perméabilité par la superficie.

- **Conductivité hydraulique :** Pour les conductivités déterminées par la méthode « Porchet » qui n'ont été effectuées que sur quelques stations jugées utiles, les résultats sont compris entre : 0,1 et 0,5 m/j (drainage imparfait), 0,5 -1,0 m/j (drainage modéré) et >1,0m/j (Bon drainage).



**Figure III.6 :** Superficie concernée par la conductivité hydraulique.

- **Conductivité électrique :** Les conductivités électriques moyennes, maximales et minimales données pour 29 profils sont rappelées ci-dessous :

**Tableau III.2 :** Les conductivités électriques

Zone	Classification (E <sub>ce</sub> moyenne)	Nombre de Profil	Conductivité électrique (mmhos/cm)			
			Moyenne	Maximale (M)	Minimale (m)	(M+m)/2
Périmètre	E <sub>ce</sub> ≤ 1	29	0,17	0,26	0,12	0,19
	1 < E <sub>ce</sub> ≤ 2	0	-	-	-	-
	E <sub>ce</sub> > 2	0	-	-	-	-

Le résultat donné dans ce tableau montre que la salinité est inférieure à 1 mmhos/cm pour tous les sols du périmètre étudié donc le sol ne nécessite pas de drainage.

### III.3. Ressources en eau :

Les ressources en eau englobent l'ensemble des eaux disponibles pour satisfaire les besoins en eaux dans un lieu et une période donnée. Dans notre projet, la ressource en eau provient du barrage de Beni Slimane dans la Wilaya de Médéa. Ce barrage est la seule source d'eau pour le périmètre.

#### III.3.1. Présentation du barrage de Beni Slimane :

D'après l'étude de faisabilité menée par le bureau d'étude NINHAM SHAND pour le compte de l'Agence Nationale des Barrages et Transferts (ANBT) en 2005, l'emplacement du barrage de Beni Slimane est situé à environ 7 Km au Sud de la ville de Beni Slimane. Il regroupe la partie amont du bassin versant de l'oued Mellah.

Le bassin versant du barrage est entouré de montagnes dont leurs élévations changent de 1 300 m NGA, dans les hauteurs du bassin versant, à environ 670 m NGA au site du barrage. Les caractéristiques hydrologiques du bassin sont représentées dans le tableau suivant :

**Tableau III.3 : Caractéristiques hydrologiques du bassin de barrage**

Composante	Unité	Valeur
Nom de l'Oued	-	Mellah
Superficie du Bassin Versant	km <sup>2</sup>	178
Elévation maximale	m NGA	1373
Elévation minimale	m NGA	657
Elévation moyenne	m NGA	946
Cours d'eau plus long	km	28,9
Distance au centroïde du bassin versant	km	13,8
Pente du cours d'eau principale	%	1,3
Pente du bassin versant	%	20,4
Densité de drainage	km/km <sup>2</sup>	2,47
Périmètre du bassin versant	km	70

**Source : Etude de faisabilité réalisée par le bureau d'étude NINHAM SHAND, 2005.**

▪ **Caractéristiques principales du barrage :**

Le barrage de Beni Slimane est un barrage de type digue en enrochements avec noyau étanche en argile avec une cote de crête autour 715 m NGA. Le réservoir a une capacité utile d'exploitation de 23 hm<sup>3</sup> et on a établi une cote minimale d'exploitation pour l'irrigation de 690 m. Cette cote a été établie pour garantir la dotation d'eau pour l'irrigation.

Le tableau III.4 englobe les caractéristiques techniques du barrage :

**Tableau III.4 : caractéristiques techniques du barrage de Beni Slimane**

Cordonnées			Capacité	Hauteur	Volume régularisé	Tranche morte	Volume utile
X(m)	Y(m)	Z(m)					
530686	4002225	657	23 hm <sup>3</sup>	58 m	8 hm <sup>3</sup>	4 hm <sup>3</sup>	19 hm <sup>3</sup>

On déduit de ces caractéristiques que la côte de la digue se situe autour de 715 mNGA. Aucune indication n'est donnée sur la côte de la prise d'eau pour l'irrigation.

Nous supposons qu'elle se situe entre les côtes 690 et 700 mNGA (l'APD du barrage de Beni Slimane est en cours, et il est choisi, arbitrairement, la cote de 690 mNGA comme cote minimale du barrage).

Ces cotes ont été établies du côté de la sécurité et pour le cas le plus défavorable. Il a été considéré prioritaire d'assurer le volume régularisé, ainsi que de garantir les pressions nécessaires pour le système projeté.

Cote barrage à moitié capacité 705 volume 11,5 hm<sup>3</sup>.

Cote maximale du barrage plein 715 volumes 23 h.

### III.3.2. Estimation des apports du bassin de l'oued Mellah :

Le bassin versant de l'oued mellah est jaugé par la station hydrométrique de Beni Slimane (090305). Cette station fait partie du réseau d'observations hydro-climatologiques de l'ANRH, elle est située à environ six (06) Km en aval du site du futur barrage de Beni Slimane.

Les données de la station hydrométrique de Beni Slimane sont utilisées pour évaluer les apports du bassin versant de l'oued Mellah, et par transposition on obtient les apports au barrage de Beni Slimane.

**Tableau III.5 : station hydrométrique de Beni Slimane**

Nom de la station	Code	X Lambert (Km)	Y Lambert (Km)	Nom de L'oued	Superficie (Km <sup>2</sup> )	Données disponibles
Beni Slimane	090503	557.5	322.25	Mellah Est	273	1973 - 1996

Les résultats obtenus pour le bassin de l'oued Mellah sont récapitulés dans le tableau suivant :

**Tableau III.6 : Apports du bassin de l'oued Mellah**

Paramètre	Valeur	Période
Superficie du bassin en Km <sup>2</sup>	273	-
Pluie moyenne annuelle en mm	398.8	1990-2019
Apport annuel moyen en Hm <sup>3</sup>	11,33	1985-2015

### II.3.3. Estimation des apports au Barrage :

Comme indiquée ci-dessus, les données de la station hydrométrique de Beni Slimane sont utilisées pour l'évaluation des apports du bassin versant de l'oued Mellah, et par transposition nous obtenons les apports du bassin barrage de Beni Slimane par la formule suivante :

$$Abge = \left(\frac{Sbge}{Sbv}\right) * Abv$$

Avec :

- ✓ **Abge** : Apports au barrage ;
- ✓ **Abv** : Apports du bassin versant ;
- ✓ **Sbge** : Superficie du barrage ;
- ✓ **Sbv** : Superficie du bassin versant.

Les résultats obtenus pour le bassin du barrage de Beni Slimane sont regroupé dans le tableau suivant :

**Tableau III.7 : Apports au Barrage de Beni Slimane**

Paramètre	Valeur	Période
Superficie du bassin en Km <sup>2</sup>	178	-
Pluie moyenne annuelle en mm	398.8	1990-2019
Apport annuel moyen en Hm <sup>3</sup>	7.39	1985-2015

En conclusion, l'apport moyen interannuel au barrage de Beni Slimane est estimé à 7.39 Hm<sup>3</sup> pour la période 1985-2015.

### III.3.4. Analyse d'eau d'irrigation :

Il est nécessaire de vérifier la qualité d'eau utilisée pour l'irrigation est conforme à la norme, afin d'assurer une meilleure croissance des cultures.

Pour notre projet, nous avons utilisé les données des analyses réalisées à l'ANRH sur des prélèvements effectués à la station hydrométrique de Beni Slimane qui se situe à environ 06 Km en aval du barrage. Notez que ces prélèvements ont été prélevés sur une période de 05 ans allant de 1984-1989.

Pour la classification de ces eaux nous avons utilisé la classification américaine, qui est basée sur les valeurs des deux paramètres suivants :

- Le rapport d'absorption en sodium (SAR)
- La conductivité électrique des ions contenus dans l'eau (CE)

#### a. Le rapport d'absorption en sodium (SAR) :

Le SAR est le taux d'adsorption du sodium, qui indique un risque possible lié au sodium. Il indique la quantité de sodium par rapport au calcium et au magnésium dans l'eau.

Le SAR est exprimé comme suit :

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}}$$

Tel que :

- ✓ Na : Sodium en méquiv/l ;
- ✓ Ca : Calcium en méquiv/l ;
- ✓ Mg : Magnésium en méquiv/l.

Le tableau suivant représente les valeurs moyennes mensuelles du Na, Ca, Mg et les valeurs moyennes mensuelles du SAR durant la période 1984-1989.

### Tableau III.8 : les valeurs moyennes mensuelles du SAR

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Moyen
Ca (mg/l)	95.8	95.7	91.9	97.3	121.8	145.8	162	320	168.3	124.3	87	106	134.6583
Mg (mg/l)	50.5	39.7	48.7	58.2	78.6	123.8	106.3	192	70.4	53.9	54	38,6	79.64545
Na (mg/l)	202	153	186.5	265	385.4	700	547.7	1050	591.1	274.3	156.8	257.6	397.45
SAR	4.14	3.31	3.9	5.23	6.67	10.3	8.18	11.4	9.62	5.15	3.24	5.42	6.38

Du tableau, Le SAR moyen annuel = 6,38

<b>SAR= 6.38</b>
------------------

Quatre classes de risque alcalin ont été définies, en relation avec le risque salin représenté dans le tableau III.9 :

**Tableau III.9 : Classification des eaux en fonction du S.A.R**

SAR	Classe	Risque d'alcalinisation
0 – 10	S1	risque alcalin faible
10 – 18	S2	risque alcalin moyen
18 – 26	S3	risque alcalin élevé
> 26	S3	risque alcalin très élevé

Selon cette classification l'eau de l'oued Mellah comporte des risques alcalins faibles S1.

#### **b. La conductivité électrique (CE) :**

La conductivité électrique est une propriété liée aux ions, elle est mesurée à 25°C et exprimée en mmhos/cm ou en dS/m ou en  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Elle permet d'évaluer le degré de salinité des eaux d'irrigation.

Les valeurs moyennes mensuelles de la conductivité électrique sur une période de 5 ans de 1984 au 1989 sont regroupées dans le tableau suivant :

**Tableau III.10 : la conductivité électrique moyenne mensuelle à la station de Beni Slimane sur la période (1984-1989)**

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Moyen
Conductivité mmhos/cm	1.84	1.67	1.76	2.15	2.92	4.74	3.97	7.6	4.19	2.34	1.68	1.95	3.0675

D'après le tableau, la conductivité électrique moyenne égale à 3,07 mmhos/cm.

$$CE = 3.07 \text{ mmhos/cm}$$

On distingue quatre classes de Risque de salinité de l'eau en fonction de la conductivité électrique :

**Tableau III .11 : Classification des eaux en fonction de CE**

Classe	CE en mmhos/cm	Qualité des eaux	Valabilité pour l'irrigation
<b>C1</b>	$CE \geq 0,25$	risque faible de salinité	Convient pour toutes les cultures
<b>C2</b>	$0,25 < CE \leq 0,75$	risque moyen de salinité	Convient pour les plantes moyennement tolérantes
<b>C3</b>	$0,75 < CE \leq 2,25$	risque élevé de salinité	Ne convient qu'à des sols drainés et plantes tolérantes
<b>C4</b>	$CE > 2,25$	risque très élevé de salinité	Ne convient qu'à des sols drainés et plantes tolérantes

Dans notre cas,  $CE=3,07$  mmhos/cm le risque de salinité est très élevé (C4).

### c. Le diagramme de Riverside :

Pour déterminer la classe des eaux d'irrigation de notre zone d'étude on se base sur le diagramme de Riverside.

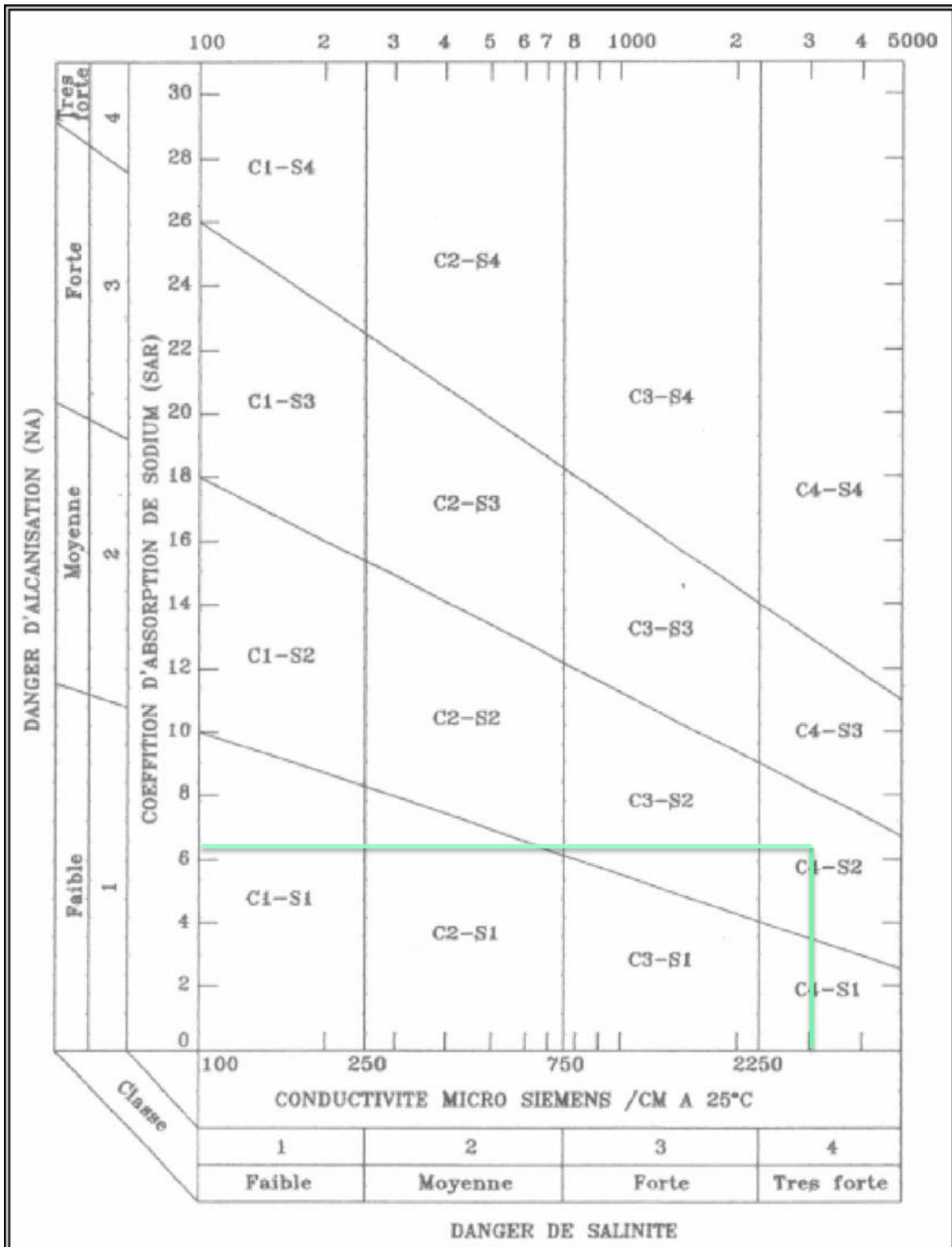


Figure III.8 : abaque de Riverside

Selon l'abaque l'eau à la station de Beni Slimane est de classe **C4S2**, nous avons un risque de salinité très élevé et une alcalinisation faible.

**III.4. Conclusion :**

D'après Les analyses des ressources en eau et en sol, d'une façon générale les sols du périmètre sont de texture fine et très fine avec l'apparition de croûte et encroûtement à des niveaux différents. Il ressort que de l'eau de l'oued Mellah n'est pas conforme à cent pour cent aux normes de l'irrigation (classée C4S2) mais peut être considérée comme bonne (concentration des matières minérales < 3000) avec une légère restriction sur l'utilisation. Toutefois il est recommandé de réaliser un programme régulier d'analyse de l'eau du barrage de Beni Slimane lors de son exploitation pour pouvoir évaluer la qualité de l'eau tout au long de l'année et répondre à n'importe quelles incertitudes concernant la salinité.

---

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

---

### IV.1. Introduction :

Le besoin d'irrigation est défini comme étant le volume d'eau qui doit être apporté par irrigation en complément à la pluviométrie et éventuellement d'autres ressources telles que les remontées capillaires (l'apport d'une nappe phréatique), la réserve en eau initiale dans le sol. La concentration élevée en sel dans le sol où dans l'eau d'irrigation influe beaucoup sur la disponibilité ou le sens de direction de l'eau vers et /ou de la plante. C'est pour cela qu'on doit rajouter une fraction de lessivage au besoin et qui va plus en profondeur qu'à la plante.

L'estimation des besoins en eaux des cultures se base sur le bilan hydrique avec les données pédologiques et climatiques définies dans les chapitres précédents, dans ce chapitre nous allons quantifier les besoins en eaux des cultures pour le périmètre de Beni Slimane.

### IV.2. Occupation du Sol :

L'estimation des besoins en eau des cultures repose sur entièrement sur l'occupation et la disposition des cultures dans le périmètre, le choix de ces cultures dépend des conditions agro-pédologique et climatiques et aussi la qualité d'eaux utiliser pour l'irrigation étudié auparavant.

#### VI.2.1. Les cultures proposées :

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

**Tableau VI.1 : scénarios d'occupation du sol par l'ensemble de l'exploitation du périmètre**

Scénario	Céréales %	Fourragères %	Maraichage %	Arboriculture %
<b>1</b>	<b>70</b>	<b>15</b>	<b>10</b>	<b>05</b>
2	40	15	35	10
3	35	15	40	10

Prenant en considération les contraintes agro pédologique et climatique et social, On propose d'élaborer le scénario 1 qui repose principalement sur les céréales qui répond aux besoins sociaux de la zone.

Les propositions des cultures est basé sur la marge nette attendue par un hectare de culture et aussi, La valorisation du mètre cube d'eau d'irrigation par un hectare de culture.

**Tableau IV .2 : occupation du sol en fonction des cultures**

Les cultures	Surface (%)	Surface (ha)
<b>Les céréalicultures</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Blé dur</li> <li>▪ Orge grain</li> <li>▪ Blé tendre</li> </ul>	70	427.903
<b>Les Cultures Fourragères</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Maïs Fourrager</li> <li>▪ Avoine</li> <li>▪ Sorgho</li> </ul>	15	91.6935
<b>Les Cultures Maraichères</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Melon</li> <li>▪ Piment</li> <li>▪ Petit Pois</li> <li>▪ Carotte</li> </ul>	10	61.129
<b>Les Cultures Arboricoles</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Prunier</li> <li>▪ Olivier</li> </ul>	05	30.5645

**IV.2.2. Cycle végétatif des cultures :**

Le cycle végétatif des cultures retenues est représenté dans le tableau suivant :

**Tableau IV.3 : cycle végétatif des cultures**

Les cultures	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Jun	Jul	Aout
Blé Dur			←									→
Orge Grain			←									→
Blé Tendre			←									→
Maïs Fourrager							←					→
Avoine		←										→
Sorgho								←				→
Melon							←					→
Piment							←					→
Petit Pois				←								→
Carotte				←								→
Prunier	←											→
Olivier	←											→

### IV.3. Calcul des Besoins en eau :

Les besoins en eau d'irrigation déterminent la quantité totale d'eau, par unité de surface, dont une culture a besoin pour se développer normalement dans les conditions du terrain.

C'est donc la quantité d'eau qu'il est nécessaire d'ajouter aux précipitations pour une production agricole optimale.

#### IV.3.1. L'évapotranspiration :

L'évapotranspiration est la somme de l'évaporation de l'eau contenue dans le sol et de l'eau transpirée par les plantes. Elle dépend des facteurs climatiques, elle est exprimé en  $m^3/ha/j$ ,  $m^3/ha/mois$ ,  $m^3/ha/an$  ou bien  $mm/j$ ,  $mm/mois$ ,  $mm/an$ .

On distingue la différente forme de l'évapotranspiration. :

- L'évapotranspiration potentielle (ETP)
- L'évapotranspiration de potentielle référence (ET0).
- L'évapotranspiration Maximale (ETM)
- L'évapotranspiration réelle (ETR).

##### a. L'évapotranspiration de potentielle (ETP) :

C'est un phénomène climatique continu dans l'espace et dans le temps. Ce paramètre est utilisé au niveau des recherches ; sur l'utilisation de l'eau pour les besoins en irrigation. L'importance des quantités d'eau est fonction de l'ETP où le déficit en eau des plantes en est fonction (Dubost, 1992).

On appelle évapotranspiration potentielle (ETP); exprimée en hauteur de lame ou tranche d'eau évaporée; la somme des quantités d'eau pouvant s'évaporer et transpirer sur une surface donnée et pendant une période bien définie, en considérant des apports d'eau suffisants.

##### b. L'évapotranspiration référence (ET0) :

C'est l'évapotranspiration maximale d'un gazon ras couvrant complètement le sol, bien alimenté en eau, en phase active de croissance et situé au sein d'une parcelle suffisamment étendue (Perrier, 1977).

Il existe plusieurs méthodes pour estimer l'évapotranspiration potentielle de référence répartie en deux classes :

- **Méthodes directes :**
  - ✓ Evapotranspiromètre ou case lysimétrique .
  - ✓ Bacs d'évaporation.

- **Méthodes indirectes :**

Il est toujours préférable d'utiliser des formules empiriques suffisamment variées, et adaptées à différents climats vu la complexité de mesurer l'évapotranspiration par les méthodes directes, les formules les plus utilisées sont :

- ✓ Formule de Turc 1960
- ✓ Formule de Blaney-criddle 1959
- ✓ Formule de Thornwaite 1948
- ✓ Formule de Penman 1948
- ✓ Formule modifiée de Penman-Monteith

Dans notre cas, la détermination de l'évapotranspiration de référence (ET<sub>0</sub>) est calculer en se basant sur la formule de Penman-monteith modifié qui la plus recommander par la FAO.

La formule est représentée comme suit :

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta(Rn-G) + \gamma \frac{Cste}{T+273} u_2 (es - ea)}{\Delta + \gamma(1+0,34u_2)}$$

Avec :

- ✓ **ET<sub>0</sub>** : évapotranspiration de référence (mm/j) ;
- ✓ **Rn** : 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<sub>2</sub>** : vitesse du vent à une hauteur de 2 m [m s<sup>-1</sup>] ;
- ✓ **es** : pression de vapeur saturante [kPa] ;
- ✓ **ea** : pression de vapeur réelle [kPa] ;
- ✓ **es-ea** : déficit de pression de vapeur saturante [kPa] ;
- ✓ **Δ** : pente de la courbe de pression de vapeur saturante [kPa °C<sup>-1</sup>] ;
- ✓ **Cste** : constante psychrométrique [kPa °C<sup>-1</sup>].

Le calcul se fait à l'aide du logiciel CROPWAT 8.0 et les résultats sont regrouper dans le tableau suivant :

**Tableau IV.4 : Evapotranspiration potentielle de référence calculé.**

Pays		ALGERIE		Station		BENI SLIMANE	
Altitude		600 m.		Latitude		36.13 °N	
				Longitude		3.19 °E	
Mois	Temp Min	Temp Max	Humidité	Vent	Insolation	Ray.	ET <sub>0</sub>
	°C	°C	%	m/s	heures	MJ/m <sup>2</sup> /jour	mm/mois
Janvier	3.7	12.8	79	2.9	6.5	10.2	41.73
Février	3.8	13.7	75	2.1	7.0	13.0	47.34
Mars	5.9	17.3	70	2.9	7.5	16.6	84.23
Avril	8.1	20.6	65	2.7	7.5	19.2	108.35
Mai	12.0	25.1	59	3.0	8.0	21.5	149.03
Juin	16.4	31.0	49	2.5	11.0	26.3	191.80
Juillet	20.0	35.5	40	2.9	10.0	24.5	234.02
Août	20.7	35.1	42	2.5	9.5	22.5	211.15
Septembre	17.2	29.6	55	2.6	8.0	18.0	149.23
Octobre	13.2	24.9	62	2.1	7.0	13.8	100.73
Novembre	8.0	17.6	72	2.2	7.0	11.1	57.17
Décembre	5.0	13.9	78	2.8	6.0	9.1	42.06
<b>Moyenne</b>	<b>11.2</b>	<b>23.1</b>	<b>62</b>	<b>2.6</b>	<b>7.9</b>	<b>17.1</b>	<b>1416.85</b>

### c. L'évapotranspiration Maximale (ETM) :

Quand la plante produit le maximum de matière sèche donnant un rendement maximum. Aussi l'évapotranspiration maximale est mesurée expérimentalement par les cases lysimétriques et comparée à l'E.T. P (Charles ,1975).

L'ETM représente la valeur maximale de l'évaporation d'une culture, elle dépend de la culture considérée, le stade phénologique, des conditions météorologiques observées.

L'évapotranspiration maximale se calcule comme suit :

$$ETM = K_c \times ET_0$$

Tel que :

✓ **K<sub>c</sub>** : Coefficient culturel.

Le coefficient K<sub>c</sub> varie essentiellement avec les caractéristiques propres de la culture (activité physiologique, taux de recouvrement du sol, etc) et avec un moindre le climat.

### d. L'évapotranspiration réelle (ETR) :

ETR exprime la quantité d'eau réellement évapotranspirée, C'est la valeur de l'évapotranspiration dans le cas d'une alimentation en eau insuffisante de la plante.

### IV.3.2. La réserve facilement utilisable (RFU) :

La RFU représente l'eau facilement mobilisable par les cultures, elle dépend de la profondeur du sol et de l'enracinement de la végétation. C'est celle que les plantes peuvent facilement utiliser par leur tension osmotique sans avoir à freiner l'ETR (Lambert, 1996).

La Réserve en eau Facilement Utilisable (RFU) Correspond à la quantité d'eau du sol en dessous de laquelle une plante flétrit, ce qui permet de déterminer les doses d'irrigation. Elle est exprimée en mm.

La RFU est calculé par la formule suivante :

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

Avec :

- ✓ **Y** : degré de tarissement ;  
 $Y = 2/3$  pour les cultures en général ;  
 $Y = 1/3$  pour les cultures sensibles ;  
 $Y = 1/2$  pour les cultures sensibles (céréalières) ;
- ✓ **Da** : densité apparente. (Les sols de la plaine se caractérisent par une texture fine et très fine, la densité apparente oscille entre 1,4 à 1,6) ;
- ✓ **Z** : profondeur d'enracinement ;
- ✓ **Hcc**: humidité à la capacité au champ, on prend (26%) ;
- ✓ **Hpf** : humidité au point de flétrissement, on prend (17%).

### IV.3.3. La pluie efficace :

La pluie efficace est considéré comme la fraction des pluies qui contribue réellement a la demande après déduction des pertes dues au ruissellement de surface et aux infiltrations en profondeur, plusieurs méthodes en était développer pour mesurer les pluies efficaces .pour notre cas on a opté pour la méthode du pourcentage représenter par la formule ci-dessous :

$$P_{eff} = A \times P_{moy} \text{ si } P_{moy} > 5 \text{ mm}$$

$$P_{eff} = 0 \text{ si } P_{moy} < 5 \text{ mm}$$

Tel que :

- ✓ **A** : coefficient estimé à 0,8.

Les résultats de calcul son englober dans le tableau suivant :

**Tableau IV.5 : pluies efficaces mensuelles en mm**

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Annuelle
<b>Pmoy80%</b>	24.02	26.47	41.59	34.33	39.66	35.45	32.16	33.27	31.04	9.81	2.31	9.09	319.19
<b>Peff (mm)</b>	19.21	21.18	33.27	27.47	31.73	28.36	25.73	26.62	24.83	7.84	1.84	7.27	255.35

#### IV.3.4. Estimation des besoins en eau d'irrigation des cultures :

##### a. Les besoins de lessivage :

L'eau d'irrigation contient des sels dissout qui s'accumule dans le sol et peuvent poser problème à la capacité de l'absorption des eaux de la part des racines des plantes. Par conséquent, l'irrigation doit tenir en compte l'apport d'une quantité supplémentaire d'eau au terrain pour drainer l'excès de sels, en les translatant jusqu'au nappes inférieures du sol, où les racines des plantes ne parviennent pas. Le lessivage est appliqué pour empêcher une salinisation primaire.

Vu la qualité d'eau d'irrigation qui appartient à la classe **C4S2**, il est nécessaire de majorer les besoins en eau des cultures par un lessivage d'entretien.

La fraction de lessivage est calculée en se basant sur la Rhoods qui est exprimé comme suit :

$$LR = \frac{Ce_{iw}}{5C_{ees} - Ce_{iw}}$$

Avec :

- ✓ **LR** : Fraction de lessivage ;
- ✓ **Ce<sub>iw</sub>** : conductivité électrique d'eau d'irrigation, pour notre cas : 3.07mmohms/cm ;
- ✓ **Cees** : Conductivité électrique du sol qui provoque une chute de rendement de 10% , sauf pour le maïs fourrager, piment, carotte ,prunier on accepte une chute de rendement qui atteindre 25% .

Le volume de lessivage est calculé par la formule ci-dessous :

$$V_{\text{less}} = \frac{ETM * LR}{1 - LR}$$

Les résultats de calcul du volume de lessivage pour chaque culture sont récapitulés dans le tableau suivant :

**Tableau IV.6. Volumes de lessivage des cultures.**

Mois	Blé dur	Orge grain	Blé tendre	Mais Fourrager	Avoine	Sorgho	Melon	Piment	Petit Pois	Carotte	Prunier	Olivier	Totaux (Mm)
Sept	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24.48	42.74	26.72	93.94
Oct	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27.54	25.89	18.04	71.47
Nov	2.20	1.60	1.71	0	2.21	0	0	0	0	18.98	10.50	10.24	47.43
Dec	2.63	1.91	1.26	0	2.71	0	0	0	9.41	11.50	7.72	6.53	43.67
Janv	3.62	2.63	2.08	0	4.03	0	0	0	14.94	0	8.12	6.48	41.89
Fev	4.56	2.98	2.40	0	5.79	0	0	0	21.19	0	11.82	7.35	56.09
Mars	8.52	5.31	9.64	9.11	11.38	0	5.66	0	35.81	0	25.67	13.07	124.17
Avril	8.87	6.45	10.78	16.75	14.64	0	11.64	22.48	24.24	0	37.80	16.81	170.46
Mai	8.62	6.26	14.83	23.04	14.38	18.91	21.01	39.75	0	0	51.99	23.13	221.90
Juin	6.47	4.70	0	34.10	9.87	30.41	27.05	51.15	0	0	66.91	29.76	260.42
Juil	0	0	0	41.60		42.68	23.57	48.54	0	0	78.20	41.90	276.50
Aout	0	0	0	16.32		25.11	0	0	0	0	65.13	37.81	144.37

Le tableau du calcul des doses de lessivages a été fait sur la base d'une acceptation d'une chute de rendement de 10% pour la plupart des cultures, ce qui est déjà une valeur très grande par rapport à la salinité de la zone.

#### b. Les Besoins en eau de cultures :

Les besoins en eau sont estimés à partir du Bilan hydrique comme suit :

$$B = ETM - (P_{eff} + RFU)$$

Avec :

- ✓ **B** : Besoins en eau d'irrigation (mm) ;
- ✓ **ETM** : Evapotranspiration maximale (mm/mois) ;
- ✓ **RFU** : La réserve facilement utilisable (RFU) (mm) ;
- ✓ **Peff** : pluie efficace (mm) .

Les résultats de calcul pour les cultures adoptées sont récapituler dans les tableaux ci-dessous :

- Calcul des besoins en eau des cultures céréalière :

**Tableau IV.7 : calcul des besoins en eau du Blé dur**

Blé dur									
Mois	Pmoy	peff (mm)	ET0 (mm/mois)	kc	ETM (mm/mois)	Z(m)	RFU théo	RFU reell	Bnet (mm)
Sept	24.02	19.21	149.23		0			0	
Oct	26.47	21.18	100.73		0			0	
Nov	41.59	33.27	57.17	0.4	22.868	0.3	20.25	0	0.00
Dec	34.33	27.47	42.06	0.65	27.339	0.5	33.75	20.25	0.00
Janv	39.66	31.73	41.73	0.9	37.557	0.5	33.75	33.75	0.00
Fev	35.45	28.36	47.34	1	47.34	0.6	40.5	33.75	0.00
Mars	32.16	25.73	84.23	1.05	88.4415	0.6	40.5	20.25	42.46
Avril	33.27	26.62	108.35	0.85	92.0975	0.6	40.5	20.25	45.23
Mai	31.04	24.83	149.03	0.6	89.418	0.6	40.5	20.25	44.34
Juin	9.81	7.84	191.8	0.35	67.13	0.6	40.5	0	65.76
Juil	2.31	1.84	234.02		0		0	0	
Aout	9.09	7.27	211.15		0		0	0	

**Tableau IV.8 : calcul des besoins en eau d'orge grain**

Orge grain									
Mois	Pmoy	peff (mm)	ET0 (mm/mois)	kc	ETM (mm/mois)	Z(m)	RFU théo	RFU reell	Bnet (mm)
Sept	24.02	19.21	149.23						
Oct	26.47	21.18	100.73					0	
Nov	41.59	33.27	57.17	0.4	22.868	0.3	20.25	0	0.00
Dec	34.33	27.47	42.06	0.65	27.339	0.5	33.75	20.25	0.00
Janv	39.66	31.73	41.73	0.9	37.557	0.5	33.75	33.75	0.00
Fev	35.45	28.36	47.34	0.9	42.606	0.6	40.5	33.75	0.00
Mars	32.16	25.73	84.23	0.9	75.807	0.6	40.5	20.25	29.83
Avril	33.27	26.62	108.35	0.85	92.0975	0.6	40.5	20.25	45.23
Mai	31.04	24.83	149.03	0.6	89.418	0.6	40.5	20.25	44.34
Juin	9.81	7.84	191.8	0.35	67.13	0.6	40.5	0	63.99
Juil	2.31	1.84	234.02						
Aout	9.09	7.27	211.15						

**Tableau IV.9 : Calcul des besoins en eau du blé tendre**

<b>Blé tendre</b>									
Mois	Pmoy	peff (mm)	ET0 (mm/mois)	kc	ETM (mm/mois)	Z(m)	RFU théo	RFU reell	Bnet (mm)
Sept	24.02	19.21	149.23					0	
Oct	26.47	21.18	100.73					0	
Nov	41.59	33.27	57.17	0.3	17.151	0.3	20.25	0	0.00
Dec	34.33	27.47	42.06	0.3	12.618	0.5	33.75	20.25	0.00
Janv	39.66	31.73	41.73	0.5	20.865	0.5	33.75	33.75	0.00
Fev	35.45	28.36	47.34	0.51	24.1434	0.6	40.5	33.75	0.00
Mars	32.16	25.73	84.23	1.15	96.8645	0.6	40.5	20.25	50.88
Avril	33.27	26.62	108.35	1	108.35	0.6	40.5	20.25	61.48
Mai	31.04	24.83	149.03	1	149.03	0.6	40.5	20.25	103.95
Juin	9.81	7.84	191.8						
Juil	2.31	1.84	234.02						
Aout	9.09	7.27	211.15						

- **Calcul des besoins en eau des cultures fourragères :**

**Tableau IV.10 : Calcul des besoins en eau du Maïs fourrager**

<b>Maïs fourrager</b>									
Mois	Pmoy	peff (mm)	ET0 (mm/mois)	kc	ETM (mm/mois)	Z(m)	RFU théo	RFU reell	Bnet (mm)
Sept	24.02	19.21	149.23						
Oct	26.47	21.18	100.73						
Nov	41.59	33.27	57.17						
Dec	34.33	27.47	42.06						
Janv	39.66	31.73	41.73						
Fev	35.45	28.36	47.34						
Mars	32.16	25.73	84.23	0.7	58.961	0.07	4.725	0	33.23
Avril	33.27	26.62	108.35	1	108.35	0.1	6.75	2.3625	79.37
Mai	31.04	24.83	149.03	1	149.03	0.2	13.5	3.38	120.83
Juin	9.81	7.84	191.8	1.15	220.57	0.3	20.25	0	246.82
Juil	2.31	1.84	234.02	1.15	269.123	0.4	27	0	308.88
Aout	9.09	7.27	211.15	0.5	105.575	0.5	33.75	0	114.63

**Tableau IV.11. : Calcul des besoins en eau d'avoine**

<b>Avoine</b>									
Mois	Pmoy	peff (mm)	ET0 (mm/mois)	kc	ETM (mm/mois)	Z(m)	RFU théo	RFU réelle	Bnet (mm)
Sept	24.06	19.25	149.23					0	
Oct	26.52	21.22	100.73					0	
Nov	41.67	33.33	57.17	0.3	17.151	0.2	13.5	0	0.00
Dec	34.40	27.52	42.06	0.5	21.03	0.45	30.375	13.5	0.00
Janv	39.74	31.79	41.73	0.75	31.2975	0.5	33.75	30.375	0.00
Fev	35.52	28.42	47.34	0.95	44.973	0.6	40.5	33.75	0.00
Mars	32.23	25.78	84.23	1.05	88.4415	0.6	40.5	20.25	22.16
Avril	33.33	26.67	108.35	1.05	113.768	0.6	40.5	20.25	46.60
Mai	31.10	24.88	149.03	0.75	111.773	0.6	40.5	20.25	46.40
Juin	9.83	7.86	191.8	0.4	76.72	0.6	40.5	0	38.23
Juil	2.31	0.00	234.02				0	0	
Aout	9.10	7.28	211.15				0	0	

**Tableau IV.12 : Calcul des besoins en eau du Sorgho**

<b>Sorgho</b>									
Mois	Pmoy	peff (mm)	ET0 (mm/mois)	kc	ETM (mm/mois)	Z(m)	RFU théo	RFU réelle	Bnet (mm)
Sept	24.06	19.25	149.23						
Oct	26.52	21.22	100.73						
Nov	41.67	33.33	57.17						
Dec	34.40	27.52	42.06						
Janv	39.74	31.79	41.73						
Fev	35.52	28.42	47.34						
Mars	32.23	25.78	84.23						
Avril	33.33	26.67	108.35						
Mai	31.10	24.88	149.03	0.8	119.224	0.2	13.5	0	94.35
Juin	9.83	7.86	191.8	1	191.8	0.4	27	0	214.35
Juil	2.31	0.00	234.02	1.15	269.123	0.5	33.75	0	311.79
Aout	9.10	7.28	211.15	0.75	158.363	0.6	40.5	0	176.19

- **Calcul des besoins en eau des cultures Maraichères :**

**Tableau IV.13 : Calcul des besoins en eau du Melon**

<b>Melon</b>									
Mois	Pmoy	peff (mm)	ET0 (mm/moi )	kc	ETM (mm/mois )	Z(m)	RFU théo	RFU reell	Bnet (mm)
Sept	24.06	19.25	149.23						
Oct	26.52	21.22	100.73						
Nov	41.67	33.33	57.17						
Dec	34.40	27.52	42.06						
Janv	39.74	31.79	41.73						
Fev	35.52	28.42	47.34						
Mars	32.23	25.78	84.23	0.5	42.115	0.3	20.25	0	16.33
Avril	33.33	26.67	108.35	0.8	86.68	0.6	40.5	10.125	49.89
Mai	31.10	24.88	149.03	1.05	156.482	1	67.5	20.25	111.35
Juin	9.83	7.86	191.8	1.05	201.39	1	67.5	0	220.57
Juil	2.31	0.00	234.02	0.75	175.515	1	67.5	0	199.09
Aout	9.10	7.28	211.15						

**Tableau IV.14 : Calcul des besoins en eau du piment**

<b>Piment</b>									
Mois	Pmoy	peff (mm)	ET0 (mm/mois)	kc	ETM (mm/mois)	Z(m)	RFU théo	RFU réelle	Bnet (mm)
Sept	24.06	19.25	149.23						
Oct	26.52	21.22	100.73						
Nov	41.67	33.33	57.17						
Dec	34.40	27.52	42.06						
Janv	39.74	31.79	41.73						
Fev	35.52	28.42	47.34						
Mars	32.23	25.78	84.23						
Avril	33.33	26.67	108.35	0.7	75.845	0.7	47.25	0	49.18
Mai	31.10	24.88	149.03	0.9	134.127	1.1	74.25	23.625	85.62
Juin	9.83	7.86	191.8	0.9	172.62	1.1	74.25	0	215.91
Juil	2.31	0.00	234.02	0.7	163.814	1.1	74.25	0	212.35
Aout	9.10	7.28	211.15						

**Tableau IV.15: Calcul des besoins en eau des Petit Pois**

Petit Pois									
Mois	Pmoy	peff (mm)	ET0 (mm/mois)	kc	ETM (mm/mois)	Z(m)	RFU théo	RFU réelle	Bnet (mm)
Sept	24.06	19.25	149.23						
Oct	26.52	21.22	100.73						
Nov	41.67	33.33	57.17						
Dec	34.40	27.52	42.06	0.5	21.03	0.4	27	0	0.00
Janv	39.74	31.79	41.73	0.8	33.384	0.7	47.25	27	0.00
Fev	35.52	28.42	47.34	1	47.34	0.7	47.25	47.25	0.00
Mars	32.23	25.78	84.23	0.95	80.0185	0.7	47.25	23.625	30.61
Avril	33.33	26.67	108.35	0.5	54.175	0.7	47.25	23.625	3.88
Mai	31.10	24.88	149.03						
Juin	9.83	7.86	191.8						
Juil	2.31	0.00	234.02						
Aout	9.10	7.28	211.15						

**Tableau IV.16: Calcul des besoins en eau du Carotte**

Carotte									
Mois	Pmoy	peff (mm)	ET0 (mm/mois)	kc	ETM (mm/mois)	Z(m)	RFU Théo	RFU réelle	Bnet (mm)
Sept	24.06	19.25	149.23	0.42	62.6766	0.3	20.25	0	67.91
Oct	26.52	21.22	100.73	0.7	70.511	0.4	27	10.125	39.17
Nov	41.67	33.33	57.17	0.85	48.5945	0.5	33.75	13.5	1.76
Dec	34.40	27.52	42.06	0.7	29.442	0.6	40.5	33.75	0.00
Janv	39.74	31.79	41.73						
Fev	35.52	28.42	47.34						
Mars	32.23	25.78	84.23						
Avril	33.33	26.67	108.35						
Mai	31.10	24.88	149.03						
Juin	9.83	7.86	191.8						
Juil	2.31	0.00	234.02						
Aout	9.10	7.28	211.15						

- Calcul des besoins en eau des cultures arboricoles :

**Tableau IV.17 : Calcul des besoins en eau du Prunier**

<b>Prunier</b>									
Mois	Pmoy	peff (mm)	ET0 (mm/mois)	kc	ETM (mm/mois)	Z(m)	RFU théo	RFU réelle	Bnet (mm)
Sept	24.06	19.25	149.23	0.78	116.399	1.5	101.25	0	139.89
Oct	26.52	21.22	100.73	0.7	70.511	1.5	101.25	33.75	15.54
Nov	41.67	33.33	57.17	0.5	28.585	1.5	101.25	33.75	0.00
Dec	34.40	27.52	42.06	0.5	21.03	1.5	101.25	101.25	0.00
Janv	39.74	31.79	41.73	0.53	22.1169	1.5	101.25	101.25	0.00
Fev	35.52	28.42	47.34	0.68	32.1912	1.5	101.25	101.25	0.00
Mars	32.23	25.78	84.23	0.83	69.9109	1.5	101.25	33.75	10.38
Avril	33.33	26.67	108.35	0.95	102.933	1.5	101.25	33.75	42.51
Mai	31.10	24.88	149.03	0.95	141.579	1.5	101.25	33.75	82.95
Juin	9.83	7.86	191.8	0.95	182.21	1.5	101.25	0	241.26
Juil	2.31	0.00	234.02	0.91	212.958	1.5	101.25	0	291.16
Aout	9.10	7.28	211.15	0.84	177.366	1.5	101.25	0	235.21

**Tableau IV.18 : Calcul des besoins en eau d'olivier**

<b>Olivier</b>									
Mois	Pmoy	peff (mm)	ET0 (mm/mois)	kc	ETM (mm/mois)	Z(m)	RFU théo	RFU reell	Bnet (mm)
Sept	24.06	19.25	149.23	0.75	111.923	1.5	101.25	0	119.39
Oct	26.52	21.22	100.73	0.75	75.5475	1.5	101.25	33.75	20.58
Nov	41.67	33.33	57.17	0.75	42.8775	1.5	101.25	33.75	0.00
Dec	34.40	27.52	42.06	0.65	27.339	1.5	101.25	101.25	0.00
Janv	39.74	31.79	41.73	0.65	27.1245	1.5	101.25	101.25	0.00
Fev	35.52	28.42	47.34	0.65	30.771	1.5	101.25	101.25	0.00
Mars	32.23	25.78	84.23	0.65	54.7495	1.5	101.25	33.75	0.00
Avril	33.33	26.67	108.35	0.65	70.4275	1.5	101.25	33.75	10.01
Mai	31.10	24.88	149.03	0.65	96.8695	1.5	101.25	33.75	38.24
Juin	9.83	7.86	191.8	0.65	124.67	1.5	101.25	0	146.57
Juil	2.31	0.00	234.02	0.75	175.515	1.5	101.25	0	217.42
Aout	9.10	7.28	211.15	0.75	158.363	1.5	101.25	0	188.89

**Tableau IV.19 : Récapitulatif des besoins.**

Mois	Blé dur	Orge grain	Blé tendre	Mais fourrager	Avoine	Sorgho	Melon	Piment	Petit pois	Carotte	Prunier	Olivier	Total (mm)
Sept										67.91	139.89	119.39	327.19
Oct										39.17	15.54	20.58	75.28
Nov										1.76			1.76
Dec													
Janv													
Fev													
Mars	42.46	29.83	50.88	33.23	22.16		16.33		30.61		10.38		235.88
Avril	45.23	45.23	61.48	79.37	46.60		49.89	49.18	3.88		42.51	10.01	433.39
Mai	44.34	44.34	103.95	120.83	46.40	94.35	111.35	85.62			82.95	38.24	772.37
Juin	65.76	63.99		246.82	38.23	214.35	220.57	215.91			241.26	146.57	1 453.44
Juil				<b>308.88</b>		<b>311.79</b>	<b>175.52</b>	<b>212.35</b>			<b>291.16</b>	<b>217.42</b>	<b>1 517.12</b>
Aout				114.63		176.19					235.21	188.89	714.92

**IV.3.5. Calcul du débit spécifique :**

Après l'estimation des besoins en eau des cultures, on peut déterminer le débit spécifique du mois de pointe qui se calcul par la formule suivante :

$$Q_s = \frac{B_{net} \times 10 \times 1000}{N_j \times N_i \times 3600 \times E_i}$$

Tel que :

- ✓  $Q_s$  : débit spécifique en l/s/ha ;
- ✓  $B_{net}$  : besoin net du moi de pointe en mm/mois ;
- ✓  $N_j$  : nombre de jours du mois de pointe, pour notre cas 31 j ;
- ✓  $N_i$  : Nombre des heures d'irrigation :24h ;
- ✓  $E_i$  : l'Efficiency d'irrigation.

La formule communément employée pour l'estimation de l'efficacité d'un réseau d'irrigation, est donnée par l'expression :  $E_i = E_d \times E_t \times E_u$

Avec :

- ✓  $E_i$  : Efficience d'irrigation ;
- ✓  $E_d$  : Efficience de type de distribution en % ;
- ✓  $E_u$  : Efficience de l'uniformité de la distribution en % ;
- ✓  $E_t$  : Efficience de transport en % ;

**Pour notre cas, on prend  $E_i=0,8$  .**

Les besoins en eau du mois de pointe **Bnet** = 1517.11mm/mois.

$$Q_s = 7.08 \text{ l/s/ha}$$

D'après le résultat trouvé il y'a un risque de surdimensionnement, car le débit spécifique est supérieur à 1.5 l/s/ha, il existe trois méthodes pour calculer le débit spécifique comme suit :

- Prendre la moyenne des débits spécifiques de l'ensemble des cultures.
- Prendre en considération la moyenne des débits spécifiques des cultures les plus exigeantes.
- Prendre le débit spécifique de la culture la plus exigeante pour le mois de pointe.

On opte pour la troisième méthode, les résultats de calcul des débits caractéristique sont

Représenter dans le tableau suivant :

**Tableau IV.20 : débits caractéristique pour chaque mois.**

Cultures	Blé dur	orge grain	blé tendre	Mais fourrager	avoine	sorgho	melon	piment	petit pois	carotte	prunier	olivier
<b>Besoin max(mm)</b>	65.76	63.99	103.95	308.88	46.60	311.793	220.57	215.9096	30.61	67.9066	291.16	217.42
<b>Qs(l/S/ha)</b>	0.32	0.31	0.49	1.44	0.22	<b>1.46</b>	1.06	1.04	0.14	0.33	1.36	1.01

Le débit spécifique de la culture la plus exigeante (Sorgho 311.793 mm).

Donc le débit spécifique pris en considération pour notre périmètre est de :

$$Q_s = 1.46 \text{ l/s}$$

Ce débit est inférieur à 1.5 l/s/ha donc le choix de ce débit est vérifié.

#### IV.3.6. Calcul du débit caractéristique :

Le débit caractéristique représente le produit du débit spécifique de mois de pointe et la surface agricole occupé, comme suit :

$$Q_{\text{car}} = Q_s \times S$$

Tel que :

- ✓ **Q<sub>s</sub>** : le débit spécifique du mois de pointe en (l/s/ha) ;
- ✓ **S** : la superficie à irrigué en (ha) ;

**A.N:**  $Q_{car} = 1.46 * 611,29$

**$Q_{car} = 892.5 \text{ l/s}$**

#### IV.3.7. Estimation des volumes d'eau d'irrigation :

Afin de prévoir les volumes d'eau à stockés dans le bassin ou réservoir et pour un meilleur arrosage, il faut estimer les volumes d'eau d'irrigation.

Le tableau ci-dessous représente les volumes d'eau d'irrigation pour notre secteur.

**Tableau IV.21 : calcul des volumes d'eau d'irrigation.**

Type de culture	surface (ha)	Besoin en eau net (mm)	Besoin en eau net (m <sup>3</sup> /ha)	Efficiencie (%)	Besoin en eau brut (m <sup>3</sup> /ha)	Besoins brut totaux (m <sup>3</sup> )
céréaliculture			427.7			
blé dur	142.5666667	197.7869596	1977.869596	0.8	2472.336995	352472.8442
orge grain	142.5666667	183.3824596	1833.824596	0.8	2292.280745	326802.8249
blé tendre	142.5666667	216.3194091	2163.194091	0.8	2703.992614	385499.2136
fourragères			91.65			
Mais fourrager	35	903.7485101	9037.485101	0.8	11296.85638	395389.9732
Avoine	30	153.3838333	1533.838333	0.8	1917.297917	57518.9375
sorgho	26.65	796.67875	7966.7875	0.8	9958.484375	265393.6086
Maraichères			61.1			
Melon	15	573.6588333	5736.588333	0.8	7170.735417	107561.0313
Piment	15	563.0655	5630.655	0.8	7038.31875	105574.7813
Petit pois	15	34.49366667	344.9366667	0.8	431.1708333	6467.5625
carotte	16.1	108.8326	1088.326	0.8	1360.4075	21902.56075
arboricoles			30.55			
prunier	15.275	1058.906	10589.06	0.8	13236.325	202184.8644
olivier	15.275	741.0961667	7410.961667	0.8	9263.702083	141503.0493
					<b>Besoin total m3</b>	<b>2368271.251</b>

On remarque que le volume nécessaire pour assurer les besoins des cultures sur notre périmètre durant toute leur période végétative est de l'ordre **2.37 Hm<sup>3</sup>** ; Il est inférieur au volume régularisé qui est 8hm<sup>3</sup>, donc le barrage de Beni Slimane peut assurer l'irrigation de notre secteur.

**IV.4. Conclusion :**

Dans ce présent chapitre, nous avons choisi les cultures à planter dans notre périmètre et calculé les besoins en eau de chaque culture, afin d'estimer le débit spécifique pour terminer avec la détermination de la demande en eau totale qui peut être assuré par le Barrage de Beni Slimane.

---

## **Chapitre V : Etude du réseau d'adduction et de distribution**

---

### V.1. Introduction :

Notre attention dans ce présent chapitre est la délimitation de notre périmètre, et la présentation des parcelles qui constituent notre secteur à irrigué, ainsi le dimensionnement du réseau d'adduction et de distribution qui englobe l'ensemble des conduites et des équipements et des ouvrages assurant l'acheminement de l'eau de la source jusqu'aux cultures.

### V.2. Délimitation du périmètre :

La délimitation des secteurs est basée sur les critères suivants :

- ✓ La recherche des limites coïncidant avec celles des parcelles, identifiées lors de l'enquête foncière a été favorisée. Néanmoins, les parties de certaines parcelles qui chevauchées avec la classe pédologique exclue ont été exclues.
- ✓ La recherche d'une meilleure exploitation du périmètre par rapport à sa position du barrage.
- ✓ Proximité entre les parcelles: pour assurer des secteurs compacts.
- ✓ Avoir une différence maximale de cote à l'intérieur de chaque secteur de 60 m, pour éviter la mise en place de conduites de PN supérieur à 16.
- ✓ Regrouper dans la mesure du possible les zones homogènes de même classe.
- ✓ La recherche de limites physiques telles que (Oueds, Routes...).
- ✓

A été délimitée une superficie à équiper de **1267,59 ha** environ, Ce chiffre est obtenu de soustraire à la superficie totale (2642,07 ha), les superficies exclues selon les différents critères, Cette superficie à équiper est répartie en trois secteurs d'irrigations.

Le tableau ci-dessous représente la superficie et différentes cotes des trois secteurs :

**Tableau V.1. Superficies et cotes des trois secteurs.**

Secteur	Superficie (ha)	Cote de la tête du secteur (m)	Cote maximale (m)	Cote minimale (m)	Cote moyenne (m)
1	404,42	589	604,00	557,15	585,69
<b>2</b>	<b>611,29</b>	<b>614</b>	<b>650,00</b>	<b>588,14</b>	<b>615,20</b>
3	251,87	624	640,68	586,00	627,72

Pour notre cas, on s'intéresse au **Secteur 2** qui a été décrit comme suit :

**SECTEUR 2(CENTRE)** : entre la RN 18a et la limite Sud-Est du périmètre. Ce secteur a une superficie de 611,29 ha , il inclut les lieux –dits de El Faïdh Lekhal, Draa Laribi ainsi que les exploitations de l'ex domaine Si Achour. Sont exclus la ville de Beni Slimane et les centres en forte croissance d'urbanisation d'El Guetayia et Sekhairia.

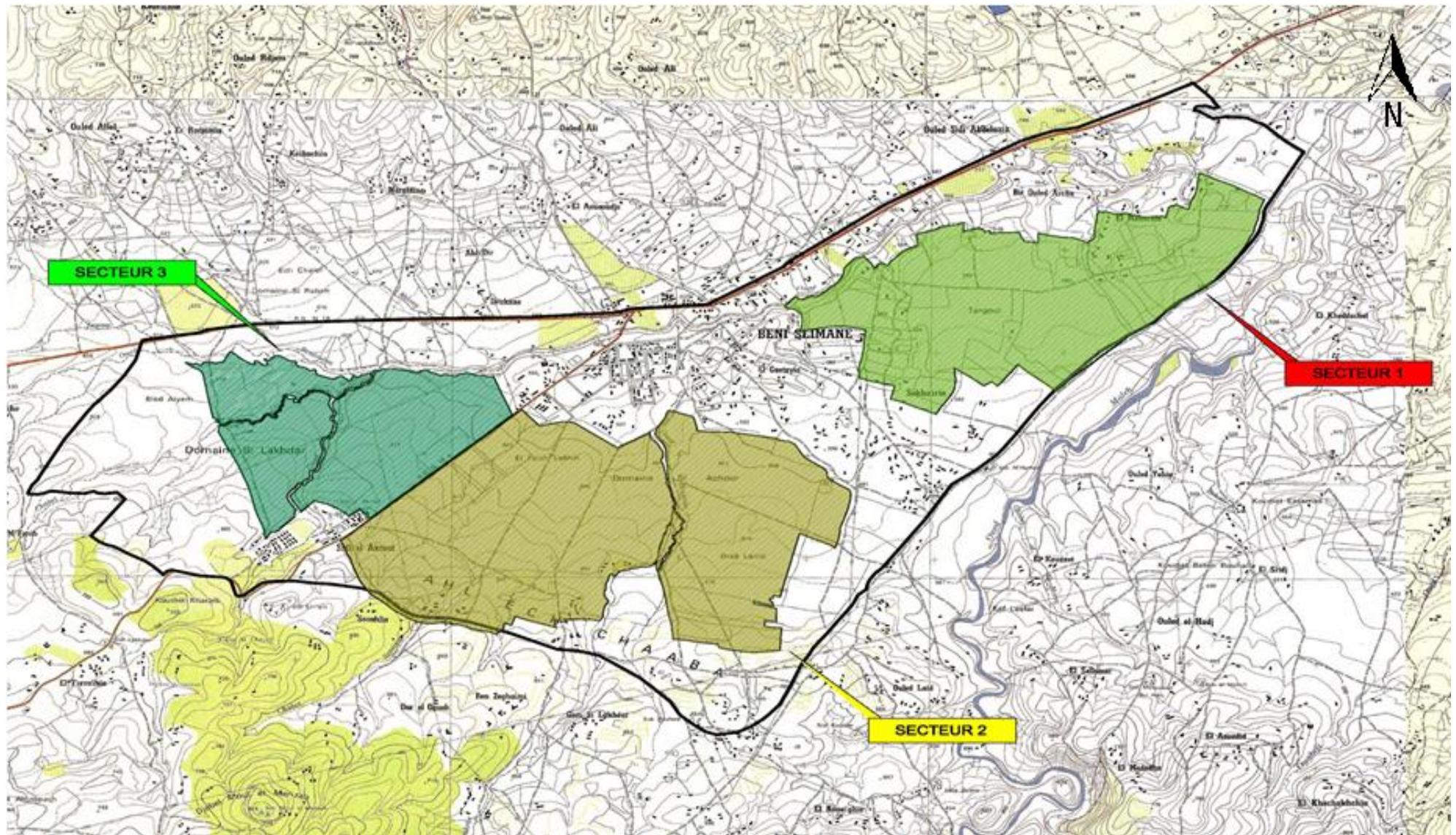


Figure V.1. Plan des trois secteurs d'irrigation (échelle 1/25000).

### **V.3. Alimentation en eau du périmètre :**

Le périmètre de Beni Slimane est situé en aval à partir du barrage de Beni Slimane dont la capacité est de 23 hm<sup>3</sup>.

Le périmètre d'étude sera irrigué exclusivement à partir de barrage de Beni Slimane, dont le volume alloué à l'irrigation est de 8 Hm<sup>3</sup>.

### **V.4. Organisation et structure du périmètre :**

La première problématique dans l'aménagement d'un périmètre d'irrigation est l'organisation du périmètre.

Le périmètre de Beni Slimane englobe 186 îlots organisés en 3 secteurs, la surface totale à irriguée est de 1267,58ha. Pour notre étude on s'intéressera juste au secteur 2 (67 îlots et une surface de 611.29 ha).

#### **V.4.1. Îlots et borne d'irrigation :**

Un îlot c'est l'ensemble de parcelles alimentées par une borne, Le secteur est partagé entre plusieurs îlots, choisis entre parcelles adjacentes.

Les limites des îlots, répondent à la réalité territoriale, en respectant les marges des parcelles et les voies de communication. 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.

La limitation de taille maximale des îlots répond aux critères hydrauliques et d'équipement. Cette limitation de taille est due à ce que pour des tailles supérieures, les coûts des bornes augmentent énormément (spécialement en raison du prix des vannes hydrauliques), et cela a pour conséquence de rendre les opérations d'installation et de maintenance plus difficiles.

La limitation du nombre de parcelles par îlot répond, en outre, à critères de gestion. Chaque îlot compte avec sa borne d'irrigation spécifique pour chaque îlot, selon les parcelles qui le composent.

##### **V.4.1.1. La fonction de la Borne d'irrigation :**

En général, la borne d'irrigation remplit les fonctions suivantes:

- ✓ Etablir ou interrompre la fourniture d'eau sans coup de bélier.
- ✓ Assurer le raccordement des équipements d'irrigation.
- ✓ Compter les volumes distribués.
- ✓ Réguler la pression aval.
- ✓ Limiter le débit des prises d'eau.

**V.4.1.2. Calcul du débit au Bornes :**

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

$$Q_b = Q_s \times S$$

Avec :

- ✓ **Q<sub>b</sub>** : le débit caractéristique de chaque ilot en l/s ;
- ✓ **S** : la superficie de l'ilot en ha ;
- ✓ **Q<sub>s</sub>** : le débit spécifique en l/s/ha.

**V.4.1.3. Choix du diamètre et de type de borne :**

Le choix du type de borne dépend de la surface de l'ilot et nombre de Parcelles par ilot :

- ✓ **Borne de type A4**: pour les ilots dont la superficie est inférieure à 15 ha, et un nombre de parcelles entre (4-8).
- ✓ **borne de type A2** : pour les ilots dont la superficie est inférieure à 15 ha et deux parcelles.
- ✓ **Borne de type B** : pour les ilots qui ont une superficie dépasse 15 ha et deux parcelles.
- ✓ **type C** : Pour les grands ilots  $S > 50$  ha.

Les diamètres des bornes est en fonction des débits comme suit :

**Tableau V.2. Types et diamètres des bornes**

Type	Débit fournie (l/s)	Entrée	Sortie
type A4	$Q < 11.11$	1 Entrée $\Phi 80, 100$	2 Entrée $\Phi 65$
type A2	$Q < 11.11$	2 Entrée $\Phi 80, 100$	4 Entrée $\Phi 65$
type B	$11.11 < Q < 22.22$	2 Entrée $\Phi 80, 100, 125$	2 Entrée $\Phi 100$
type C	$Q > 33.33$	2 Entrée $\Phi 80, 100, 125$	1 Entrée $\Phi 150$

Les débits et le type de bornes sont représenté dans le tableau suivant :

**Tableau V.3. Les débits et type de bornes pour chaque ilot.**

N° ilot	superficies (ha)	parcell e	Superfici e (ha)	débit de la parcelle (l/s)	Débit Brut de la borne (l/s)	matérie l	corps de régulation (mm)	Type de borne
<b>I1</b>	3.29	P1	0.59	0.86	4.80	Fonte	80	1 borne type A4
		P2	0.62	0.90				
		P3	0.42	0.61				
		P4	0.71	1.04				
		P5	0.96	1.39				
<b>I2</b>	0.91	P6	0.17	0.25	1.33	Fonte	80	1 borne type A4
		P7	0.19	0.28				
		P8	0.40	0.59				
		P9	0.15	0.22				
<b>I3</b>	1.03	P10	0.23	0.33	1.50	Fonte	80	1 borne type A4
		P11	0.19	0.28				
		P12	0.34	0.49				
		P13	0.28	0.40				
<b>I4</b>	0.75	P14	0.23	0.34	1.10	Fonte	80	1 borne type A4
		P15	0.14	0.20				
		P16	0.13	0.19				
		P17	0.25	0.37				
<b>I5</b>	3.76	P18	3.76	5.49	5.49	Fonte	100	1 borne type A2
<b>I6</b>	2.09	P19	1.66	2.43	3.05	Fonte	80	1bornes type A4
		P20	0.11	0.16				
		P21	0.10	0.15				
		P22	0.12	0.18				
		P23	0.09	0.13				
<b>I7</b>	0.86	P24	0.11	0.16	1.26	Fonte	80	1 borne type A4

		P25	0.09	0.14				
		P26	0.36	0.53				
		P27	0.11	0.16				
		P28	0.10	0.14				
		P29	0.09	0.13				
<b>I8</b>	0.86	P30	0.12	0.18	1.26	Fonte	80	1 borne type A4
		P31	0.07	0.10				
		P32	0.39	0.57				
		P33	0.28	0.41				
<b>I9</b>	5.93	P34	0.29	0.43	8.66	Fonte	80	1 borne type A4
		P35	4.23	6.17				
		P36	1.41	2.06				
<b>I10</b>	2.68	P37	0.45	0.66	3.91	Fonte	80	1 borne type A4
		P38	0.41	0.60				
		P39	1.82	2.65				
<b>I11</b>	1.79	P40	1.79	2.61	2.61	Fonte	80	1 borne type A2
<b>I12</b>	5.15	P41	2.93	4.29	7.52	Fonte	100	1 borne type A2
		P42	2.21	3.23				
<b>I13</b>	5.17	P43	1.66	1.05	7.55	Fonte	100	1 borne type A4
		P44	0.11	0.63				
		P45	0.10	0.71				
		P46	0.12	1.51				
		P47	0.09	1.28				
<b>I14</b>	5.52	P48	5.52	8.06	8.06	Fonte	100	1 borne type A2
<b>I15</b>	3.88	P49	0.86	1.25	5.66	Fonte	100	1 borne type A4
		P50	0.93	1.36				

		P51	0.70	1.03				
		P52	0.69	1.01				
		P53	0.70	1.03				
<b>I16</b>	5.78	P54	3.30	4.81	8.44	Fonte	125	1 borne type A4
		P55	1.53	2.24				
		P56	0.95	1.39				
<b>I17</b>	3.76	P57	0.27	0.39	5.49	Fonte	100	1 borne type A4
		P58	0.97	1.42				
		P59	0.45	0.65				
		P60	2.08	3.03				
<b>I18</b>	21.92	P61	21.92	32.00	32.00	Fonte		1 borne type C
<b>I19</b>	15.79	P62	15.79	23.05	23.05	Fonte	150	1 borne type B
<b>I20</b>	32.01	P63	32.01	46.74	46.74	Fonte		1 borne type C
<b>I21</b>	12.16	P64	12.16	17.75	17.75	Fonte	150	1 borne type B
<b>I22</b>	5.9	P65	0.42	0.61	8.61	Fonte	125	1 borne type A4
		P66	0.20	0.29				
		P67	3.88	5.67				
		P68	1.40	2.04				
<b>I23</b>	6.54	P69	3.87	5.65	9.55	Fonte	125	1 borne type A4
		P70	0.83	1.21				
		P71	0.50	0.74				
		P72	0.75	1.10				
		P73	0.59	0.87				
<b>I24</b>	28.61	0	28.61	41.77	41.77	Fonte		1 borne type C
<b>I25</b>	50.45	0	50.45	73.65	73.65	Fonte	150	1 borne type C
<b>I26</b>	10.62	P74	10.62	15.50	15.50	Fonte	125	1 borne type B
<b>I27</b>	22.02	P75	22.02	32.15	32.15	Fonte		1 borne type B

<b>I28</b>	8.98	P76	8.98	13.11	13.11	Fonte	125	1 borne type B
<b>I29</b>	4.00	P77	4.00	5.84	5.84	Fonte	100	1 borne type A2
<b>I30</b>	20.11	P78	20.11	29.36	29.36	Fonte		1 borne type C
<b>I31</b>	9.41	P79	9.41	13.74	13.74	Fonte	125	1 borne type B
<b>I32</b>	8.88	P80	8.88	12.97	12.97	Fonte	125	1 borne type B
<b>I33</b>	8.66	P81	8.66	12.64	12.64	Fonte	125	1 borne type B
<b>I34</b>	10.37	P82	10.37	15.15	15.15	Fonte	125	1 borne type B
<b>I35</b>	3.74	P83	3.74	5.45	5.45	Fonte	100	1 borne type A2
<b>I36</b>	5.22	P84	5.22	7.62	7.62	Fonte	100	1 borne type A2
<b>I37</b>	11.26	P85	11.26	16.43	16.43	Fonte	125	1 borne type B
<b>I38</b>	12.17	P86	10.85	15.84	17.77	Fonte	125	1 borne type B
		P87	1.32	1.93				
<b>I39</b>	28.93	P88	28.93	42.24	42.24	Fonte		1 borne type C
<b>I40</b>	34.46	P89	34.46	50.32	50.32	Fonte		1 borne Type C
<b>I41</b>	19.13	P90	19.13	27.93	27.93	Fonte	150	1 borne type C
<b>I42</b>	8.77	P91	8.77	12.81	12.81	Fonte	125	1 borne type B
<b>I43</b>	12.97	P92	12.97	18.93	18.93	Fonte	125	1 borne type B
<b>I44</b>	11.06	P93	11.06	16.15	16.15	Fonte	125	1 borne type B
<b>I45</b>	28.21	P94	28.21	41.18	41.18	Fonte		1 borne type C
<b>I46</b>	16.97	P95	16.97	24.78	24.78	Fonte	150	1 borne type C
<b>I47</b>	3.14	P96	2.54	3.71	4.58	Fonte	80	1 borne type A2
		P97	0.59	0.86				
<b>I48</b>	2.41	P98	0.45	0.65	3.52	Fonte	80	1 borne type A4
		P99	0.15	0.23				
		P100	0.77	1.13				
		P101	0.11	0.16				
		P102	0.49	0.72				

<b>I49</b>	1.59	P103	0.43	0.63	2.32	Fonte	80	1 borne type A4
		P104	0.18	0.26				
		P105	0.17	0.24				
		P106	0.31	0.46				
		P107	0.21	0.31				
		P108	0.09	0.13				
P109	0.63	0.92						
<b>I50</b>	3.02	P110	0.24	0.35	4.41	Fonte	80	1 borne type A4
		P111	0.31	0.45				
		P112	2.20	3.21				
		P113	0.05	0.07				
		P114	0.23	0.33				
<b>I51</b>	1.71	P115	0.37	0.54	2.50	Fonte	80	1 borne type A4
		P116	0.15	0.22				
		P117	0.22	0.32				
		P118	0.15	0.22				
		P119	0.61	0.89				
		P120	0.21	0.31				
<b>I52</b>	5.68	P121	0.18	0.27	8.29	Fonte	125	1 borne type A4
		P122	0.32	0.46				
		P123	0.20	0.29				
		P124	0.26	0.38				
		P125	0.77	1.12				
		P126	0.11	0.16				
		P127	3.84	5.61				
<b>I53</b>	11.11	P128	11.11	16.22	16.22	Fonte	125	1 borne type B
<b>I54</b>	5.23	P129	0.50	0.73	7.64	Fonte	100	1 borne type A4

		P130	0.31	0.45				
		P131	0.32	0.47				
		P132	0.31	0.45				
		P133	3.80	5.54				
<b>I55</b>	7.44	P134	0.23	0.33	10.86	Fonte	125	1 borne type A4
		P135	2.85	4.16				
		P136	1.79	2.62				
		P137	1.36	1.98				
		P138	0.75	1.09				
		P139	0.47	0.68				
<b>I56</b>	7.33	P140	7.33	10.70	10.70	Fonte	125	1 borne type A
<b>I57</b>	0.95	P141	0.10	0.15	1.39	Fonte	80	1 borne type A
		P142	0.31	0.46				
		P143	0.22	0.32				
		P144	0.31	0.46				
<b>I58</b>	1.26	P145	0.54	0.79	1.84	Fonte	80	1 borne type A4
		P146	0.10	0.14				
		P147	0.33	0.49				
		P148	0.22	0.32				
		P149	0.07	0.10				
<b>I59</b>	1.46	P150	0.10	0.15	2.13	Fonte	80	1 borne type A4
		P151	0.46	0.67				
		P152	0.36	0.52				
		P153	0.20	0.29				
		P154	0.35	0.52				
<b>I60</b>	2.83	P155	0.38	0.56	4.13	Fonte	80	1 borne type A4
		P156	0.73	1.06				

		P157	0.69	1.01				
		P158	0.42	0.61				
		P159	0.41	0.60				
		P160	0.21	0.30				
<b>I61</b>	2.87	P161	0.29	0.42	4.19	Fonte	80	1 borne type A4
		P162	0.70	1.02				
		P163	0.08	0.12				
		P164	0.09	0.13				
		P165	1.56	2.28				
		P166	0.16	0.23				
<b>I62</b>	1.28	P167	0.08	0.11	1.87	Fonte	80	1 borne type A4
		P168	0.04	0.06				
		P169	0.11	0.17				
		P170	0.58	0.85				
		P171	0.19	0.28				
		P172	0.28	0.41				
<b>I63</b>	0.93	P173	0.19	0.28	1.36	Fonte	80	1 borne type A4
		P174	0.06	0.09				
		P175	0.04	0.06				
		P176	0.11	0.16				
		P177	0.08	0.12				
		P178	0.13	0.19				
		P179	0.32	0.47				
<b>I64</b>	1.58	P180	0.22	0.32	2.31	Fonte	80	1 borne type A4
		P181	0.23	0.33				
		P182	0.34	0.50				
		P183	0.13	0.19				

		P184	0.17	0.25				
		P185	0.49	0.71				
<b>I65</b>	0.68	P186	0.11	0.16	0.99	Fonte	80	1 borne type A4
		P187	0.13	0.19				
		P188	0.13	0.19				
		P189	0.16	0.23				
		P190	0.16	0.23				
<b>I66</b>	5.15	P191	0.69	1.01	7.52	Fonte	100	1 borne type A4
		P192	0.54	0.79				
		P193	0.08	0.12				
		P194	0.06	0.09				
		P195	0.12	0.17				
		P196	1.12	1.63				
		P197	1.72	2.52				
		P198	0.81	1.19				
<b>I67</b>	2.35	P199	0.06	0.09	3.43	Fonte	80	1 borne type C
		P200	0.12	0.18				
		P201	0.06	0.08				
		P202	0.11	0.17				
		P203	0.19	0.28				
		P204	0.10	0.15				
		P205	1.01	1.47				
		P206	0.20	0.29				
		P207	0.05	0.08				
		P208	0.44	0.65				

### V.5. Schéma d'aménagement Hydro agricole :

L'eau du système d'irrigation sera fournie par le barrage de Beni Slimane situé à environ 7 Km au Sud de la ville de Beni Slimane, Ce barrage a une capacité utile d'exploitation de 23 hm<sup>3</sup>, une cote de crête autour de 715 m NGA, et une cote minimale d'exploitation pour l'irrigation de 690 m. le choix de la variante préconiser se fait après l'étude des variantes proposé afin d'assurer un meilleur tracé économique et pertes de charges minimales.

La conduite d'adduction part du barrage de Beni Slimane. Tout le système est irrigué par pression naturelle sauf quelque ilots nécessitent une énergie additionnelle, et toutes les conduites d'adduction sont en fonte, matériel qui permet de supporter les pressions du système avec de nombreux avantages d'installation et de maintenance.

Dans le cas où la pression entre la chambre de vanne et la tête de secteur est importante (>7bars) on opte pour :

**Variante 1 :** La réalisation d'un réservoir de régulation pour baisser la charge Hydrostatique dans les canalisations ;

**Variante 2 :** L'installation des brises charge dans la tête de secteur.

Vu que la plus part des pressions sont supérieures à 7 bars, on choisit la variante 1 une adduction du barrage vers un bassin de régulation.

Pour le réseau de distribution, des canalisations secondaires et tertiaires alimenteront les parcelles à partir de la conduite principale.

Le fonctionnement du système d'irrigation sera à la demande jusqu'à la borne d'irrigation en garantissant une pression de 2 bars à la tête de l'îlot.

### V.6. Dimensionnement du Bassin de régulation :

Le volume du Bassin est estimé comme suit :

$$V = Qc \times Tnf$$

Tel que :

- ✓ **V:** Volume d'eau d'irrigation (m<sup>3</sup>) ;
- ✓ **QC :** débit caractéristique (m<sup>3</sup>/h), pour notre cas : Qcar=3240 m<sup>3</sup>/h ;
- ✓ **Tnf :** temps de non fonctionnement pris égal à 2 heures ;

**A.N :**  $V = 3240 \times 2 = 6480 \text{ m}^3$ .

Alors on prend :

<b>V= 6500 m<sup>3</sup></b>
------------------------------

Vu le volume de régulation nous optons pour un réservoir rectangulaire avec les dimensions 6\*40\*27.

## **V.7. Etude du système d'adduction-distribution :**

### **V.7.1. Tracé du réseau de distribution :**

Afin de tracer un réseau de distribution il est indispensable de prendre en considération des critères suivants :

- le tracé doit être le plus court possible pour assurer l'économie du projet.
- Éviter le phénomène de cavitation qui peut engendrer les éclatements et vibration de la canalisation au cours de la phase de surpression.
- Un profil en long régulier pour éliminer les contre pentes
- un réseau ramifié qui conduit à un coût d'investissement optimum.

### **V.7.2. Choix du matériau des conduites :**

Le choix du type de matériau des conduites doit se faire en tenant en compte des facteurs suivants :

- Les conditions topographiques du terrain (type de relief, instabilité du sol, encombrement du sous-sol).
- La capacité d'écoulement hydraulique (diamètre, pente, vitesse, coefficient de rugosité, qualités physico-chimiques du fluide transporté).
- L'érosion et la corrosion par suite d'attaque physico-chimique
- Les conditions d'installation et de raccordement sur chantier.
- Disponibilité sur le marché.

Parmi les matériaux les plus utilisées on peut citer : l'acier, fonte, PEHD, PRV, PVC etc.

- **Conduites en acier :**

Il existe trois familles principale d'acier : les aciers au carbone d'usage général, l'acier Faiblement allié pour haute résistance et fortement allié d'usage particulier, Les tubes en acier sont livrés en longueurs fixes comprises entre 6 et 14 m, leur épaisseur est de 3 à 9 mm, ils sont plus souples que ceux en fonte, ils s'adaptent bien aux irrégularités du lit des tranchées, de ce fait ils n'ont pas obligatoirement besoin de joints. Les conduites en acier sont plus sensibles à la corrosion de diverses sortes, Par contre la rupture est peu fréquente, donc un bon revêtement accompagné d'une protection cathodique bien dimensionnée permet de protéger la conduite pendant un temps de service assez long.

- **Conduites en fonte :**

C'est un matériau métallique ferreux très utilisé, Elle contient entre 2 à 4 % de carbone. Les conduites en fonte sont en général assez fragiles, peu ductiles et difficilement soudables .les conduites en fontes plusieurs avantages et inconvénients :

Avantages :

- ✓ grande résistance mécanique
- ✓ bonne conduction du son pour la recherche de fuite
- ✓ détection assez bonne avec les outils de géo détection classique même si le signal diminue à chaque joint.
- ✓ Bonne résistance à la corrosion.
- ✓ Très rigides et solides.
- ✓ Une durée de vie assez longue.

Inconvénients :

- ✓ Coût relativement important.
- ✓ Conduites lourdes.
- ✓ Elles nécessitent un engin de levage.

- **Conduites en PEHD :**

Elles sont les plus utilisées car elles présentent des avantages importants :

- ✓ 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.

Leurs inconvénients :

- ✓ sensibles aux surcharges et aux appuis pointus.
- ✓ semblables peuvent causer des dégâts par corrosion.
- ✓ Les petites fissures et trous ont une tendance à se propager rapidement.

- **Conduites en PVC :**

Le polychlorure de vinyle ou chlorure de polyvinyle est un polymère thermoplastique. Les conduites en PVC présentent la plupart du temps des ruptures longitudinales ou des écrasements localisés, Elles sont sensibles aux surpressions (coups de bélier) surtout si elles présentent dans un réseau en forme, Sensible aux surcharges surtout à vide, Possibilité d'agression chimique par la colle utilisée pour le raccordement. Le faible poids de la conduite permet une manipulation simple.

- **Conduites en PRV :**

C'est les conduites plastiques renforcées de fibres de verre pour améliorer leur résistance afin de supporter des pressions plus importantes, sensibles aux surcharges et à la sollicitation concentrée, contrairement aux autres conduites, les conduites renforcées de fibres ne sont pas attaquées par la corrosion, Le faible poids de la conduite permet une manipulation simple. La longueur des éléments de tuyaux peut être élevée, ce qui réduit, le cas échéant, le nombre de raccords.

Dans notre cas, les conduites seront en fonte pour  $D > 315$  mm et PEHD pour les diamètres inférieurs à 315 mm

### V.7.3. Dimensionnement hydraulique des canalisations :

- **Vitesse admissible :**

La fixation d'un seuil de vitesse admissible est important afin d'éviter les risques entraînés par des vitesses importantes (risque d'érosion) et les vitesses faibles (risque de dépôts solides). La vitesse admissible comprise entre 0.5 m/s, comme vitesse minimale, et 2.5 m/s Comme vitesse maximale

Pour notre étude, nous prenons une vitesse de 2 m/s.

- **Calcul des diamètres :**

Le calcul des diamètres se fait par l'application de la formule de " LABYE " qui nous donne une approche du diamètre économique qu'on normalise.

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{V_{adm} \times \pi}}$$

Tel que :

- ✓ **Q** : débit exprimé en m<sup>3</sup>/s,
- ✓ **D** : diamètre exprimé en mm;
- ✓ **V<sub>adm</sub>**: vitesse admissible = 2 m/s.

- **Calcul des pertes de charges :**

Les pertes de charge sont calculées selon la formule de Hazen-williams comme suit :

$$J = \left( \frac{3.592}{C_{hw}} \right)^{1.852} \frac{L}{D^{4.87}} Q^{1.852}$$

Tel que :

- ✓ **L** : longueur du tronçon en (m).
- ✓ **Q** : débit de refoulement en (m<sup>3</sup>/s).
- ✓ **J** : Pertes de charge linéaires en(m).
- ✓ **Chw** : coefficient de hazen williams .
- ✓ **D** : le diamètre en (m).

Les pertes de charge singulières sont estimées à 10% des pertes de charge linéaires.

L'estimation des pressions est basée sur le principe de Bernoulli entre le point A et le point B:

$$Z1 + h1 + \frac{v1^2}{2g} = Z2 + h2 + \frac{v2^2}{2g} + \Delta H$$

Où :

- ✓ h1 et h2 sont les hauteurs de pressions ;
- ✓ V1 et V2 sont les vitesses d'écoulement dans A et B ;
- ✓ Z1 et Z2 sont les côtes du terrain naturel ;
- ✓  $\Delta H$  : sont les pertes de charge entre A et B.

#### **Le Tableau V. 4 : Calculs hydrauliques du réseau de distribution**

tronçon	longueur du tronçon (m)	Surface (Ha)	Débit Q (l/s)	Débit Q (m <sup>3</sup> /s)	Diamètre calculé (mm)	Diamètre N (mm)	Matériau	Vitesse réelle (m/s)	Perte de charge $\Delta HL$ (m)	Perte charge total $\Delta Ht$ (m)	Cote terrain aval Z (m)	cote piézométrique (m)	Pression (m)	Pression (Bar)
B-R	2465	611.29	892.500	0.893	870.402	1000	Fonte	1.136	2.593	2.852	665	687.15	22.15	2.21
R-Ts	2402	611.29	892.500	0.893	870.402	1000	Fonte	1.136	2.527	2.779	614	668.22	54.22	5.42
Ts-B1	43.94	15.31	22.353	0.022	137.746	140	PEHD	1.452	0.628	0.691	615.5	667.53	52.03	5.20
B1-B2	228.44	12.05	17.593	0.018	122.204	140	PEHD	1.143	2.096	2.305	616.7	665.22	48.52	4.85
B2-B3	65.06	11.14	16.264	0.016	117.499	110	PEHD	1.711	1.670	1.837	616.7	663.39	46.69	4.67
B3-B4	76.81	10.11	14.761	0.015	111.935	110	PEHD	1.553	1.648	1.812	616.5	661.57	45.07	4.51
B4-B5	62.71	9.36	13.666	0.014	107.704	110	PEHD	1.438	1.166	1.283	617.3	660.29	42.99	4.30
B5-B6	102.03	5.6	8.176	0.008	83.3079	110	PEHD	0.860	0.733	0.806	618	659.49	41.49	4.15
B6-N1	115.88	3.51	5.125	0.005	65.9547	75	PEHD	1.160	2.263	2.489	617.7	657.00	39.30	3.93
N1- B7	269.55	1.79	2.613	0.003	47.0998	63	PEHD	0.838	3.535	3.888	618	653.11	35.11	3.51
N1- B8	49.5	1.72	2.511	0.003	46.1696	50	PEHD	1.279	1.858	2.044	617.5	654.95	37.45	3.75
B8-B9	119.63	0.86	1.256	0.001	32.6469	40	PEHD	0.999	3.688	4.056	616.8	650.90	34.10	3.41
Ts-B10	214.62	34.11	49.801	0.050	205.605	200	PEHD	1.585	2.381	2.619	621.5	665.60	44.10	4.41
B10-B11	77.38	28.18	41.143	0.041	186.88	200	PEHD	1.310	0.603	0.663	623.7	664.94	41.24	4.12
B11-B12	41.24	25.5	37.230	0.037	177.772	200	PEHD	1.185	0.267	0.294	625	664.64	39.64	3.96
B12-B13	83.77	20.35	29.711	0.030	158.809	160	PEHD	1.478	1.059	1.164	626.4	663.48	37.08	3.71
B13-B14	264.45	15.18	22.163	0.022	137.16	140	PEHD	1.440	3.721	4.093	627.5	659.39	31.89	3.19
B14-B15	142.64	9.66	14.104	0.014	109.416	110	PEHD	1.484	2.812	3.094	625.2	656.29	31.09	3.11
B15-B16	77.2	5.78	8.439	0.008	84.6362	90	PEHD	1.326	1.562	1.719	627	654.58	27.58	2.76
TS-B17	43.76	173.38	253.135	0.253	463.545	450	Fonte	1.592	0.218	0.240	614.8	667.98	53.18	5.32
B17-B18	300	151.46	221.132	0.221	433.253	450	Fonte	1.390	1.163	1.280	616.3	666.70	50.40	5.04
B18-B19	139.81	135.67	198.078	0.198	410.048	400	Fonte	1.576	0.785	0.863	617	665.84	48.84	4.88
B19-N2	1115.35	103.66	151.344	0.151	358.425	350	Fonte	1.573	7.287	8.016	606.5	657.82	51.32	5.13
N2-B20	17.41	18.06	26.368	0.026	149.607	160	PEHD	1.311	0.176	0.194	606.5	657.63	51.13	5.11

B20-B21	88.56	12.16	17.754	0.018	122.761	125	PEHD	1.447	1.435	1.578	605.5	656.05	50.55	5.05
N2-B24	652.32	6.54	9.548	0.010	90.0287	110	PEHD	1.005	6.245	6.870	598.5	650.95	52.45	5.25
N2-B22	13.54	79.06	115.428	0.115	313.019	315	PEHD	1.481	0.078	0.086	606.5	657.74	51.24	5.12
B22-B23	526.44	50.45	73.657	0.074	250.048	250	PEHD	1.501	4.067	4.474	606.7	653.26	46.56	4.66
TS-B25	34.21	124.19	181.317	0.181	392.316	400	Fonte	1.443	0.163	0.179	613.6	668.04	54.44	5.44
B25-B26	66.14	120.43	175.828	0.176	386.331	400	Fonte	1.399	0.298	0.327	612	667.71	55.71	5.57
B26-B27	416.7	116.43	169.988	0.170	379.861	400	Fonte	1.353	1.762	1.938	608	665.78	57.78	5.78
B27-B28	29.78	107.45	156.877	0.157	364.918	400	Fonte	1.248	0.109	0.119	607	665.66	58.66	5.87
B28-N3	549.63	85.43	124.728	0.125	325.385	350	Fonte	1.296	2.510	2.761	598.3	662.90	64.60	6.46
N3-B29	72.82	10.62	15.505	0.016	114.724	125	PEHD	1.263	0.918	1.010	598	661.89	63.89	6.39
N3-B30	27.77	40.76	59.510	0.060	224.755	250	PEHD	1.212	0.145	0.159	598.3	662.74	64.44	6.44
B30-B31	557.84	32.1	46.866	0.047	199.455	200	PEHD	1.492	5.531	6.084	593.3	656.65	63.35	6.34
B31-B32	685.48	19.13	27.930	0.028	153.975	160	PEHD	1.389	7.725	8.498	595.8	648.16	52.36	5.24
N3-B33	54.25	34.05	49.713	0.050	205.424	200	PEHD	1.582	0.600	0.660	599	662.24	63.24	6.32
B33-B34	26.59	25.17	36.748	0.037	176.618	200	PEHD	1.170	0.168	0.185	599	662.05	63.05	6.31
B34-B35	214.92	14.8	21.608	0.022	135.433	140	PEHD	1.404	2.885	3.174	600	658.88	58.88	5.89
B35-B36	277.63	11.06	16.148	0.016	117.077	140	PEHD	1.049	2.173	2.390	604.2	656.49	52.29	5.23
TS- B37	157.26	245.51	358.445	0.358	551.603	600	Fonte	1.268	0.368	0.404	615.5	667.82	52.32	5.23
B37-B38	22.55	225.4	329.084	0.329	528.529	600	Fonte	1.164	0.039	0.043	615	667.77	52.77	5.28
B38-B39	385.05	223.05	325.653	0.326	525.767	600	Fonte	1.152	0.753	0.829	620.2	666.94	46.74	4.67
B39-N4	132.67	213.64	311.914	0.312	514.557	600	Fonte	1.103	0.240	0.264	622.2	666.68	44.48	4.45
N1-B40	20.06	7.41	10.819	0.011	95.83	110	PEHD	1.138	0.242	0.266	622.2	666.41	44.21	4.42
B40-B41	261.87	2.26	3.300	0.003	52.9232	63	PEHD	1.058	5.289	5.817	622.8	660.60	37.80	3.78
B41-B42	60.31	1.58	2.307	0.002	44.2508	50	PEHD	1.175	1.934	2.128	623.2	658.47	35.27	3.53
N4-B43	17.18	206.23	301.096	0.301	505.555	500	fonte	1.533	0.071	0.078	622	666.60	44.60	4.46
B43-B44	108.36	204.77	298.964	0.299	503.762	500	fonte	1.523	0.440	0.484	622.6	666.12	43.52	4.35
B44-B45	114.66	203.51	297.125	0.297	502.21	500	fonte	1.513	0.460	0.506	621.5	665.61	44.11	4.41

B45-N5	75.96	202.56	295.738	0.296	501.036	500	Fonte	1.506	0.302	0.332	621	665.28	44.28	4.43
N5-46	133.19	15.35	22.411	0.022	137.926	140	PEHD	1.456	1.913	2.104	627	663.18	36.18	3.62
B46-47	101.2	12.52	18.279	0.018	124.565	125	PEHD	1.490	1.731	1.904	630	661.27	31.27	3.13
B47-B48	87.34	9.65	14.089	0.014	109.359	110	PEHD	1.483	1.719	1.891	633.2	659.38	26.18	2.62
B48-B49	40.85	8.37	12.220	0.012	101.849	110	PEHD	1.286	0.618	0.679	634.8	658.70	23.90	2.39
B49-B50	32.94	0.93	1.358	0.001	33.9495	40	PEHD	1.081	1.174	1.291	636	657.41	21.41	2.14
N5-51	46.38	25.25	36.865	0.037	176.898	180	PEHD	1.449	0.492	0.542	619.3	664.74	45.44	4.54
B51-B52	25.26	20.03	29.244	0.029	157.555	160	PEHD	1.454	0.310	0.341	618.8	664.40	45.60	4.56
B52-B53	638.97	8.77	12.804	0.013	104.254	140	PEHD	0.832	3.255	3.580	604.3	660.82	56.52	5.65
N5-B54	30.22	161.96	236.462	0.236	448.019	500	Fonte	1.204	0.079	0.087	621	665.19	44.19	4.42
B54-B55	25.39	149.79	218.693	0.219	430.858	500	Fonte	1.114	0.058	0.064	621	665.13	44.13	4.41
B55-B56	32.8	142.46	207.992	0.208	420.183	500	Fonte	1.059	0.068	0.075	621	665.06	44.06	4.41
B56-N6	368.24	137.23	200.356	0.200	412.398	500	fonte	1.020	0.712	0.783	630	664.27	34.27	3.43
N6-B57	12.69	108.57	158.512	0.159	366.815	400	Fonte	1.261	0.047	0.052	629	664.22	35.22	3.52
B57-B58	211.83	80.36	117.326	0.117	315.582	315	PEHD	1.506	1.258	1.383	626	662.84	36.84	3.68
B58-B59	434.74	52.43	76.548	0.077	254.907	280	PEHD	1.243	2.077	2.285	621	660.55	39.55	3.96
B59-60	24.41	34.46	50.312	0.050	206.657	200	PEHD	1.601	0.276	0.304	621.5	660.25	38.75	3.87
N6-B61	29.36	28.66	41.844	0.042	188.465	180	PEHD	1.644	0.394	0.434	630.5	663.84	33.34	3.33
B61-B62	137.54	17.55	25.623	0.026	147.479	140	PEHD	1.665	2.532	2.785	629.2	661.05	31.85	3.19
B62-B63	67.86	11.87	17.330	0.017	121.288	125	PEHD	1.412	1.051	1.157	628.3	659.90	31.60	3.16
B63-B64	277.43	10.16	14.834	0.015	112.212	125	PEHD	1.209	3.223	3.545	639.5	656.35	16.85	1.69
B64-N7	178.57	7.96	11.622	0.012	99.3228	110	PEHD	1.223	2.460	2.706	645.9	653.65	7.75	0.77
N7-B65	16.47	5.55	8.103	0.008	82.9352	90	PEHD	1.274	0.309	0.340	647.5	653.31	5.81	0.58
B65-B66	126.43	3.14	4.584	0.005	62.3817	75	PEHD	1.038	2.008	2.209	648.9	651.10	2.20	0.22
N7-B67	101.35	1.59	2.321	0.002	44.3906	63	PEHD	0.745	1.067	1.174	646.8	652.47	5.67	0.57

**V.8. Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons étudié le système d'adduction et de distribution du périmètre, qui est découpé en 67 ilots et 208 parcelles et comporte 67 bornes, le réseau d'adduction est constitué d'une conduite gravitaire du barrage vers un bassin de régulation qui alimente à son tour le réseau de distribution.

Nous avons abordé le calcul des canalisations hydraulique afin d'estimer les diamètres de canalisations et les pressions aux bornes qui sont indispensables à toute projection d'un réseau d'irrigation, ce qui permet d'utiliser différents systèmes d'irrigation tel que le goutte à goutte même les plus exigeants en pression comme l'aspersion.

---

## **Chapitre VI : Choix du système d'irrigation**

---

**VI.1. Introduction :**

Le choix du système d'irrigation dépend de plusieurs facteurs techniques, économiques et sociologiques.

Les facteurs techniques qui englobent la topographie, la qualité d'eau et le type de sol et de culture. et les facteurs socio-économique incluent le coût d'investissement, la structure des exploitations, la main d'œuvre, les frais d'entretien et d'autres facteurs indispensables dans le choix des Méthodes d'irrigation adoptées, dans ce présent chapitre nous allons choisir les techniques d'irrigation les plus adéquates.

**VI.2. Les techniques d'irrigation :**

On distingue trois grandes techniques d'irrigation :

- Irrigation gravitaire
- Irrigation par aspersion
- Micro-irrigation (goutte à goutte)

**VI.2.1. Irrigation gravitaire :**

L'irrigation gravitaire recouvre l'ensemble des techniques d'irrigation où l'eau disponible en tête de parcelle est répartie sur le terrain à irriguer par un écoulement gravitaire de surface, elle ne nécessite pas un aménagement adéquat du sol, elle peut s'adapter aux cultures arboricoles et maraichères. L'eau est distribuée au champ, soit par submersion, soit dans des sillons en terre ou bien par ruissellement à la surface d'une planche d'arrosage.

**VI.2.1.1. Irrigation par submersion :**

Cette méthode consiste à introduire l'eau rapidement dans des bassins constitués de cuvettes en terre, à fond à peu près plat, entourées de diguettes de faible hauteur ou levées. Ces levées sont conçues pour empêcher le passage de l'eau aux champs adjacents. En général, cette technique d'irrigation s'applique à toutes les cultures qui peuvent tolérer la submersion par les eaux pour une longue durée.

**VI.2.1.2. Irrigation à la raie / par sillons :**

Les sillons sont des petites rigoles en terre, aménagées dans le sens de la pente du terrain, pour transporter l'eau entre les rangées de cultures. L'eau s'infiltré dans le sol, principalement par les côtés du sillon, tout le long de son trajet dans le sens de la pente du terrain. Cette technique est valable pour l'irrigation de toutes les cultures en lignes et pour toutes les cultures qui ne tolèrent pas la submersion par les eaux de leur feuillage ou de leur collet pour une longue durée.

### VI.2.1.3. Irrigation par ruissellement / par planche :

Les planches sont des bandes de terrain, aménagées en pente douce et séparées par des diguettes. L'alimentation en eau des planches est faite de plusieurs façons: soit à l'aide de prises d'eau aménagées sur le canal d'amenée et équipées d'une vannette, soit par des siphons, ou bien par des tuyaux d'alimentation passant à travers les berges du canal d'amenée. La lame d'eau introduite ruisselle en descendant la pente de la planche, guidée par les diguettes des deux côtés de celle-ci.



**Figure VI.1** : Irrigation gravitaire.

### VI.2.1.4. Les avantages et les inconvénients de l'irrigation gravitaire :

#### a. Avantages :

- ✓ Cout d'investissement faible par rapport à l'irrigation par aspersion et goutte à goutte.
- ✓ Technique simple.
- ✓ N'exige pas un matériel coûteux.
- ✓ Besoin en énergie faible ou nul.
- ✓ Insensibilité au vent.

#### b. inconvénients :

- ✓ Main d'œuvre importante.
- ✓ La durée d'arrosage est plus longue.
- ✓ Pertes de quantité d'eau importante.

- ✓ Surface consommée par les canaux et les rigoles.
- ✓ Terrassent du sol.

### VI.2.2. Irrigation par aspersion :

C'est l'Irrigation qui projette l'eau en l'air pour tomber à la surface du sol sous forme de fines gouttelettes. C'est un réseau de conduites sous pression portant des asperseurs ou des buses, conçu pour projeter des jets ou pulvériser de l'eau sous forme de fine gouttes à la surface du sol. (FAO, 2008). Elle s'adapte aux cultures en plein champ céréaliculture et maraichères.

#### VI.2.2.1. Types d'irrigation par aspersion :

Selon sa mobilité dans la parcelle, on classifie les systèmes d'irrigation par aspersion en **saisonniers**, lorsqu'ils restent dans la même position durant l'irrigation, ou **mécanisés** quand ils se déplacent pendant la distribution de l'eau d'irrigation.

##### ▪ Systèmes saisonniers :

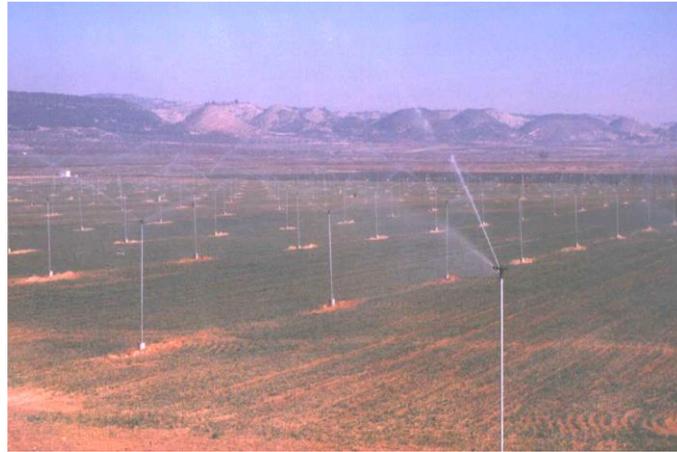
Les systèmes saisonniers, se subdivisent en:

- ✓ **Systèmes mobiles** : où tous les éléments de l'installation inclus le groupe de pompage, et qui peut être déplacés librement par la propriétaire. Quand l'irrigation dans une des positions se termine, il faut déplacer tout l'embranchement jusqu'à la nouvelle zone à arroser, ce qui a pour conséquence la nécessité d'une grande quantité de main-d'œuvre, dans des conditions de travail assez dures. Ce type d'équipements est installé habituellement, pour appliquer des irrigations éventuelles ou comme des solutions d'urgence dans de petites parcelles, ou pour appliquer des irrigations complémentaires.
- ✓ **Systèmes semi – fixes** : où le groupe de pompage et le réseau de conduites principales sont fixes, et auxquelles sont connectés les embranchements d'irrigation, qui dans ce cas sont effectivement mobiles.



**Figure VI.2** : système d'aspersion semi-fixe.

- ✓ **Systèmes fixes** : où aucun des éléments n'est déplacé pendant l'irrigation. Dans les systèmes fixes enterrés, on remarque la couverture totale, dans laquelle le design du cadre d'irrigation le plus adéquat, prend beaucoup d'importance puisque il ne pourra pas être modifié facilement. L'ouverture et fermeture des valvules dans ce système peuvent être facilement automatisées.



**Figure VI.3** : Système d'aspersion fixe (couverture totale).

- **Système mécanisés** :

Il existe également différents systèmes d'irrigations par aspersion mécanisés :

- ✓ **Les canons motorisés** : consistent en un asperseur de grande portée et d'apport important, ce pourquoi ils fonctionnent avec une pression élevée et forment des gouttes assez grandes. On l'utilise pour fournir des irrigations de support ou pour des cultures de faibles nécessités.



**Figure VI.4** : Canon d'irrigation.

- ✓ **Le pivot** : est un embranchement d'irrigation avec une extrémité fixe, par laquelle il reçoit de l'eau et de l'énergie électrique, et une autre mobile qui décrit un cercle autour du premier. La longueur totale de l'équipement varie entre les 60 et 800 m. Ce type d'équipements irrigue une surface de forme circulaire, c'est pourquoi il

paraît inévitable que, si la parcelle ne présente pas cette forme, il reste des zones qui ne seront pas irriguées.



**Figure VI.5 :** Irrigation par pivot.

- ✓ **Les Rangers** : consistent en un embranchement d'irrigation monté sur des roues automotrices, qui se déplacent dans le sens perpendiculaire à l'embranchement d'irrigation de sorte, qu'ils arrosent des surfaces de forme rectangulaire. L'approvisionnement en eau est mené à bien, au moyen d'un manche flexible traînée par la même équipement, ou directement depuis une conduite parallèle à l'avancement de l'équipement. Ils disposent en plus d'un système qui permet de tenir la conduite alignée de sorte, que des dommages ne soient pas causés à la culture ou que l'équipement ne sorte pas de la parcelle.



**Figure VI.6 :** Irrigation par avancement frontal.

#### VI.2.2.2. Les avantages et les inconvénients de l'irrigation par aspersion :

##### a. Avantages :

- ✓ Elle s'adapte à n'importe quel type de terrain.
- ✓ Elle présente une économie de l'eau, qui peut atteindre 50%.
- ✓ Elle permet une forte oxygénation de l'eau.

- ✓ Permet d'obtenir un degré plus élevé d'automatisation, avec la conséquente économie en main d'œuvre que cela suppose.
- ✓ Présente une superficie utile élevée, puisqu'en général les conduites sont souterraines, et on peut se passer des canaux d'irrigation et canaux existants.
- ✓ Il n'y a pas de nécessité de nivelage préalable, ce qui permet, en plus de la conséquente économie, de maintenir la fertilité naturelle du sol.

**b. Inconvénients :**

- ✓ Investissements initiaux élevés.
- ✓ Développement des mauvaises herbes.
- ✓ Elle favorise l'évaporation qui est d'autant plus intense que les gouttelettes sont fines.
- ✓ Favorise l'apparition des problèmes phytosanitaires en créant un milieu propice aux champignons, insectes et autres maladies.

**VI.2.3. La micro-irrigation :**

La micro-irrigation ou l'irrigation localisée est une expression de techniques nouvelles d'irrigation en particulier et principalement « goutte à goutte ». c'est une technique dont l'uniformité de distribution d'eau par les goutteurs est très sensible aux faibles variations de pression, Les caractéristiques communs de ces techniques :

- ✓ Une alimentation en eau à proximité immédiate du système racinaire des plantes.
- ✓ La distribution en faible débit instantanés.
- ✓ Limitation de la surface humectée du sol.



**Figure VI.7. :** Système d'irrigation goutte à goutte.

**VI.2.3.1. Les avantages et les inconvénients de la micro-irrigation :****a. Avantage :**

- ✓ Economisent fortement l'eau.
- ✓ S'adapte bien à tous types de sols et de reliefs.
- ✓ Insensible aux vents.
- ✓ Présente des rendements excellents.
- ✓ Permet d'arroser avec des débits très faibles avec contrôle précis de la dose.
- ✓ Economie de la main d'œuvre.
- ✓ Des coûts d'entretien faible.

**b. Inconvénients :**

- ✓ Présente un coût de première installation élevé.
- ✓ Connaisse une sensibilité des goutteurs à l'obstruction.
- ✓ Nécessite une maintenance rigoureuse.
- ✓ Exige un haut niveau de compétence au moins pour les études.
- ✓ Convienne mieux à des cultures à forte valeur ajoutée.
- ✓ fonctionne avec du matériel délicat à durée de vie relativement faible.

**VI.3. critères de choix des techniques d'irrigation :**

Le choix des techniques d'irrigation repose sur un ensemble de critères et de contraintes, on tient compte des critères suivants :

- a. La topographie.
- b. Les ressources en eau (qualités, quantités et pression).
- c. La nature du sol (perméabilité, texture).
- d. Facteurs sociologique et culturels.
- e. Facteurs économiques.
- f. Efficience de l'irrigation.

Le tableau ci-dessous présente les cultures qui s'adaptent à chaque technique d'irrigation.

**Tableau VI.1. Adaptation des cultures aux techniques d'irrigation**

Les cultures	Irrigation gravitaire	Irrigation aspersion	par	Micro-irrigation
Céréales	inadéquat	Très adapté		inadéquat
maraichères	Très adapté	Très adapté		Très adapté
Arboricultures	Très adapté	inadéquat		Très adapté

**VI.4.conclusion :**

D'après les conditions pédoclimatiques et socioéconomiques de la zone d'étude, et les caractéristiques technique de chaque méthode d'irrigation cité précédemment, on opte pour le système d'irrigation par aspersion mécanisé pour les céréales et fourrage et le système d'irrigation par goutte à goutte pour les arboricultures et les maraichères, ceci, en raison de leur efficience, rentabilité et économie d'eau.

---

## **Chapitre VII : Dimensionnement de la parcelle**

---

### VII.1. Introduction :

Le choix de la technique d'irrigation est une étape primitive dans l'élaboration d'un schéma d'aménagement agricole.

Ce présent chapitre est dédié à traiter les deux techniques d'irrigation choisies dans le chapitre précédent, L'irrigation par aspersion et le système goutte à goutte afin d'obtenir un rendement optimal tout en économisant les ressources en eau.

L'objectif de ce chapitre, est le calcul des installations d'irrigation à la parcelle pour l'irrigation localisée selon les cultures de prunier et le système d'irrigation par aspersion selon les cultures de l'orge grain.

### VII.2. Dimensionnement du réseau d'irrigation par aspersion :

Le réseau d'irrigation par aspersion est installé dans l'ilot N°19 sur la parcelle P62 dont la surface est de 15.79ha alimentée par la borne B18 et dont les pressions calculées sont de l'ordre de 5.04bars, ce qui est largement suffisant pour alimenter la parcelle.

#### VII.2.1. Données générale :

- **Choix de la culture :** Blé tendre ;
- **Choix du mode de couverture :** pour des raisons économiques, on adopte pour la couverture totale ;
- **Temps de travail :** 22 heures par jour, et 26 jours par mois ;
- **Besoins en eau de pointes :** 103.95 mm pour le mois de mai;
- **Perméabilité du sol :** le sol est de type argileux 10 mm/h.

#### VII.2.2. Calcul de la dose pratique :

La RFU est calculée par la formule suivante :

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

Avec :

- ✓ **Y :** degré de tarissement : égal à 2/3 ;
- ✓ **Da :** densité apparente : égale à 1.5 ;
- ✓ **Z :** profondeur d'enracinement mm (60 cm pour l'Avoine) ;
- ✓ **H<sub>cc</sub> :** humidité à la capacité au champ (26%) ;
- ✓ **H<sub>pf</sub> :** humidité au point de flétrissement (17%).

**A.N.:**  $RFU = 2/3(0.26 - 0.17)1.5 \cdot 600 = 54 \text{ mm}$



<b>RFU = 54 mm</b>
--------------------

### VII.2.3. Calcul de la dose l'ajutage :

Pour une perméabilité du sol  $k = 10\text{mm/h}$ , on prend directement d'après la fiche technique d'un arroseur de type Perrot (voir annexe G), le diamètre de la buse normalisé est :

$$d(\text{mm}) = 4.8\text{mm}$$

### VII.2.4. Calcul de la portée du jet (L) :

La portée du jet se calcul par l'équation suivante :

$$L = 3 \cdot d^{0.5} \cdot h^{0.25}$$

Avec :

- ✓ **d** : diamètre de la buse en (mm)
- ✓ **h** : pression de la buse en (m),

Dans notre cas :  $h = 3 \text{ bars} = 30 \text{ m}$ .

A.N :  $L = 3 \times 4.8^{0.5} \times 30^{0.25}$

$$L = 15.38 \text{ m}$$

D'après le résultat du calcul et le catalogue de l'annexe G, nous avons le diamètre de la Buse égale à 4.8mm, avec une pression minimale de 3 bars, et une portée **L = 16m**.

### VII.2.5. Ecartement entre les rampes et les arroseurs :

En fonction de la vitesse du vent, les normes américaines recommandent l'écartement maximum suivant :

- L'écartement  $E_L$  entre les lignes d'arrosage est égal a 1.25 L pour un vent faible et à 1.02 L pour un vent fort.
- L'écartement  $E_a$  entre les arroseurs sur la rampe est égal à 0.8 L pour un vent faible et à 0.5 L pour un vent fort.

Notre zone d'étude présente des vitesses de vents oscillant entre 2.1 et 3 m/s, qui

Correspondent à des conditions de vent peu violents, donc on prend les valeurs suivantes :

- ✓  $E_L = 1.25 \times 16 = 20 \text{ m}$
- ✓  $E_a = 0.8 \times 16 = 12.8 \text{ m}$

On prend les valeurs normalisées des écartements, d'où :

$$E_L = 18 ; E_a = 20$$

a. Vérification de la pluviométrie ( $P < K$ ) :

• Débit de l'asperseur :

Le débit d'un asperseur est calculé par la relation suivante :

$$Q = 0.95 * \pi d^2 * 4 \sqrt{2 * g * h}$$

Tel que:

- ✓ **Q** : Débit de l'asperseur (m<sup>3</sup>/s)
- ✓ **d** : Diamètre de l'ajutage (m)
- ✓ **h** : Pression à la buse (m)

A.N:

$$Q = 0.95 * \frac{\pi d^2}{4} * \sqrt{2 * g * h}$$

$$Q = 0.95 * \frac{\pi (4.8 * 0.001)^2}{4} * \sqrt{2 * 9.81 * 30}$$

$$Q = 4.17 * 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} = 1.5 \text{ m}^3/\text{h}$$

• Vérification de la pluviométrie de l'asperseur :

Si nous admettons que l'écartement est proportionnel à L, la pluviométrie horaire p en (mm/h) peut être appréciée par la relation :

$$p = \frac{q}{El * E_a}$$

Ou :

- ✓ **q** : Débit de l'asperseur (m<sup>3</sup>/h) ;
- ✓ **E<sub>a</sub>** : Espacement entre asperseur (m) ;
- ✓ **El** : Espacement entre ligne d'arrosage (m).

A.N:

$$p = \frac{1.5}{18 * 12} = 6.94 \text{ mm.}$$

$$P = 6.94 \text{ mm}$$

Donc le diamètre de la buse choisie assurera une pluviométrie  $P \leq K = 10 \text{ mm/h}$ .

**VII.2.6. Paramètres d'arrosage :****a. Calcul du tour d'eau :**

$$\text{Teau} = \frac{\text{DoseRFU} \cdot \text{Nj}}{\text{Bmp}}$$

Tel que :

- ✓ DoseRFU = 54mm
- ✓ Nj = 26 jours/mois
- ✓ Bmp = 103.95 mm

**A.N :**

$$\text{Teau} = \frac{54 \cdot 26}{103.95}$$

$$\text{Teau} = 14.5 \text{ jours}$$

On prend un :

$$\text{Teau} = 15 \text{ jours}$$

**b. Nombre d'irrigations par mois :**

D'après les calculs ci-dessus, nous irriguons  $30/15 = 2$  fois.

**c. Calcul de la dose réelle :**

Dose réelle = Teau \* la dose journalière

**A.N :** Dose réelle =  $15 * 3.465 \text{ mm}$

$$\text{Dose réelle} = 51.97 \text{ mm}$$

**d. Calcul de la dose brute :**

$$\text{Dose brute} = \frac{\text{Dr}}{\text{Ei}}$$

Avec :

- ✓ **Ei** : L'efficience de l'irrigation  $\text{Ei} = 0.75$ .

**A.N :**  $Db = \frac{51.97}{0.75} = 69.29 \text{ mm}$

$$Db = 69.29\text{mm}$$

**e. Temps d'arrosage par position :**

Le temps d'arrosage par position sans dépasser la capacité d'infiltration est calculé comme suit :

$$T = \frac{\text{Dose brute}}{K_{\text{pluviométrie}}}$$

**A.N :**  $T = \frac{69.29}{10} = 7\text{h.}$

Le temps d'arrosage est :

$$T = 7 \text{ heures}$$

Donc on pourra adopter trois positions par jour pour chaque asperseur sans dépasser les 22 heures.

**f. Calcul de l'unité d'arrosage :**

$$Su = \frac{S}{\text{Teau} \cdot N}$$

Tel que :

- ✓ **S** : Surface totale (ha) ;
- ✓ **T** : Temps d'arrosage par position (heures) ;
- ✓ **n** : Nombre de position = 5 .

**A.N :**  $Su = \frac{15.79}{15 \cdot 3} = 0.35\text{ha}$

$$Su = 0.35\text{ha}$$

**VII.2.7. Calcul du débit d'équipement :**

Le débit d'équipement est calculé comme suit :

$$Q \text{ (m}^3\text{/h)} = \frac{S(\text{ha}) \cdot B(\text{mm}) \cdot 10}{T_a \cdot n \cdot N_j}$$

**A.N:**  $Q \text{ (m}^3\text{/h)} = \frac{15.79 \cdot 103.95 \cdot 10}{7 \cdot 3 \cdot 26} = 30.06 \text{ m}^3\text{/h}$

$$Q \text{ (m}^3\text{/s)} = 30.06 \text{ m}^3\text{/h}$$

**a. Calcul du volume fourni par un asperseur par mois :**

$$V = Q_{asp} * N_p * T_a * N_j$$

Tel que :

- ✓ **Q<sub>asp</sub>** : Débit d'un asperseur (m<sup>3</sup>/h) ;
- ✓ **N<sub>p</sub>** : Nombre de positions ;
- ✓ **T<sub>a</sub>** : Temps d'arrosage (heures) ;
- ✓ **N<sub>j</sub>** : Temps de travail (jours) ;

**A.N:**  $V = 1.5 * 3 * 7 * 26 = 819 \text{ m}^3$

$$V = 819 \text{ m}^3$$

**b. Calcul du volume à épandre en un mois sur toute la parcelle :**

$$V_t = (B_{mp} * L * L_a) / 1000$$

Tel que :

- ✓ **B<sub>mp</sub>** : Besoins de pointe de culture (mm).
- ✓ **L** : Longueur du terrain (m), L= 714m ;
- ✓ **L<sub>a</sub>** : Largeur du terrain (m), L<sub>a</sub>=221m.

**A.N:**  $V_t = (103.95 * 714 * 221) / 1000 = 16402.68 \text{ m}^3$

$$V_t = 16402.68 \text{ m}^3$$

**c. Nombre d'asperseurs (à acheter) Nombre d'asperseur requis :**

$$N_{asp} = \frac{\text{surface unitaire à arroser (m}^2\text{)}}{\text{implantation}}$$

**A.N:** 
$$N_{asp} = \frac{0.35 * 10000}{18 * 12}$$

$$N_{asp} = 16 \text{ asperseurs}$$

### VII.2.8. Calcul hydraulique :

#### a .longueur de la rampe :

La longueur est calculée comme suit :

$$L_r = \frac{\text{largeur du terrain}}{2} - \frac{Ea}{2}$$

**A.N:** 
$$L_r = \frac{221}{2} - \frac{12}{2}$$

$$L_r = 104.5 \text{ m}$$

#### b. Longueur de la porte Rampe :

La longueur de la porte rampe est calculée comme suit :

$$L_{pr} = L - \frac{El}{2}$$

**A.N:** 
$$L_{pr} = 714 - \frac{18}{2}$$

$$L_{pr} = 705 \text{ m}$$

#### c. Nombre d'asperseurs/rampe :

$$N_{asp/R} = \frac{L_r}{Ea}$$

**A.N:** 
$$N_{asp/R} = \frac{104.5}{12}$$

$$N_{asp/R} = 8 \text{ asperseurs}$$

**VII.2.9. Nombre de rampes:**

$$N_r = \frac{N_{asp}}{N_{asp}/R}$$

**A.N:**  $N_r = \frac{18}{8}$ ,

$N_r = 2 \text{ rampes}$
--------------------------

Nous travaillons avec 2 rampes.

**VII.2.10. Dimensionnement de la rampe :****a. Débit de la rampe :**

Le débit de la rampe =  $Q_{asp} * N_{asp}/rampe$

**A.N:**

$$Q_r = 1.5 * 8 = 12 \text{ m}^3 / \text{h} = 0.003 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$Q_r = 0.003 \text{ m}^3$
---------------------------

**b. Nombre de positions des rampes :**

$$N_{\text{position des rampes}} = \frac{L_{pr}}{El}$$

**A.N:**  $N_{\text{position des rampes}} = \frac{705}{18}$

$N_{\text{position des rampes}} = 40 \text{ Position}$
--

**c. Calcul du diamètre de la rampe :**

Le diamètre de la rampe est calculé comme suit :

$$D_r = \sqrt{\frac{4 * Q_r}{V \pi}}$$

Tel que :

- ✓ **Q<sub>r</sub>** : Débit de la rampe (m<sup>3</sup>/s).
  - ✓ **V** : Vitesse de l'écoulement à travers la rampe où  $V \leq V_{adm}$  ;  $V_{adm}$  [0.5 : 2.5] m/s
- On Prend :  $V = 1.5\text{m/s}$ .

**A.N:**  $D_r = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.003}{1.5 \cdot \pi}} = 50.46 \text{ mm}$

On prend un diamètre normalisé :

**Dr = 63mm**

Après on calcul la vitesse avec le diamètre Normalisé tel que :  $V = \frac{4 \cdot Q_r}{\pi \cdot D_r^2}$

**A.N:**  $V = \frac{4 \cdot 0.003}{\pi \cdot (0.063)^2} = 0.96\text{m/s} < V_{adm}$ .

### VII.2.11. Dimensionnement de la porte rampe :

#### a. Débit de la porte rampe :

$$Q_{pr} = Q_{asp} \cdot N_{asp/rampe} \cdot N_{rampe}$$

Avec :

- ✓ **Q<sub>asp</sub>** : Débit d'un asperseur (m<sup>3</sup>/s).
- ✓ **N<sub>asp/rampe</sub>** : Nombre d'asperseurs par rampe.
- ✓ **N<sub>rampe</sub>** : Nombre de rampes.

**A.N:**  $Q_{pr} = 4.17 \cdot 10^{-4} \cdot 8 \cdot 2$

**Q<sub>pr</sub> = 6.67 \* 10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>/s**

#### b. Calcul du Diamètre de la porte rampe :

Le diamètre de la porte rampe est calculé comme suit :

$$D_{pr} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{pr}}{V \pi}}$$

Tel que :

- ✓ **Q<sub>pr</sub>** : Débit de la porte rampe (m<sup>3</sup>/s).
  - ✓ **V** : Vitesse de l'écoulement à travers la rampe où  $V \leq V_{adm}$  ;  $V_{adm}[0.5 : 2.5]$ m/s
- On Prend :  $V = 1.5$ m/s.

A.N:  $D_{pr} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.0067}{1.5 \cdot \pi}} = 0.075 \text{ m}$

Pour minimiser les pertes de charges on prend :

On prend un diamètre normalisé :

<b>D<sub>pr</sub> = 110mm</b>
-------------------------------

Après on calcul la vitesse avec le diamètre Normalisé tel que :  $V = \frac{4 \cdot Q_{pr}}{\pi \cdot D_{pr}^2}$

A.N:  $V = \frac{4 \cdot 0.0067}{\pi \cdot (0.11)^2} = 0.7 \text{ m/s} < V_{adm}$ .

### c. Calcul des pertes de charge :

Les pertes de charge sont calculées selon la formule de Hazen-williams comme suit :

$$J = \left( \frac{3.592}{Chw} \right)^{1.852} \frac{L}{D^{4.87}} Q^{1.852}$$

Tel que :

- ✓ **L** : longueur du tronçon en (m).
- ✓ **Q** : débit de la conduite en (m<sup>3</sup>/s).
- ✓ **J**:Pertes de charge linéaires en(m).
- ✓ **Chw** : coefficient de hazen williams entre 130 et 140 pour les conduites en fonte est en PEHD.
- ✓ **D** : le diamètre en (m).

Les résultats de calculs des pertes de charges pour les rampes et les postes rampes sont récapitulés dans le tableau suivant :

**Tableau VII.1. Résultat du calcul pratique d'aspersion.**

paramètres	porte rampe	Rampe
longueur(m)	705	104.5
Diamètre (mm)	110	63
Débit (m <sup>3</sup> /s)	6.67*10 <sup>-3</sup>	0.003
vitesse (m/s)	0.7	0.96
pertes de charge totale (m)	3.5	1.56

L'application de la règle de Christiansen conduit à imposer une perte de charge maximale de 20% de la pression de fonctionnement (P=3 bars, =30 m) entre le premier asperseur et l'asperseur le plus défavorisé, soit  $\Delta H = 6\text{m}$ .

Pour une perte de charge totale de 5.06 m < 6 m, la règle de Christiansen est donc respectée.

#### d. Calcul de la pression en tête du réseau :

C'est la pression nécessaire pour le bon fonctionnement du dernier asperseur

$$H = H1 + H2 + H3$$

Avec :

- ✓ H : pression à la tête de la parcelle.
- ✓ H1: Pression nécessaire pour le bon fonctionnement d'un asperseur (3bar).
- ✓ H2: Perte de charge totale de la rampe
- ✓ H3 : La dénivelée. (0 m. terrain relativement plat)

$$H=30+5.06 +0=35.06 \text{ m.}$$

<b>H=35.06 m.</b>
-------------------

H= 3.48 bars, ce qui est largement suffisant vu la pression aux bornes qui est de plus de 5 bars.

### VII.3. Dimensionnement d'un réseau d'irrigation goutte à goutte :

Le réseau d'irrigation goutte à goutte est installé dans l'ilot N°55 sur la parcelle P136. Cette dernière s'étend sur une superficie égale à 1.79ha dont les pressions calculées sont de l'ordre de 2.39 bars, ceci est largement suffisant pour alimenter la parcelle.

#### VII.3.1. Données générales :

- **Culture :** Prunier
- **Besoin de pointe :** 291.16mm (Juillet)
- **Caractéristiques de la surface occupées par le prunier :**
  - ✓ Surface : 1.79 ha ;
  - ✓ Longueur : 298 m ;
  - ✓ Largeur : 60 m ;
- **Organisation du réseau :** Avec un écartement de 5\*5m, et un espacement des goutteurs 1 m et 2 goutteurs pour chaque arbre ;
- **Caractéristique du goutteur :**
  - ✓ Débit nominal : 4l/h
  - ✓ Pression nominal : 10 m.c.e
  - ✓ Espacement des goutteurs : 1 m
  - ✓ Le nombre de goutteurs par arbre : 2
- **Caractéristiques des conditions de travail :**
  - ✓ Une irrigation journalière
  - ✓ Temps maximum journalier de travail 22h/24h

#### VII.3.2. Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée :

##### a. Influence du taux de couverture du sol :

Principalement l'irrigation localisée est utilisée pour les cultures en ligne où une seule Partie de la surface est occupée par les plantes. Nous appliquons alors à l'ETM un coefficient de réduction «Kr» qui dépend du taux de couverture du sol ( $C_s = 60\%$ ) pour les plantes adultes. Kr peut être calculé par la formule de Freeman et Garzoli :

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

Dans notre cas, nous considérons un taux de couverture égale à 60% (pour les arbres Adultes). Donc, nous prenons un coefficient  $K_r = 0.80$

$$B_{jl} = B_j \times K_r$$

$$B_{jl} = (291.16/30) * 0.8 = 7.76\text{mm/j}$$

<b><math>B_{jl} = 7.76\text{mm/j}</math></b>
--

**b. Dose nette pratique :**

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

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

$$D_p = RFU \times P \%$$

Avec :

- ✓ **H<sub>cc</sub>** : humidité a la capacité au champ (26%)
- ✓ **H<sub>pf</sub>** : humidité au point de flétrissement (17%)
- ✓ **d<sub>a</sub>** : Densité apparente (1.5)
- ✓ **Y** : degré d'extraction de l'eau du sol (2/3)
- ✓ **Z** : Profondeur des racines (1500mm)
- ✓ **P** : Pourcentage du sol humidifié

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

Tel que :

- ✓ **P** : Volume du sol humidifié
- ✓ **n** : Nombre de points (de goutteurs) de distribution par arbre (2)
- ✓ **S<sub>d</sub>** : Distance entre deux points de distribution voisins du même arbre (1m)
- ✓ **S<sub>h</sub>** : Largeur de la bande humidifiée (5m)
- ✓ **S<sub>r</sub>** : Ecartement entre les rangs d'arbre (5m)
- ✓ **S<sub>a</sub>** : Espacement des arbres sur les rangs (5m)

**A.N :** P % = 40 %

$$D_p = (0.26 - 0.17) \times \frac{2}{3} \times 1500 \times 1.5 \times 0.4$$

$$D_p = 54 \text{ mm}$$

**c. Calcul de la fréquence d'arrosage :**

La fréquence d'arrosage est en fonction du besoin journalier qu'il faut satisfaire et de la dose réelle nette, elle est donnée par la formule suivante :

$$Fr = \frac{\text{dose nette}}{bjl}$$

**A.N:**  $Fr = \frac{54}{7.76} = 6.96 \text{ jours}$

On prend :  $Fr = 7 \text{ jours}$

**d. Calcul de la dose brute :**

La dose brute est calculée comme suit :

$$D_{\text{Brute}} = \frac{D_p}{C_u \times \text{Eff}}$$

$$D_p = Fr \times B_{jl}$$

Tel que :

- ✓ **Cu**: Coefficient d'uniformité qui est égale à 90% ;
- ✓ **Eff** : Efficience du réseau d'irrigation qui est égale à 90% ;

**A.N:**  $D_r = 7 \times 7.76 = 54.32$

$$D_{\text{Brute}} = \frac{54.32}{0.9 \times 0.9}$$

<b><math>D_{\text{Brute}} = 67.06 \text{ mm/mois}</math></b>
--

**e. La durée d'arrosage par mois :**

La durée d'arrosage est calculée comme suit :

$$\theta = \frac{D_{\text{brute}} \times S_d \times S_r}{n \times Q_g}$$

Avec :

- ✓ **Sd** : Espacement entre les distributeurs ;
- ✓ **Sr**: Espacement entre les rangs ;
- ✓ **n** : le nombre des goutteurs ;
- ✓ **Qg**: Débit des goutteurs.

**A.N:**  $\theta = \frac{67.06 \times 1 \times 5}{2 \times 4} = 41.91 \text{heurs /mois}$

<b><math>\theta = 41.91 \text{heurs /mois}</math></b>
---

**f. Durée d'arrosage journalier :**

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

**A.N:**  $D_j = \frac{41.91}{7} = 5.99 \text{ jours}$

<b>Dj=6 heures/jour</b>
-------------------------

**g. Nombre de poste :**

Le nombre de postes par jour est défini comme suit :

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

**A.N:**  $N = \frac{22}{6} = 3.67$

On prend :

<b>N = 4 postes</b>
---------------------

**h. Surface du poste :**

La surface du poste est définie par la formule suivante :

$$S_p = \frac{\text{La surface totale}}{\text{Le nombre de poste}}$$

**A.N:**  $S_p = \frac{1.79}{4} = 0.45 \text{ ha}$

<b>Sp=0.45ha</b>
------------------

$$N_g = \frac{n \cdot \text{Surface totale} \cdot 10000}{S_r \cdot S_a}$$

**A.N:**  $N_g = \frac{2 \cdot 1.79 \cdot 10000}{5 \cdot 5}$

<b>Ng = 1432 Goutteurs</b>
----------------------------

### VII.3.3. Calculs hydrauliques :

#### a. Conditions hydrauliques de base :

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

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

La variation maximale de la pression :

$$q = K \times H^X$$

Tel que :

- ✓ **K** : Constante dimensionnelle donnée par le fabricant ;
- ✓ **H** : La pression dans la rampes en mètre colonne d'eau ;
- ✓ **X** : Exposant caractérisant le goutteur, pour notre cas on prend X= 0.5.

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

Avec :

- ✓ **(g)** : Débit nominal du goutteur ;
- ✓ **(n)** : Pression nominale.

**A.N:**       $0.1 = 0.5 \times \frac{\Delta H}{10}$

$$\Delta H = \frac{10 \times 0.1}{0.5} = 2 \text{ mce.}$$

Donc, selon la règle de Christiansen 10% :

- ✓  $\Delta H_{\text{linéaire}} = 1.8\text{m}$
- ✓  $\Delta H_{\text{singulières}} = 0.2\text{m}$
- ✓  $\Delta H_{\text{rampes}} = 2/3 * 1.8 = 1.2\text{m}$
- ✓  $\Delta H_{\text{porte rampe}} = 1/3 * 1.8 = 0.6\text{m}$

### VII.3.4. Dimensionnement des canalisations du réseau :

Les rampes et les portes rampes sont généralement fabriquées en polyéthylène de basse densité ou bien en polyéthylène de haute densité, et qui sont conçues pour résister à des pressions nominales de 4 à 6 bars.

**a. Les rampes :**

Elles sont toujours en PEBD (polyéthylène basse densité), à l'exception de quelques installations ou du PVC rigide de petit diamètre est utilisé.

Le diamètre des rampes est calculé suivant la formule ci-dessous :

$$\Phi r(\text{cal}) = \left[ \frac{P_{dcr} * 2.75}{0.478 * Q_r^{1.75} * L_r} \right]^{-1/4.75}$$

Avec:

- ✓ **P dcr** : Perte de charge dans la rampe ;
- ✓ **Qr** : Débit de la rampe en l/h ;
- ✓ **Lr** : Longueur de la rampe en m, pour notre cas **Lr= 60**
- ✓ **Φr(cal)** : Diamètre de rampes.

- **Le nombre d'arbres par rampe :**

$$N_{\text{arbres}} = \frac{L_r}{E_a}$$

A.N:  $N_{\text{arbres}} = \frac{60}{5}$

$N_{\text{arbres}} = 12 \text{ arbres}$

- **Nombre de goutteurs par rampe :**

$$N_g = N_{\text{arbres}} * n$$

A.N:  $N_g = 12 * 2$

$N_g = 24 \text{ goutteurs}$

- **Débit de la rampe :**

$$Q_r = N_g * Q_g$$

A.N:  $Q_r = 24 * 4$

$Q_r = 96 \text{ l/h}$

- **Diamètre de la rampe :**

**A.N.:**  $\Phi r(\text{cal}) = \left[ \frac{1.2 * 2.75}{0.478 * 96^{1.75} * 60} \right]^{-1/4.75}$

$\Phi r(\text{cal}) = 8.47 \text{ mm}$

On prend :

$\text{DN} = 16 \text{ mm}$

**Vérification des pertes de charges :**

Afin de déterminer la perte de charge de chaque partie de la canalisation après avoir sélectionné le diamètre, la perte de charge doit être recalculée pour un  $D = 16 \text{ mm}$

Les pertes de charge sont calculées selon la formule de Hazen-williams comme suit :

$$\Delta H_{\text{rampe}} = \left( \frac{3.592}{\text{Chw}} \right)^{1.852} \frac{L}{D^{4.87}} Q^{1.852}$$

Tel que :

- ✓ **L** : longueur e la conduite en (m).  $L = 60\text{m}$
- ✓ **Q** : débit en ( $\text{m}^3/\text{s}$ ).  $Q = 96 \text{ l/h} = 2.67 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$
- ✓  **$\Delta H$**  : Pertes de charge en(m).
- ✓ **Chw** : coefficient de hazen williams 140 pour les conduites en fonte est en PE.

**A.N.:**  $\Delta H_{\text{rampe}} = \left( \frac{3.592}{140} \right)^{1.852} \frac{60}{(0.016)^{4.87}} (2.67 * 10^{-5})^{1.852}$

$\Delta H_{\text{rampe}} = 0.128\text{m} < 1.2$

La valeur de la perte de charge est inférieure à 1.2 m.c.e (hr max) et remarque que la perte de charge ne dépasse pas la limite imposée par la règle de Christiansen.

**b. Les porte-rampes :**

ce sont les conduites qui alimentent les rampes, elles sont généralement en polyéthylène (PEHD). Le diamètre de porte-rampe est calculé selon la formule :

$$\Phi_{pr}(\text{cal}) = \left[ \frac{P_{dcpr} * 2.75}{0.478 * Q_{pr}^{1.75} * L_{pr}} \right]^{-1/4.75}$$

Avec :

- ✓ **P<sub>dcpr</sub>** : Perte de charge dans la porte-rampe (0.6m)
- ✓ **Q<sub>pr</sub>** : Débit de la porte-rampe en l/h
- ✓ **L<sub>pr</sub>** : Longueur de la porte-rampe en m
- ✓ **Φ<sub>pr(cal)</sub>** : Diamètre de porte rampe

Remarque : Nous avons divisé la longueur de la porte rampe sur 2 donc L<sub>pr</sub>= 149m. Alors, nous avons deux porte-rampes pour éviter les pertes de charge élevée.

- **Le nombre de rampes :**

$$N_r = \frac{L_{pr}}{E_r}$$

A.N :  $N_r = \frac{149}{5}$

Nr=30 rampes

- **Débit de la porte rampe :**

$$Q_{pr} = Q_r * N_r$$

A.N :  $Q_{pr} = 96 * 30$

Q<sub>pr</sub> = 2880 l/h

- **Diamètre de la porte rampe :**

A.N :  $\Phi_{pr}(\text{cal}) = \left[ \frac{0.6 * 2.75}{0.478 * (2880)^{1.75} * 149} \right]^{-1/4.75}$

$$\Phi_{pr}(\text{cal}) = 41.56\text{m}$$

On prend : DN = 50mm

- **Vérification des pertes de charges :**

Les pertes de charge sont calculées selon la formule de Hazen-Williams comme suit :

$$\Delta H_{\text{porte rampe}} = \left( \frac{3.592}{C_{hw}} \right)^{1.852} \frac{L}{D^{4.87}} Q^{1.852}$$

Avec:

- ✓  $C_w = 140$  PEBD
- ✓  $L = 149\text{m}$
- ✓  $D = 0.050\text{m}$
- ✓  $Q = 8 \cdot 10^{-4} \text{m}^3/\text{s}$

A.N:

$$\Delta H_{\text{porte rampe}} = \left( \frac{3.592}{140} \right)^{1.852} \frac{149}{0.050^{4.87}} (0.0008)^{1.852}$$

$\Delta H_{\text{porte rampe}} = 0.6 \text{ vérifié}$

Donc les pertes de charges sur les rampes et porte-rampes sont :

$\Delta H_{\text{rampe}} + \Delta H_{\text{porte rampe}} = 0.73 \text{ m} < 1.8\text{m}$  On remarque que la perte de charge totale ne dépasse pas la limite imposée par la règle de Christiansen.

**c. la conduite tertiaire :**

- **Débit de la conduite tertiaire :**

$$Q_{ct} = Q_{pr} \cdot N_{pr}$$

A.N:

$$Q_{ct} = 2880 \cdot 2$$

$Q_{ct} = 5760 \text{ l/h}$

- **Diamètre de la conduite tertiaire :**

Pour calculer le diamètre de la conduite tertiaire, nous devons fixer la vitesse d'écoulement (valeur optimale) d'environ 1.5 m/s tel que :

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

Avec :

- ✓ **Q** : Débit de la conduite considérée (m<sup>3</sup>/s),  $Q = 1.6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$
- ✓ **V** : Vitesse d'écoulement (m/s).

**A.N:**  $D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1.6 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 1.5}} = 36.85 \text{ mm}$

**DN = 50 mm**

Cultures	L(m)	Q(m <sup>3</sup> /s)	Vsuposé	Dcal	DN	Vcal	ΔH
Prunier	40	$1.6 \cdot 10^{-3}$	1.5	36.85	50	0.81	0.65

- **Calcul récapitulatif et vérification des pressions à la borne de distribution :**

**Tableau VII.2. Récapitulatif des calculs hydrauliques.**

Conduite	Rampe	Porte Rampe	Conduite tertiaire
Longueur(m)	60	149	40
Diamètre (mm)	16	50	50
Débit (m <sup>3</sup> /s)	$2.67 \cdot 10^{-5}$	$8 \cdot 10^{-4}$	$1.6 \cdot 10^{-3}$
Pertes de charges (m)	0.128	0.6	0.65

La pression d'eau que doit fournir la borne de distribution 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 gouteur le plus défavorable (éloigné ou élevé).

A partir du tableau on peut déterminer la perte de charge totale entre la borne d'irrigation jusqu'à le gouteur le plus défavorable.

Donc la pression demandée à la borne égale à la pression nominale plus la somme des pertes de charges.

$$P(m) = 10 + 0.128 + 0.6 + 0.65 = 11.37 \text{ m}$$

**H = 11.37 m**

Les pertes de charges ainsi que la pression calculée sont de l'ordre de 1.137 bars ce qui est suffisant pour effectuer le système goutte à goutte dans cette parcelle.

**VII.4. Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons abordé le dimensionnement de la parcelle par deux systèmes d'arrosage, l'aspersion et le goutte à goutte. Pour le système d'aspersion, nous avons dimensionné un réseau pour la culture du blé tendre, en prenant en compte la perméabilité du sol et la vitesse du vent, de plus la vérification de la pression à la fin est indispensable afin d'assurer un bon dimensionnement.

Pour le réseau goutte à goutte nous avons pris en considération une parcelle de prunier, en tenant compte les facteurs agronomiques et hydrauliques et assurer une pression nominale de 10 mce dans le goutteur le plus éloigné et cela pour afin d'aboutir au bon fonctionnement des goutteurs.

---

## **Chapitre VIII : Analyse technico-économique**

---

**VIII.1.Introduction :**

Ce chapitre consiste à estimer et évaluer le coût de l'implantation et la réalisation de notre projet d'irrigation, et cela par la détermination des quantités de tout le matériel ainsi que les différentes opérations à effectuer sur le terrain, pour notre projet nous allons calculer le coût du système d'adduction et de distribution.

**VIII.2. Travaux à entreprendre :** on cite les travaux réalisés :

**VIII.2.1. Exécution des tranchées :** Représente une opération de terrassement, la réalisation de l'excavation sera à l'aide d'une pelle mécanique, la profondeur du tranché augmentera en fonction du diamètre de la conduite avec une profondeur minimal de 1m, L'excavation des tranchées s'effectue par tronçon successive, et les déblais seront posés à côté de la tranchée, l'autre côté est réservé au revêtement des canalisations.

**VIII.2.2. Pose du lit de sable :** Le lit de sable permet la répartition de la charge uniformément sur la zone portante, ainsi, la conduite doit être placée sans appui linéaire et ponctuels, pour notre cas l'épaisseur du lit de sable est de 15cm.

Avant la pose des conduites il faut passer par les opérations suivantes :

- Eliminer les grosses pierres sur le talus des tranchées ;
- Respecter le profil en long ;
- Nivelier le fond de la tranchée ;
- Etablir la poursuite du fond d'excavation en posant un lit de sable.

**VIII.2.3. Pose des conduites :** Après avoir préparé le lit de pose bien nivelé et compacté, on procédera à la pose des conduites, en respectant les profils en long, La mise en place des conduites répond aux opérations suivantes :

- Trier les conduites et écarter celles qui ont subies des chocs.
- Posé à partir de l'aval et dirigé l'emboîture des conduites vers l'amont.
- la pose de la conduite doit être lentement et par précaution dans la tranchée présenté dans l'axe de l'élément précédemment posé.
- La réalisation d'un fond de fouille bien rectiligne pour que les conduites y reposent sur toute leur longueur.
- Creuser le fond de fouille à côté de l'emboîtement pour empêcher celui-ci d'atterrir au sol.
- Pendant le processus d'installation, nous vérifierons régulièrement l'alignement des Canalisations afin de ne pas rencontrer de difficultés lors du raccordement des conduites

**VIII.2.4. Assamblage des conduites en PEHD :** Des techniques spécifiques de raccordement tubes en polyéthylène (PEHD) sont nécessaires pour une meilleure performance des conduites. Trois techniques de raccordement peuvent être utilisées, selon la nature du réseau, le diamètre des tubes et l'importance du chantier, citez comme suit :

- **la soudure par électro fusion :** Cette technique permet de raccorder des tubes de diamètres égaux ou de diamètres différents. Des raccords soudables se situent sur les pièces en PE pour permettre le raccord. Une fois gratter, nettoyer et positionner, les bornes de soudages sont fixées. La dissipation de la puissance électrique entraîne une fusion de surface des deux pièces à assembler. Ils se mélangent ainsi pour offrir une cohésion et une étanchéité parfaites.
- **la soudure bout à bout :** La technique du soudage bout-à-bout est généralement utilisée pour assembler des tubes et des raccords en PEHD d'épaisseurs identiques. Ce procédé consiste à chauffer à l'aide d'un outil les extrémités dressées des tubes et/ou des raccords dans des conditions de pression de contact et de températures prédéfinies. Les extrémités sont ensuite rapidement mises en contact et maintenues à l'aide d'une pression jusqu'à refroidissement pour les fixer.
- **l'assemblage par raccords à compression :** Le raccordement par compression utilise des raccords à visser. Ces derniers peuvent être en plastique ou en laiton. Selon la dimension des tubes, il existe des raccords de différents diamètres. Cet assemblage peut également utiliser des manchons, des coudes 90, des tés, ou des adaptateurs mâles et femelles. Il suffit de fixer les deux bouts à l'aide des raccords choisis.

**VIII.2.5. Epreuve de joint et de la canalisation :** Pour avoir une meilleure sécurité de la canalisation, un essai de pression des conduites et de joint est effectué avant le remblayage, il est réalisé par une pompe d'essai constitué d'eau dans laquelle la pression subie pendant le fonctionnement est égale à 1.8 fois la pression de service. Le test durera environ 30 minutes, dont pas plus de 0,2ba.

**VIII.2.6. Remblayage des tranchées :** C'est une opération de terrassement qui permet d'enterrer la conduite dans le sol à l'aide du remblai d'excavation.

**VIII.2.7. Nivellement et compactage :** Après avoir terminé le remblai, nous procédons au nivellement du sol, y compris l'épandage du sol, nous effectuons ensuite un compactage pour augmenter la densité du sol et éviter un terrassement ultérieur.

**VII.2.8. Contrôle du compactage des tranchées :** Il est primordial de vérifier les performances du compactage. Le contrôle qui peut être utilement mis en œuvre à l'aide d'une sonde peu coûteuse, pratique et très rapidement introduite appelé " Sonde battus", qui peut approximer relativement la densité du sol et détecter rapidement les échecs de compactage d'une tranchée.

**VIII.3. Choix des engins du chantier :** Pour notre cas on a envisagé de choisir les engins classiques de chantier qui sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau VIII.1. Les engins utilisés pour la mise en place des conduites et leurs rôles.**

Nom de l'engin	Rôle	Figures
<b>Un chargeur</b>	Charger les déblais excédentaires dans les camions.	
<b>Une pelle mécanique</b>	Extraire les déblais, et les charger directement si c'est possible dans le camion, poser le lit de sable et le remblai.	
<b>Un compacteur à rouleau lisse</b>	Compacter la couche de sable.	

<b>Un camion</b>	Evacuer les déblais.	
<b>Appareil de soudure</b>	Assurer l'assemblage des conduites.	
<b>Sonde battu</b>	Contrôler le compactage des tranchées.	
<b>Une dame sauteuse</b>	Le compactage du remblai au tour de la conduite et avoir un bon support.	

**VII.4. Estimation du cout du projet :** On estime le cout total du projet après l'estimation des couts suivants :

**VIII.4 .1 Estimation des installations de chantier, Base vie et fournitures :****Tableau VIII.2. Le cout des installations de chantier.**

<b>Installation de chantier, Base vie et fournitures</b>	<b>Unité</b>	<b>Prix unitaire (DA)</b>	<b>Prix total (DA)</b>
Amenée et mise en place des installations d'un chantier ou plus, nécessaires à la réalisation des travaux	U	<b>33835430</b>	<b>33835430</b>
Reconnaissance géotechnique complémentaire	U	<b>3383540</b>	<b>3383540</b>
Repliement des installations de chantier en fin de travaux et remise en état des lieux	U	<b>13534180</b>	<b>13534180</b>
<b>TOTAL (DA)</b>			<b>50753150 DA</b>

**VIII.4.2 Calcul des volumes des terrassements :**

- **La profondeur du tranché :**

$$H_{tr} = e + D + h$$

Avec :

- ✓  $H_{tr}$  : Profondeur de la tranchée (m) ;
- ✓  $e$  : Hauteur du lit de pose (m) ;
- ✓  $D$  : Diamètre de la conduite (m) ;
- ✓  $h$  : La hauteur du remblai au-dessus de la conduite (m).

- **la largeur du tranché :**

$$B = d + (0.5 \div 1.2)$$

Avec :

- ✓  $B$  : Largeur de la tranchée (m) ;
- ✓  $D$  : Diamètre de la conduite (m).

- **Section de la tranchée :**

$$\text{Str} = B \times \text{Htr} \text{ (VIII.3)}$$

Avec :

- ✓ Htr : Profondeur total de la tranchée (m) ;
- ✓ B : Largeur du fond de la tranchée (m).
- ✓

**VIII.4.2.1. Calcul de décapage des terres végétales :** Avant d'entamer l'excavation des tranchées, on doit tout d'abord commencer par l'opération de décapage des terres végétales sur des faibles profondeurs, Le volume de la couche à décaper est :

$$V = B.h.L \text{ (m}^3\text{)}$$

Avec :

- ✓ B : largeur de la couche végétale (m) ;
- ✓ h : hauteur de la couche (h=0.1m) ;
- ✓ L : longueur totale des tranchées (m).

Les résultats sont récapitulés dans le tableau suivant :

**Tableau VIII.3 :** Calcul du volume de décapage

Conduites	longueur (m)	largueur d'une tranchée b (m)	Volume de décapage (m <sup>3</sup> )
Ø 40	152.57	0.64	9.76
Ø 50	109.81	0.65	7.14
Ø 63	632.77	0.663	41.95
Ø 75	242.31	0.675	16.36
Ø 90	93.67	0.69	6.46
Ø 110	1428.39	0.71	101.42
Ø 125	607.87	0.725	44.07
Ø 140	1939.08	0.74	143.49
Ø 160	811.92	0.76	61.71
Ø 180	75.74	0.78	5.91
Ø 200	996.33	0.8	79.71
Ø 250	554.21	0.85	47.11
Ø 280	434.74	0.88	38.26
Ø 315	225.37	0.915	20.62
Ø 350	1664.98	0.95	158.17
Ø 400	699.33	1	69.93

Ø 450	343.76	1.05	36.09
Ø 500	772.81	1.1	85.01
Ø 600	697.53	1.2	83.70
Ø 1000	4867.00	1.6	778.72
<b>Volume total de décapage</b>			<b>1835.59m<sup>3</sup></b>

#### VIII.4.2.2. Calcul du volume de déblai :

- **Volume du déblai :** Le volume du déblai est calculé par la formule suivante :

$$Vd = Str \times L = (B \times Htr) \times L$$

- ✓ Vd : Volume du déblai (m<sup>3</sup>) ;
- ✓ Str : La section de la tranchée (m<sup>2</sup>) ;
- ✓ L : Longueur de la tranchée (m) ;
- ✓ B : Largeur de la tranchée (m) ;
- ✓ Htr : La hauteur de la tranchée (m).

Les résultats de calcul du volume du remblai pour le réseau d'adduction et de distribution sont englobés dans le tableau suivant :

**Tableau VIII.4. Calcul du volume du déblai.**

Conduites	Diamètre de la conduite en (m)	Longueur (m)	Profondeur de la tranché Htr	Largueur d'une tranchée b (m)	Volume du déblai (m <sup>3</sup> )
Ø 40	0.04	152.57	0.99	0.64	96.67
Ø 50	0.05	109.81	1	0.65	71.38
Ø 63	0.063	632.77	1.013	0.663	424.98
Ø 75	0.075	242.31	1.025	0.675	167.65
Ø 90	0.09	93.67	1.04	0.69	67.22
Ø 110	0.11	1428.39	1.06	0.71	1075.01
Ø 125	0.125	607.87	1.075	0.725	473.76
Ø 140	0.14	1939.08	1.09	0.74	1564.06
Ø 160	0.16	811.92	1.11	0.76	684.94
Ø 180	0.18	75.74	1.13	0.78	66.76
Ø 200	0.2	996.33	1.15	0.8	916.62
Ø 250	0.25	554.21	1.2	0.85	565.29
Ø 280	0.28	434.74	1.23	0.88	470.56
Ø 315	0.315	225.37	1.265	0.915	260.86
Ø 350	0.35	1664.98	1.3	0.95	2056.25

Ø 400	0.4	699.33	1.35	1	944.10
Ø 450	0.45	343.76	1.4	1.05	505.33
Ø 500	0.5	772.81	1.45	1.1	1232.63
Ø 600	0.6	697.53	1.55	1.2	1297.41
Ø 1000	1	4867.00	1.95	1.6	15185.04
<b>Volume totale du Remblai</b>					<b>28126.5 m<sup>3</sup></b>

#### VIII.4.2.3. Calcule du volume de lit de sable :

On calcule ce volume en utilisant la formule suivante:

$$V = e \times b \times L$$

Avec :

- ✓ V : volume du lit de Sable ;
- ✓ e : épaisseur du lit de sable, pour notre cas e= 15cm ;
- ✓ L : longueur de la conduite (m).

Les résultats de calcul du volume du lit de sable pour le réseau d'adduction et de distribution sont représentés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau VIII.5. Calcul du volume du lit de sable.**

Conduites	longueur (m)	e(m)	largueur d'une tranchée b (m)	Volume du lit de sable (m <sup>3</sup> )
Ø 40	152.57	0.15	0.64	14.65
Ø 50	109.81	0.15	0.65	10.71
Ø 63	632.77	0.15	0.663	62.93
Ø 75	242.31	0.15	0.675	24.53
Ø 90	93.67	0.15	0.69	9.69
Ø 110	1428.39	0.15	0.71	152.12
Ø 125	607.87	0.15	0.725	66.11
Ø 140	1939.08	0.15	0.74	215.24
Ø 160	811.92	0.15	0.76	92.56
Ø 180	75.74	0.15	0.78	8.86
Ø 200	996.33	0.15	0.8	119.56
Ø 250	554.21	0.15	0.85	70.66
Ø 280	434.74	0.15	0.88	57.39

Ø 315	225.37	0.15	0.915	30.93
Ø 350	1664.98	0.15	0.95	237.26
Ø 400	699.33	0.15	1	104.90
Ø 450	343.76	0.15	1.05	54.14
Ø 500	772.81	0.15	1.1	127.51
Ø 600	697.53	0.15	1.2	125.56
Ø 1000	4867.00	0.15	1.6	1168.08
<b>Volume totale du lit de sable</b>				<b>2753.39 m<sup>3</sup></b>

#### VIII.4.2.4. Calcul du volume de remblai :

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

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

Avec :

- ✓  $V_r$  : Volume du remblai compacté (m<sup>3</sup>) ;
- ✓  $V_d$  : Volume du déblai (m<sup>3</sup>) ;
- ✓  $V_s$  : Volume du sable ;
- ✓  $V$  : Volume occupé par la conduite (m<sup>3</sup>) ;  $V = L \times \left( \frac{\pi D^2}{4} \right)$
- ✓  $L$  : Longueur de la conduite ;
- ✓  $D$  : Diamètre de la conduite ;

**Tableau VIII.6. Calcul du volume du remblai.**

Conduites	longueur (m)	volume du déblai (m <sup>3</sup> )	Volume du lit de sable (m <sup>3</sup> )	volume occupé par la conduite (m <sup>3</sup> )	Volume du remblai (m <sup>3</sup> )
Ø 40	152.57	96.67	14.65	0.19	81.83
Ø 50	109.81	71.38	10.71	0.22	60.45
Ø 63	632.77	424.98	62.93	1.97	360.08
Ø 75	242.31	167.65	24.53	1.07	142.04
Ø 90	93.67	67.22	9.69	0.60	56.93
Ø 110	1428.39	1075.01	152.12	13.57	909.31
Ø 125	607.87	473.76	66.11	7.46	400.19
Ø 140	1939.08	1564.06	215.24	29.85	1318.97
Ø 160	811.92	684.94	92.56	16.32	576.05
Ø 180	75.74	66.76	8.86	1.93	55.97

Ø 200	996.33	916.62	119.56	31.30	765.76
Ø 250	554.21	565.29	70.66	27.20	467.43
Ø 280	434.74	470.56	57.39	26.77	386.41
Ø 315	225.37	260.86	30.93	17.56	212.36
Ø 350	1664.98	2056.25	237.26	160.19	1658.80
Ø 400	699.33	944.10	104.90	87.88	751.32
Ø 450	343.76	505.33	54.14	54.67	396.51
Ø 500	772.81	1232.63	127.51	151.74	953.38
Ø 600	697.53	1297.41	125.56	197.22	974.63
Ø 1000	4867.00	15185.04	1168.08	3822.53	10194.43
<b>Volume total du remblai</b>					<b>20722.86 m<sup>3</sup></b>

#### VIII.4.2.5 Estimation des volumes et cout des travaux:

**Tableau VIII.7. Estimation des volumes et cout des travaux**

Désignation travaux	de	Unité	Quantité	Prix unitaire	Montant(DA)
Evacuation de terres		m3	1835.59	300	550677.6258
Déblai		m3	28126.5	350	9844275.759
lit de sable		m3	2753.39	1200	3304065.755
remblai compacté		m3	20722.9	250	5180713.842
<b>TOTAL (HT)</b>					<b>18879733</b>

#### VIII.4.3 Canalisation et raccordement :

**Tableau VIII.8. Cout des canalisations du réseau adduction et distribution.**

Conduites	Type de conduites	unité de mesure	Quantité (m)	Prix unitaire (DA/m)	Montant(DA)
Ø 40	PEHD	ml	152.57	198	30209
Ø 50	PEHD	ml	109.81	307	33712
Ø 63	PEHD	ml	632.77	480	303730
Ø 75	PEHD	ml	242.31	674	163317
Ø 90	PEHD	ml	93.67	984	92171
Ø 110	PEHD	ml	1428.39	1471	2101162
Ø 125	PEHD	ml	607.87	1812	1101460
Ø 140	PEHD	ml	1939.08	2275	4411407
Ø 160	PEHD	ml	811.92	2968	2409779

Ø 180	PEHD	ml	75.74	3756	284479
Ø 200	PEHD	ml	996.33	4638	4620979
Ø 250	PEHD	ml	554.21	7208	3994746
Ø 280	PEHD	ml	434.74	9058	3937875
Ø 315	PEHD	ml	225.37	11467	2584318
Ø 350	FONTE	ml	1664.98	13521.23	22512578
Ø 400	FONTE	ml	699.33	14910.06	10427052
Ø 450	FONTE	ml	343.76	15982.11	5494010
Ø 500	FONTE	ml	772.81	17885.15	13821823
Ø 600	FONTE	ml	697.53	22831.78	15925852
Ø 1000	FONTE	ml	4867.00	39613.94	192801046
<b>TOTAL(HT)</b>					<b>287051703</b>

- **Total de la canalisation et des raccords :**

**Tableau VIII.9 Estimation totale des canalisations et raccords.**

<b>Désignation</b>	<b>Montant (DA)</b>
Coudes	2729269
Cônes	125701
Tés	127110
Canalisation	287051703
<b>TOTAL(HT)</b>	<b>290033783</b>

#### **VIII .4.4. Total des équipements hydrotechniques :**

**Tableau VIII.10 Estimation totale des équipements hydrotechniques.**

<b>Désignation</b>	<b>Montant (DA)</b>
Vannes	2670777
Ventouses	2118864
Bornes Type A	1845000
Bornes Type B	750000
Bornes Type C	660000
Corps de régulation	29477594
Vidanges	1941696
Purgeurs d'air	1783752
<b>TOTAL(HT)</b>	<b>37522235</b>

**VII.4.7. Estimation Des équipements interne des parcelles P62 et P 136:****Tableau VIII.13 : Estimation Des équipements interne de la parcelle P62 :**

	unité de mesure	Quantité	Prix	
			unitaire(DA)	Montant(DA)
les asperseurs	U	36	750	27000
les rampes Ø63	ml	104.5	300	31350
es portes rampesØ63	ml	705	700	493500
vanne	U	1	6200	6200
<b>TOTAL (HT)</b>				<b>558050</b>

**Tableau VIII.14 : Estimation Des équipements interne de la parcelle P136 :**

	unité de mesure	Quantité	Prix	
			unitaire(DA)	Montant(DA)
les goutteurs	U	1432	38	54416
les rampes Ø16	ml	60	50	3000
es portes rampesØ50	ml	149	571	85079
Conduites tertiaire Ø50	ml	40	250	10000
vanne	U	1	6800	6800
<b>TOTAL (HT)</b>				<b>159295</b>

**VIII .4.8. Estimation du coût total :****Tableau VIII.15. Estimation du coût total.**

<b>Désignation</b>	<b>Montant Total (HT)</b>
Installation de chantier	50753150
Terrassement	18879733
Canalisation et raccordement	290033783
Equipement hydromécanique	37522235
équipements interne de la parcelle P62	558050
équipements interne de la parcelle P136	159295
Total HT	397906246
TVA (19%)	75602186.74
<b>Total TTC</b>	<b>473508432 DA</b>

Le coût total du projet en prenant compte de toutes les opérations financières est de l'ordre de : quatre cent soixante-treize-millions-cinq-cent-huit-mille-quatre-cent-trente-deux dinars Algérien (473508432 DA), soit un coût de 774972 DA / ha.

**VIII.5. Chronogramme d'exécution du projet :**

La durée de réalisation de l'investissement est une donnée prévisionnelle importante du point de vue économique et social. Un étalement de l'investissement dans le temps pour des raisons subjectives constitue un manque à gagner et qui se traduit, souvent, par des surcoûts qui grèvent la rentabilité du projet. Le respect du délai de réalisation du projet est une condition sine qua non à sa réussite. Pour ce faire, on estime, par rapport aux contraintes du terrain et aux capacités de réalisation de entreprises, que le délai de 16 mois pour la réalisation de ce projet est raisonnable.

**Tableau VII. 12. Chronogramme des travaux prévus.**

L'ordonnancement des travaux de l'aménagement en fonction des lots se présente dans tableau ci-dessous.

	MOIS															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
<b>DESCRIPTION</b>																
<b>Réseau d'adduction</b>																
Réseau Ø 1000																
Maçonnerie Regards																
Chambres vannes G.C.																
Chambres vannes Equipement																
Poussages																
<b>Réseau de distribution</b>																
Réseau Fonte et PHDE Ø ≥ 250 mm																
Réseau PEHD Ø ≤ 250 mm																
Réseau PEHD Ø ≤ 250 mm																
<b>Ouvrage civil et Bornes</b>																
<b>Réservoir</b>																
<b>Pompages</b>																
<b>Lignes Electriques</b>																
<b>Assainissement</b>																
<b>Pistes et chemins</b>																
<b>Finitions</b>																

**VIII.6.Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons évalué le devis de notre projet comment par le cout d'installation de chantier, le cout des terrassements, canalisation et raccordement, équipement hydromécanique, Station de pompage , équipement interne des parcelles , le cout estimer est relativement important Cette élévation est due à l'importance du réseau d'irrigation (les diamètres des conduites sont importants) et la grande superficie du périmètre , mais il faut noter que ce réseau est rentable .

## Conclusion Générale

Cette thèse a présenté une étude d'aménagement hydro agricole de la plaine de Beni Slimane, Secteur 2, willaya de Médéa, le périmètre s'étend à une superficie de 611 h à partir du Barrage de Beni Slimane.

Tout d'abord, la présentation de la zone d'étude a donné une idée générale sur les caractéristiques la zone , l'étude du climat de la région a montré qu'elle appartient à un climat semi-aride caractérisé par un hiver tempéré et un été sec, la période sèche s'étend sur une période plus de 5 mois d'où l'irrigation est importante, d'autre par l'étude des ressources en sol nous a permis d'identifier la classe des sols du périmètre la plus dominante qui est la classe des sols à sesquioxydes de fer, et aussi la texture des sols qui sont d'une texture fine , ce qui nous aboutit à choisir les cultures les plus adéquats . L'étude des ressources en eaux a amené de déterminer la qualité d'eau du Barrage de Beni Slimane qui d'une salinité élevé et une alcalinité faible et aussi la capacité du barrage 23hm<sup>3</sup> qui est largement suffisante pour notre périmètre.

Ainsi, l'élaboration de l'étude des besoins en eaux des cultures adoptés afin d'achever au débit de dimensionnement du réseau d'adduction qui représente une conduite gravitaire du barrage jusqu'au réseau de distribution afin d'assurer une pression de deux bars dans chaque borne ilot sauf quelque ilots qui demande une énergie additionnelle , par la suite l'étude comparative entres les différentes techniques d'irrigation nous aider à choisir le système d'irrigation par aspersion et le goutte à goutte pour le dimensionnement des parcelles.

A la fin, comme dans chaque projet l'aspect économique est indispensable, nous avons estimé le coût d'investissement du projet qui est environ Cinq cent neuf millions cent soixante-dix-huit mille neuf cent quatre-vingt-douze dinars Algérien, ce chiffre est important mais il faut prendre en compte la rentabilité du réseau à moyen terme.

## Annexes

### Annexe A : la table de khi carrée

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

## Annexe B : caractéristiques hydriques des sols

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

## Annexe C : Coefficients cultureaux Kc

CULTURE	Stades de développement de la culture					Durée totale de la période végétative
	Initial	Développement	Mi-saison	Arrivée saison	Récolte	
Banancier tropical	0.4-0.5	0.7-0.85	1.0-1.1	0.9-1.0	0.75-0.85	0.7-0.8
Banancier subtropical	0.5-0.65	0.8-0.9	1.0-1.2	1.0-1.15	1.0-1.15	0.85-0.95
Haricot vert	0.3-0.4	0.65-0.75	0.95-1.05	0.9-0.95	0.85-0.95	0.85-0.9
Haricot sec	0.3-0.4	0.7-0.8	1.05-1.2	0.65-0.75	0.25-0.3	0.7-0.8
Chou	0.4-0.5	0.7-0.8	0.95-1.1	0.9-1.0	0.8-0.95	0.7-0.8
Coton	0.4-0.5	0.7-0.8	1.05-1.25	0.8-0.9	0.65-0.7	0.8-0.9
Raisin	0.35-0.55	0.6-0.8	0.7-0.9	0.6-0.8	0.55-0.7	0.55-0.75
Arachide	0.4-0.5	0.7-0.8	0.95-1.1	0.75-0.85	0.55-0.6	0.75-0.8
Maïs doux	0.3-0.5	0.7-0.9	1.05-1.2	1.0-1.15	0.95-1.1	0.8-0.95
Maïs grain	0.3-0.5*	0.7-0.85*	1.05-1.2*	0.8-0.95	0.55-0.6*	0.75-0.9*
Oignon sec	0.4-0.6	0.7-0.8	0.95-1.1	0.85-0.9	0.75-0.85	0.8-0.9
Oignon vert	0.4-0.6	0.6-0.75	0.95-1.05	0.95-1.05	0.95-1.05	0.65-0.8
Pois, frais	0.4-0.5	0.7-0.85	1.05-1.2	1.0-1.15	0.95-1.1	0.8-0.95
Poivron, frais	0.3-0.4	0.6-0.75	0.95-1.1	0.85-1.0	0.8-0.9	0.7-0.8
Pomme de terre	0.4-0.5	0.7-0.8	1.05-1.2	0.85-0.95	0.7-0.75	0.75-0.9
Riz	1.1-1.15	1.1-1.5	1.1-1.3	0.95-1.05	0.95-1.05	1.05-1.2
Carthame	0.3-0.4	0.7-0.8	1.05-1.2	0.65-0.7	0.2-0.25	0.65-0.7
Sorgho	0.3-0.4	0.7-0.75	1.0-1.15	0.75-0.8	0.5-0.55	0.75-0.85
Soja	0.3-0.4	0.7-0.8	1.0-1.15	0.7-0.8	0.4-0.5	0.75-0.9
Betterave sucrière	0.4-0.5	0.75-0.85	1.05-1.2	0.9-1.0	0.6-0.7	0.8-0.9
Canne à sucre	0.4-0.5	0.7-1.0	1.0-1.3	0.75-0.8	0.5-0.6	0.85-1.05
Tournesol	0.3-0.4	0.7-0.8	1.05-1.2	0.7-0.8	0.35-0.45	0.75-0.85
Tabac	0.3-0.4	0.7-0.8	1.0-1.2	0.9-1.0	0.75-0.85	0.85-0.95
Tomate	0.4-0.5	0.7-0.8	1.05-1.25	0.8-0.95	0.6-0.65	0.75-0.9
Pastèque	0.4-0.5	0.7-0.8	0.95-1.05	0.8-0.9	0.65-0.75	0.75-0.85
Blé	0.3-0.4	0.7-0.8	1.05-1.2	0.65-0.75	0.2-0.25	0.8-0.9
Luzerne	0.3-0.4				1.05-1.2	0.85-1.05
Agrumes sarclés sans sarclage						0.65-0.75 0.85-0.9
Olivier						0.4-0.6

Premier chiffre : avec forte humidité (HRmin > 70%) et vent faible (U < 5 m/sec).  
 Second chiffre : avec faible humidité (HRmin < 20%) et vent fort (> 5 m/sec).

## Annexe D : Valeurs minimales et maximales pour la profondeur d'enracinement Z

CULTURES	Z (M)
Tomate	1 - 1.2
Cultures maraichères	0.3 - 0.6
Agrumes	1 - 1.2
Arbres fruitières à feuilles caduques	1 - 2
vignes	1 - 3

## Annexe E : Diamètres de conduites en PEHD

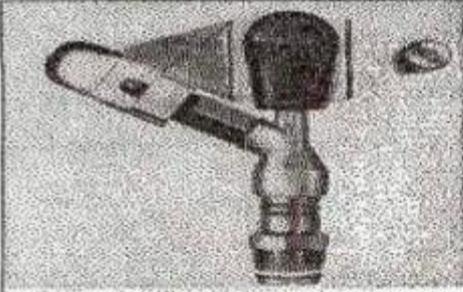
Diamètre extérieur nominal $d_n$ (mm)	Diamètre extérieur moyen	
	$d_m$ (mm)	$d_{m1}$ (mm)
16	16,0	16,3
20	20,0	20,3
25	25,0	25,3
32	32,0	32,3
40	40,0	40,4
50	50,0	50,4
63	63,0	63,4
75	75,0	75,5
90	90,0	90,6
110	110,0	110,7
125	125,0	125,8
140	140,0	140,9
160	160,0	161,0
180	180,0	181,1
200	200,0	201,2
225	225,0	226,4
250	250,0	251,5
280	280,0	281,7
315	315,0	316,9
355	355,0	357,2
400	400,0	402,4
450	450,0	452,7
500	500,0	503,0
560	560,0	563,4
630	630,0	633,8
710	710,0	716,4
800	800,0	807,2
900	900,0	908,1
1000	1000,0	1009,0
1200	1200,0	1210,8
1400	1400,0	1412,6
1600	1600,0	1614,4

## Annexe F : Guide d'estimation du pourcentage du sol (P%).

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

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

## Annexe G : Caractéristiques de l'asperseur circulaire PERROT ZF 30



**Caractéristiques de  
l'asperseur circulaire  
PERROT ZF 30**

1 buse  
angle de jet 30°  
Raccord fileté 1"

de la buse ∅ mm	pression à la buse bar	portée m	débit m³/h	espacement m		surface irriguée m²		densité d'aspersion mm/h	
				□ disp.	△ disp.	□ disp.	△ disp.	□ disp.	△ disp.
4,0	2,5	13	0,93	12/18	18/18	216	324	4,3	2,88
	3,0	14,5	1,02	18/18	18/24	324	432	3,16	2,38
	3,5	15,3	1,11	18/18	18/24	324	432	3,42	2,57
	4,0	16	1,19	18/18	18/24	324	432	3,71	2,76
4,2	2,5	13,5	1,04	12/18	18/24	324	432	4,8	2,42
	3,0	15	1,14	18/18	18/24	216	432	3,52	2,64
	3,5	15,8	1,23	18/18	18/24	324	432	3,8	2,85
	4,0	16,5	1,32	18/24	24/24	324	576	3,06	2,3
4,5	2,5	14	1,20	18/18	18/24	432	432	3,71	2,78
	3,0	15,5	1,32	18/18	18/24	324	432	4,07	3,05
	3,5	16,3	1,42	18/18	18/24	324	432	4,38	3,29
	4,0	17	1,52	18/24	24/24	324	576	3,52	2,64
4,8	2,5	14,5	1,38	18/18	18/24	432	432	4,27	3,2
	3,0	16	1,51	18/18	18/24	324	432	4,66	3,6
	3,5	16,5	1,63	18/24	24/24	324	576	3,78	2,82
	4,0	17	1,75	18/24	24/24	432	576	4,05	3,04
5,0	2,5	14,5	1,48	18/18	18/24	432	432	4,57	3,43
	3,0	16,5	1,63	18/18	18/24	432	432	5,04	3,77
	3,5	17	1,76	18/24	24/24	324	576	4,08	3,05
	4,0	17,5	1,88	18/24	24/24	324	576	4,35	3,26
5,5	2,5	15,2	1,82	18/18	18/24	432	432	5,62	4,22
	3,0	17	1,99	18/24	24/24	432	576	4,61	3,45
	3,5	17,5	2,14	18/24	24/24	324	576	4,95	3,71
	4,0	18	2,29	18/24	24/24	432	576	5,31	3,98
6,0	2,5	16,2	2,16	18/24	24/24	432	576	5,00	3,75
	3,0	17,5	2,37	18/24	24/24	432	576	5,50	4,12
	3,5	18	2,56	18/24	24/24	432	576	5,92	4,43
	4,0	18,5	2,74	18/24	24/24	432	576	6,35	4,76
7,0	2,5	17,5	2,96	18/24	24/24	432	576	6,9	5,1
	3,0	18,0	3,22	18/24	24/24	432	576	7,5	5,6
	3,5	18,5	3,48	24/24	24/24	576	576	6,0	6,0
	4,0	19,0	3,73	24/24	24/30	576	720	6,5	6,2

Figure IV.48 : fiche technique d'un arroseur

**Annexe H :** Les prix des conduites en fonte d'après l'entreprise kouGC (Fourniture et pose).

<b>Diamètre en (mm)</b>	<b>Prix de ml (DA)</b>
60	2464.36
80	3422.31
100	6682.31
125	7836.22
150	8534.23
200	10323.10
250	11542.36
300	12336.05
350	13521.23
400	14910.06
450	15982.11
500	17885.15
600	22831.78
700	27777.32
800	31722.86
900	35668.40
1000	39613.94

## Bibliographie

- [1] **ANRH**. Etude agro pédologique de la plaine de Béni Slimane –Echelle 1/50.000ème- Etude 13-49, 1974.
- [2] **ANRH Blida**. Données pluviométrique « station de Beni Slimane code 090203 ».
- [3] **AZIEZ.O**. Drainage et assainissement agricole. Ecole Nationale Supérieure d'Hydraulique, Blida, Algérie, 2017. Support de cours de 3ème année cycle supérieure, Hydraulique.
- [4] Canalisation fonte ductile pour réseau d'irrigation. 2021.url : <http://www.pamline.fr/produits/solutions/eaux-potables-eaux-brutes/irrigation> (visité le 19/09/2021).
- [5] **Cropwat 8.0**. Logiciel pour le calcul de l'évapotranspiration.
- [6] **FAO**. Agriculture et rareté de l'eau : une approche programmatique pour l'efficacité de l'utilisation de l'eau et la productivité agricole. COAG/2007/7, Rome, p 15 (2017).
- [7] **FAO, B. N.**, 2005. Calcul des besoins en eau des cultures.
- [8] **Hyfran**. Un logiciel pour l'ajustement à la loi normale
- [9] **J.H. Durand**. Les sols rouges et les croute, Algérie, 1959.
- [10] **M. DJEBBAR**. Etude Du Périmètre D'irrigation De Beni Slimane (Secteur 1) 404 Ha, A Partir Du Barrage De Beni Slimane (Médéa), Ecole National Supérieur d'Hydraulique, Blida, Algerie,2020.
- [11] **ONM**. Données climatiques.
- [12] **TOUAIBIA.B**. Manuel pratique de l'hydrologie. Presses Madani frères, 2004.