



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option: IRRIGATION ET DRAINAGE

THEME :

**Etude du périmètre d'irrigation de Sidi Abdeli (185ha) à partir
du barrage Sidi Abdeli (w. Tlemcen)**

Présenté par :
CHIKH
Abdenmour

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
MEDDI Mohamed	Professeur	Président
SADOUNE Samra	M.C.A	Examinatrice
MAZOUZI Sabra	M.A.A	Examinatrice
AZIEZ Ouahiba	M.C.B	Promotrice

Session Novembre 2023

Remerciement

À l'issue de ce projet, qui représente le fruit de nombreuses années de travail acharné, je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers Dieu pour m'avoir pourvu des ressources, tant matérielles qu'humaines, qui m'ont permis de mener à bien cette réalisation. Je tiens également à adresser des remerciements chaleureux aux personnes qui ont accepté d'évaluer ce projet :

- Je tiens à exprimer mes plus sincères remerciements à Madame AZIEZ Ouahiba, qui a généreusement ouvert les portes de son bureau et a supervisé l'ensemble de l'élaboration de ce mémoire de fin d'études. Je lui adresse mes plus vifs remerciements.
- J'exprime ma gratitude envers Monsieur MEDDI MOHAMED, qui a honoré de sa présence l'intégralité du jury d'évaluation.
- Je tiens à remercier Madame SADOUNE SAMRA pour avoir honoré de sa présence l'intégralité du jury d'évaluation.
- Mes remerciements vont également à Madame MAZOUZI SABRA, qui a pris part à l'ensemble du jury d'évaluation.
- Je tiens à exprimer ma reconnaissance envers tout le personnel et les enseignants de l'École Nationale Supérieure de l'Hydraulique (ENSH).

Dédicace

Je dédie cette humble réalisation aux suivants :

J'adresse mes plus sincères remerciements à mes parents. Ils ont un grand rôle pour m'aider à arriver là où je suis maintenant. Mon père a pris soin de mon intégrité et de mes bonnes mœurs et a fait de moi à nouveau un homme... Quant à ma mère, elle est ma Compagne, elle était mon amie, mon amante, mon frère, ma sœur et ma soignante. Elle était tout pour moi.

- + Toute ma famille.
- + Mon âme sœur Merwa
- + Ma grande mère
- + Ma tante Zahira
- + Mes frères walid et Abderahman ,Mahmihou, moncif,najlae
- + Membres du groupe Khwali (Hakoumi, Miyou, Achraf, Jidou, Choupo, Smysto, Rouji,Ghacha, Sifou, Hathamou, Boulahya, Abdous, Bendadi, Bestaoui, Khayi).
- + La famille "irrigation."
- + Groupe mghabna
- + Harou, Wahid, et Zinou, Lhambri,riad sbaihi,zilal nacer,walid touha,imad sari
- + L'ensemble de mes amis et camarades de l'École Nationale Supérieure de l'Hydraulique, qui ont partagé avec moi cette étape de ma formation académique.

ملخص

الهدف من مذكرة التخرج هو التسيير الجيد لمحيط السقي سيدي العبدلي و تطويره (180 هكتار) الواقع بولاية

تلمسان تتم عملية السقي من سد سيدي العبدلي

تطرقنا إلى دراسة خصائص المنطقة من خلال تحليل خصائص المناخ و التربة مما سمح لنا باختيار المحاصيل

الزراعية و كمية المياه اللازمة لوضع نظام سقي مناسب. يهدف نظام السقي بالتنقيط إلى تحديث نظام التوزيع

وتكثيف غلة المحاصيل من أجل ربحية المشروع و تطويره على المدى المتوسط والطويل

Résumé :

L'objectif du mémoire de fin d'études est de bien gérer et développer le périmètre irrigué de Sidi Abdali (180 hectares) situé dans l'État de Tlemcen est arrosée depuis le barrage de Sidi Abdali

Nous avons étudié les caractéristiques de la région en analysant les caractéristiques du climat et du sol, ce qui nous a permis de choisir des cultures agricole et la quantité d'eau nécessaire pour établir un système d'irrigation approprié.

Le système d'irrigation goutte à goutte vise à moderniser le système de distribution et intensifier les rendements des cultures. Pour la rentabilité du projet et son développement à moyen et long terme.

Abstract :

The objective of the graduation thesis is to properly manage and develop the Sidi Abdali irrigation area (180 hectares) located in the state of Tlemcen is watered from the Sidi Abdali Dam

We studied the characteristics of the region by analyzing the characteristics of climate and soil, which allowed us to choose crops agricultural and the amount of water needed to establish an appropriate irrigation system.

The drip irrigation system aims to modernize the distribution system and intensifying crop yields. For the profitability of the project and its development in the medium and long term.

Table des matières

Introduction.....	15
Chapitre I : Présentation de la zone d'étude	16
I.1. Introduction:.....	17
I.2. Présentation de la zone d'étude :	17
I.2.1 situation géographique de la commune de Sidi Abdelli :.....	17
I.2.2. Situation géographique du périmètre de Sidi Abdelli :.....	18
I.3. Les Caractéristiques de la région :.....	19
I.3.1. Les Caractéristiques hydro climatiques:.....	19
I.4 Agriculture:	26
I.4.1 Emploi production agricole de la commune de Sidi Abdelli :	26
I.5 Les aspects bioclimatiques	27
I.5.1. Indice d'aridité de MARTONE:	27
I.5.2 Indice Pluviothermique d'Emberger:.....	28
I.6 Comparaison entre les indices bioclimatiques:.....	30
I.7 Conclusion :	30
Chapitre II : Ressources en sol et en eau	31
II.1. Introduction:.....	32
II.2. Ressources en Sol:	32
II.2.2 Analyse de laboratoire.....	33
II.3 Ressources en eau :	36
II.3.1 Présentation du barrage de sidi abdeli:	36
III.3.2 Classification des eaux en fonction de CE.....	38
III.3.3 Le SAR (Soduim Absorption Ration).....	38
III.4 Conclusion :	41
Chapitre III : Etude de l'hydrologie et del'ajustement des pluies	42
III.1 Introduction:.....	43
III.2 Étude hydrologique:.....	43
III.2.1- Choix de la station pluviométrique :.....	43
III.3 Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique :	45
III.4 Ajustement à la loi normale (Gauss) :.....	47
III.5 Test de Khi carrée :	49

III.6 Précipitation de projet :	50
III.7 Conclusion:	50
Chapitre IV : Evaluation des besoins en eaudes cultures	50
Introduction:.....	52
IV.2.1 obtention de l'ET0 :	53
IV.1.1 Calcul de la pluie efficace :	55
IV.2 Choix des cultures.....	56
IV.2.1 Occupation des sols:	56
IV.3 Calcul des besoins en eau :	57
IV.3.1 Assolements/rotation des cultures:	57
IV.3.2 Estimation des coefficients culturaux (Kc) :.....	58
IV.4 Estimation des besoins en eau des cultures choisies	59
IV.5.2 Récapitulatif des besoins:.....	64
IV.5.3 Calcul du débit spécifique:	64
Evaluation du débit caractéristique:	65
IV.5.4 Estimation des volumes d'eau d'irrigation :.....	65
IV.5 Conclusion:.....	66
Chapitre V : Etude de système d'adductionet de distribution.....	67
V.1 Introduction:	68
V.2 Présentation du réseau de distribution :	68
V.2.1 Organisation du périmètre:	68
V.2.2 Rôle et fonction de la borne d'irrigation:	68
V.2.3 Calcul hydraulique des bornes:	68
V.2.4 Choix du diamètre de la borne :.....	69
V.2.5 Position des prises:.....	69
. VI.2.5.1 choix de borne :.....	69
V.2.5.5 Plan des bornes :.....	71
V.3 Choix du matériau:	71
V.3.1 Caractéristique des conduites du réseau de distribution gravitaire :	73
V.3.2 Vitesse admissible :	73
V.3.3 Les pressions à garantir au bornes:	73
V.3.4 Calcul des pressions des bornes :	73
V.4 Etude de pompage :	76

V.4.1 Généralités sur les pompes:.....	76
V.4.2 Calcul de diametre economiques des conduites derefoulements	77
V.4.3 Frais d’amortissement.....	78
V.4.4 Fraix d’exploitation:	79
V.5 Bilan.....	80
V.6 Etude de système de pompage :	81
V.6.1 Types de pompes employées :	82
V.6.2 Choix et sélection des pompes :	82
V.7 Dimensionnement du réservoir :.....	83
V.7.1 Le rôle du réservoir:.....	83
V.8 Calcul volume de réservoir:	85
V.9 Conclusion:	85
CHAPITRE VI : Choix du système d’irrigation.....	86
VI.1 Introduction :.....	87
VI.2 Choix des techniques d’irrigation :	87
VI.3 Classification des techniques d’irrigation :.....	88
VI.3.1 Irrigation gravitaire :	88
VI.3.1.1 L’irrigation par ruissellement :	88
VI.3.1.2 Irrigation à la raie :	88
VI.3.1.3 L’arrosage par submersion :.....	89
VI.3.1.4 Avantages et inconvénients de l’irrigation par gravité :	89
VI.3.2 L’irrigation par aspersion:	89
VI.3.2.1 Avantages et inconvénients par aspersion :	90
VI.3.2.2 Différentes installations à la parcelle :.....	90
VI.3.3 Irrigation localisée (Goutte à goutte) :	91
VI.3.3.1 Avantages et inconvénients de l’irrigation localisée :.....	92
VI.4 Choix de la technique d’arrosage :.....	92
VI.5 Conclusion :	93
CHAPITRE VII : Etude à la parcelle	94
VII.1 Introduction :	95
VII. 2 Conception du réseau d’irrigation goutte à goutte :.....	95
VII.2.1 Besoins d’irrigation des cultures en irrigation goutte à goutte :	95
VII.2.2 Fréquence et intervalle des arrosages (Fr) :	97

VII.2.3 Calcul de la dose brute :	97
VII.2.4 Durée d'irrigation h :	98
VII.2.5 Durée d'arrosage quotidien :	98
VII.2.6 Nombre d'arbres par hectare :	98
VII.2.7 Nombre d'arbres par rampe :	99
VII.2.8 Nombre de goutteurs par rampe :	99
VII.2.9 Débit d'une rampe :	99
VII.2.10 Nombre de rampes :	99
VII.2.11 Débit de la porte de rampe :	100
VII.3 Calcul hydraulique du réseau d'irrigation goutte à goutte :	100
VII.3.1 Diamètre de la rampe :	100
VII.3.2 Calcul du diamètre de la porte de la rampe :	101
VII.4 Conclusion:	102
Chapitre VIII : Evaluation économique du projet	103
VIII.1 Introduction :	104
VIII.2 Différents types d'interventions requises:	104
VIII.2.1 Travaux relatifs à l'adduction et au système de distribution :	104
VIII.2.1.1 Excavation des tranchées :	104
VIII.2.1.2 Installation des conduites :	105
VIII.2.1.3 Assemblage et soudure des canalisations :	105
VIII.2.1.4 Enfouissement des tranchées :	105
VIII.2.1.5 Nivellement et compactage :	105
VIII.2.2 Détermination du volume de terrassement :	105
VIII.3 Calcul du volume de l'excavation :	106
VIII.2.3.1 Calcul du volume du lit de sable :	107
VIII.2.3.2 Calcul du volume de remblai :	108
VIII.2.3.3 Estimation de cout de pose de canalisation du réseau :	108
VIII.2.3.4 Estimation du cout des conduites du réseau :	109
VIII.2.3.5 Estimation du coût des bornes d'irrigation :	109
VIII.2.3.6 Évaluation du coût du réseau d'irrigation localisée :	109
VIII.2.3.7 La station de pompage :	110
VIII.2.3.8 Le réservoir de stockage:	112
VIII.3 Devis des travaux :	112

VIII.4 Conclusion :	113
Conclusion générale	114

Liste des tableaux

CHAPITRE I:

Tableau I. 1 : Précipitations Moyennes année 1985-2015.....	20
Tableau I. 2 : Températures maximales, moyennes et minimale. 2015 (ANRH).....	20
Tableau I. 3 : Répartition de l'humidité moyenne en % de la station de Tlemcen	21
Tableau I. 4 : Moyennes mensuelles des vents de la station de Tlemcen.....	22
Tableau I. 5 : Moyennes mensuelles des gelés de la station de Tlemcen.	23
Tableau I. 6 : Moyennes mensuelles du siroco de la station de Tlemcen.....	23
Tableau I. 7 : Moyennes mensuelles de la neige de la station de Tlemcen	24
Tableau I. 8 : Etude de la population humaine de la wilaya de Tlemcen(DSA 2017)	25
Tableau I. 9 : Répartition des terres agricoles de la commune de Sidi Abdelli(DSA2017).....	26
Tableau I. 10 : Production agricole de la commune de Sidi bdelli(DSA2017)	26
Tableau I. 11 : l'Indice d'aridité (IA).....	28

CHAPITRE II:

Tableau II. 1 : Caractéristiques physiques et hydrauliques du barrage Sidi Abdelli(A.N.B.T.,2021).....	37
Tableau II. 2 : Bulletin d'analyse de l'eau de Barrage de sidi abdeli.....	37
Tableau II.3 : Résultats d'analyse pédologique(Source : O.N.I.D-2015).	
Tableau II-4 : Propriétés hydrodynamiques des sols (Source : O.N.I.D-2015).....	32
Tableau II. 5 : Classification des eaux en fonction de CE.....	38
Tableau II. 6 : Risque d'alcalinisation en fonction du SAR	39

CHAPITRE III:

Tableau III. 1 : Caractéristiques de la station Sidi abdeli (ONID Alger)	43
Tableau III. 2 : Précipitation moyenne mensuelle 1991 – 2015.....	44
Tableau III. 3 : Tableau présentant le test de Wilcoxon.....	46
Tableau III. 4 : L'ajustement par la loi de Gauss (loi normal).....	48
Tableau III. 5 : Évaluation de la concordance de l'ajustement au moyen du test du chi carré	49
Tableau III. 6 : Précipitation moyenne mensuelle de l'année de référence	50

CHAPITRE IV:

Tableau IV. 1 : Evapotranspiration de référence ET0 calculée par le logiciel COPWAT.....	55
Tableau IV. 2 : Calcul des pluies efficaces.....	55
Tableau IV. 3 : Occupation de sol en fonction des cultures	57
Tableau IV. 4 : Assolement proposé.....	58
Tableau IV. 5 : Coefficients cultureux des cultures.(kc)	58
Tableau IV. 6 : Calcul des besoins en eau pour le Blé dur	59
Tableau IV. 7 : Calcul des besoins en eau pour le Blé tendre.....	59
Tableau IV. 8 : Calcul des besoins en eau pour le Maïs fourrager	60
Tableau IV. 9 : Calcul des besoins en eau pour la carotte.....	60
Tableau IV. 10 : Calcul des besoins en eau pour sorgho.....	61
Tableau IV. 11 : Calcul des besoins en eau pour l'orge grain	61
Tableau IV. 12 : Calcul des besoins en eau pour le piment.....	62
Tableau IV. 13 : Calcul des besoins en eau pour l'olivier	62
Tableau IV. 14 : Calcul des besoins en eau pour la tomate.....	63
Tableau IV. 15 : Calcul des besoins en eau pour l'avoine.....	63
Tableau IV. 16 : Récapitulatif des besoins (mm)	64
Tableau IV. 17 : Calcul des volumes d'eau d'irrigation.....	65

CHAPITRE V:

Tableau V. 1 : Choix du diamètre de la borne	69
Tableau V. 2 : Calcul des débits des ilots et choix du diamètre et type de bornes	70
Tableau V. 3 : Les calculs hydrauliques de pression	74
Tableau V. 4 : Les calculs hydrauliques de la vitesse et de pertes de charges	74
Tableau V. 5 : Calcul manométrique la hauteur totale	79
Tableau V. 6 : La quantité d'énergie consommée en kilowattheures (KWh) et le coût del'exploitation ...	80
Tableau V. 7 : Bilan de comparaison entre les frais totale en fonction de diamètres.....	80
Tableau V. 8 : Caractéristique de la conduite de refoulement.....	81
Tableau V. 9 : Caractéristique de la pompe de refoulement	81
Tableau V. 10 : Choix nombre de pompes	83
Tableau V. 11 : Calcul le volume de réservoir	84

CHAPITRE VI:

Tableau VI. 1 : Avantages et inconvénients de l'irrigation basée sur la gravité	89
Tableau VI. 2 : Avantages et inconvénients par aspersion	90
Tableau VI. 3 : Avantages et incovénients de l'irrigation localisée	92

CHAPITRE VII:

Tableau VII. 1 : Caractéristiques des rampes	101
Tableau VII. 2 : Caractéristiques des portes rampes.....	101

Liste des figures

CHAPITRE I:

Figure I. 1 : Situation géographique de la zone d'étude/sidi abedeli, Date de prise (12/10/2023)(source : Google earth) , Coordonnées(35° 03' 00'' nord 2° 07' 00'' ouest).....	17
Figure I. 2 : localisation géographique de la commune de Sidi Abdelli	18
Figure I. 3 : Graphe de Précipitations Moyennes année 1985-2015	20
Figure I. 4 : Graphe descriptif de la variation des températures	21
Figure I. 5 : Graphe de Répartition de l'humidité moyenne.....	22
Figure I. 6 : Graphe de Moyennes mensuelles des vents de la station de Tlemcen.....	22
Figure I. 7 : Graphe Moyennes mensuelles des gelés de la station de Tlemcen	23
Figure I. 8 : Graphe de Moyennes mensuelles du siroco de la station de Tlemcen	24
Figure I. 9 : Graphe de Moyennes mensuelles de la neige de la station de Tlemcen.....	24
Figure I. 10 : Pyramide des âges de la wilaya de TLEMCCEN.....	25
Figure I. 11 : Le diagramme bioclimatique d'Emberger.....	29
Figure I. 12 : Diagramme Ombrothermique de Gaussen.....	30

CHAPITRE II:

Figure II-1 : Classification du sol dans le triangle de texture (USDA).	
Figure II.2 : diagramme de classification des eaux d'irrigation (selon USSL, 1954).....	Erreur ! Signet non défini.

CHAPITRE III:

Figure III. 1 : Ajustement par la loi normale (HYFRAN).....	49
--	----

CHAPITRE V:

Figure V. 1 : présentation de réseau sur EPANET	76
--	----

CHAPITRE VI:

Figure VI. 1 : Irrigation à la raie	89
Figure VI. 2 : Irrigation à la raie	90
Figure VI. 3 : Irrigation par pivot.....	91

CHAPITRE VII:

Figure VIII. 1 : Schéma d'un tranché	106
---	-----

Liste des planches :

Planche 1 : Plan de situation de périmètre de sidi abdeli

Planche 2 : Plan d'occupation du sol

Planche 3 : Plan profil en long de conduite de distribution

Planche 4 : Plan de réseau de distribution

Planche 5 : plan de réseau à goûte à goûte

Abréviation

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques.

PEHD : Polyéthylène haute densité.

DRE : Direction des Ressources en Eau.

DSA : Direction des Services Agricoles.

ONID : Office National de l'Irrigation et du Drainage.

ONM : Office National de Météorologie.

DER : Direction ressources Tlemcen

Liste des annexes

ANNEXE1 : Source : Bulletin FAO d'irrigation et drainage

ANNEXE2 : Table de χ^2

ANNEXE3 : Analyse multicritère de choix de technique d'arrosage

ANNEXE4 : Situation géographique de pirimètre

ANNEXE5 : Carte simplifiée des zones bioclimatiques de l'Algérie (ANAT, 2004).

Introduction

L'agronomie occupe une position centrale dans la Wilaya de Tlemcen, jouant un rôle crucial sur les plans économique, social et environnemental. Cette région bénéficie d'une abondante diversité de terres cultivables, ce qui lui confère un potentiel agricole prometteur. L'activité agricole revêt une importance significative, en fournissant des emplois et des revenus essentiels pour les habitants, contribuant ainsi au développement socio-économique local.

Dans ce contexte, notre étude se concentre sur le dimensionnement d'un périmètre d'irrigation à Sidi Abdeli, Wilaya de Tlemcen, couvrant une superficie de 185 hectares, alimenté par un barrage. L'objectif principal est d'optimiser l'utilisation de la ressource en eau tout en assurant un développement agricole durable dans la région.

Notre approche s'inspire des meilleures pratiques utilisées dans des projets similaires. Dans la première partie de notre étude, nous explorerons la présentation de la zone où se situe le périmètre. Une analyse approfondie des composantes climatiques, incluant une étude hydrologique indispensable, sera également réalisée. Nous évaluerons les potentialités du sol en déterminant ses caractéristiques physico-chimiques et son aptitude à la culture, en plus d'évaluer la qualité des eaux disponibles. Enfin, nous établirons les besoins en eau spécifiques aux cultures, en prenant en compte le débit requis et la quantité nécessaire pour l'irrigation.

La deuxième partie de notre étude se concentrera sur l'aspect technique du projet. Nous procéderons au dimensionnement des bornes, des réseaux d'adduction et de distribution d'eau pour assurer une répartition efficace de la ressource sur l'ensemble du périmètre. L'objectif ultime est de concevoir un réseau d'irrigation performant, améliorant ainsi le rendement des cultures.

Enfin, pour conclure notre travail, nous estimerons le coût total du projet d'irrigation à travers un chapitre de calcul technico-économique.

À travers cette étude, nous aspirons à contribuer au développement durable de l'agriculture dans la Wilaya de Tlemcen, en exploitant de manière efficiente la ressource en eau disponible.

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

I.1. Introduction:

L'objectif de ce chapitre est de présenter brièvement la zone de sidi abedeli tout en offrant une description détaillée du périmètre de sidi abedeli, qui sera le sujet central de notre étude.

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

I .2.1 situation géographique de la commune de Sidi Abdelli :

La commune de Sidi Abdelli est située à 33km environ à l'Est de Tlemcen, elle est créée lors du découpage administratif de 1985.

Elle est limitée administrativement:

- Au Nord par les communes d'Aghlal et Aoubellil (W.Ain Témouchent) ;
- A l'Est par les communes d'Ain Nehala et Ain Tellout ;
- Au Sud par les communes d'Ain Fezza et Ouled Mimoun ;
- A l'Ouest par les communes de Bensekrane et Amieur ;

L'agglomération de la commune de sidi Abdelli s'étend sur une superficie de : 22701 Ha.



Figure I. 1 : Situation géographique de la zone d'étude/sidi abedeli, Date de prise (12/10/2023)(source : Google earth) , Coordonnées(35° 03' 00'' nord 2° 07' 00'' ouest) (<https://earth.google.com/web/search/Sidi+Abdelli>)

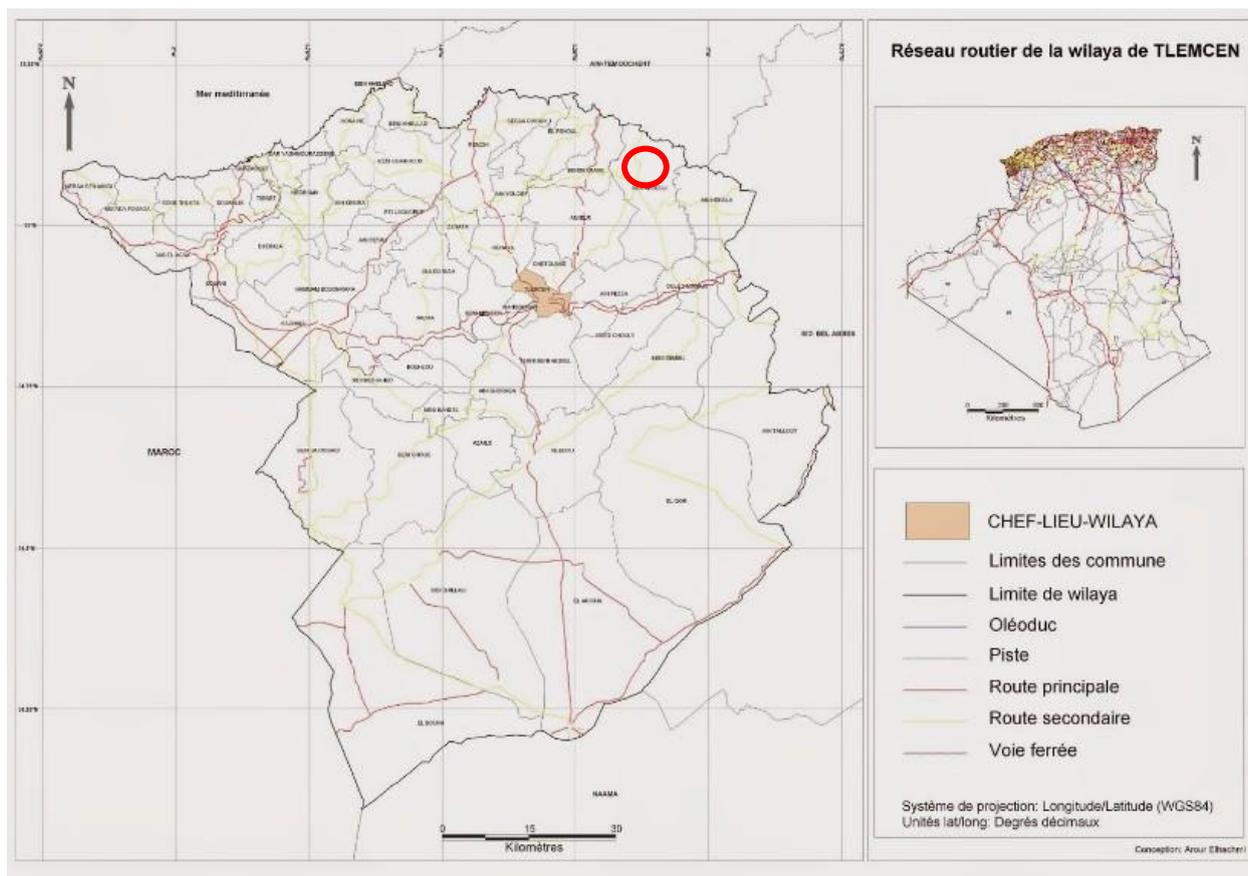


Figure I. 2: Carte des wilayas géographique de la wilaya de Tlemcen Source : découpage administratif Algérie (1/10000)

I.2.2. Situation géographique du périmètre de Sidi Abdelli :

Ain El Hammam est située à une distance de 2,00 km de la ville de Sidi-Abdelli, faisant partie de sa commune. Son altitude est de 360 mètres par rapport au niveau de la mer. Sur le plan géographique, cette région est située à une distance de 35 km de Tlemcen, le chef-lieu de la wilaya, ainsi que d'Ain-Temouchent. De plus, elle se trouve à une distance de 70 km de la ville de Sidi-Bel-Abbes, et elle se trouve à une distance de 484.7 km de la capitale Alger.

Selon les relevés topographiques effectués dans le cadre du périmètre d'irrigation réalisé par le BET, on peut constater deux zones différentes :

La 1^{ère} zone :

Elle partage une frontière avec la station thermique de Sidi Abdelli, qui est située au nord-est par rapport à la station mentionnée précédemment. Cette zone se caractérise par :

- Un relief relativement plat.
- Des terrains dont la géomorphologie est peu accidentée.
- Les caractéristiques morphométriques du terrain posent des défis à l'écoulement gravitaire dans les canaux d'irrigation. Cela nous amène à envisager un tracé le long des courbes de niveau pour surmonter cette contrainte topographique.

La 2^{ème} zone :

Elle est située au Nord-Ouest de la station thermale ; partie avale par rapport à la première zone. Caractérisée par :

- Géomorphologie convexo-concave ; ondulation : terrain accidenté.
- Le périmètre est en pente importante.(annexe 4)

I.3. Les Caractéristiques de la région :**I.3.1. Les Caractéristiques hydro climatiques:**

Le climat de la région joue un rôle important dans le développement des cultures. En analysant les conditions climatiques de la zone d'étude, il est possible de déterminer la quantité d'eau nécessaire aux stades de croissance des plantes et d'atteindre le bilan hydrique que nous D'autre part, les propriétés physiques du sol jouent également un rôle essentiel dans l'équilibre hydrique dont nous parlerons dans le chapitre suivant. Les données météorologiques et climatiques sont très importantes dans la planification et la gestion des activités humaines, l'une des principales activités étant l'agriculture, les facteurs climatiques tels que la température, l'humidité, l'ensoleillement, l'évapotranspiration, les précipitations et le vent doivent être pris en compte dans les projets d'irrigation

a-PLUVIOMETRIE :

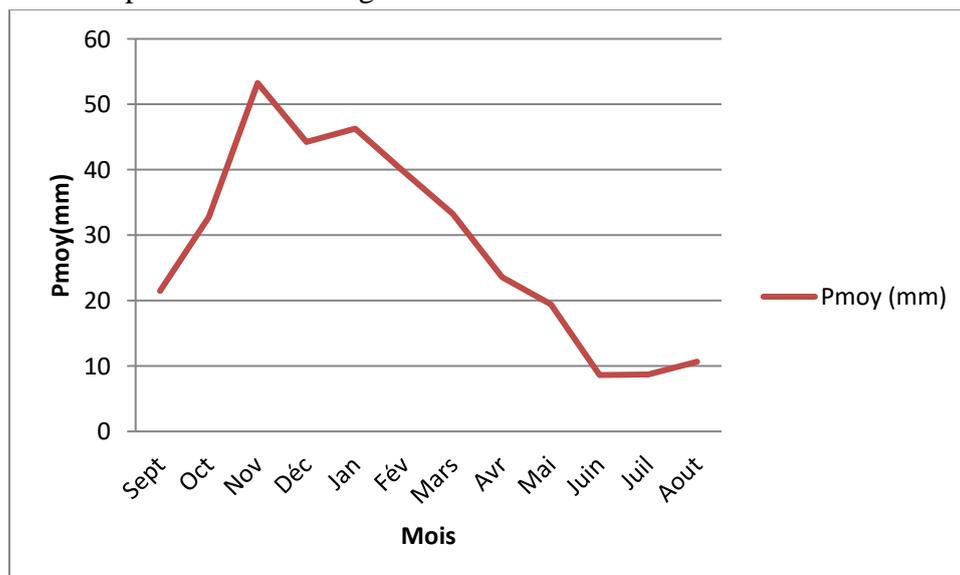
La région est affectée par des perturbations complexes du régime méditerranéen. La répartition mensuelle des précipitations montre un net contraste pluviométrique entre les deux saisons humides (octobre à janvier) et (février à mai). La station de référence est la station Sidi Abdelli représentant la zone d'étude.

Tableau I. 1 : Précipitations Moyennes année 1985-2015

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Année
Pmoy (mm)	21.47	32.78	53.25	44.24	46.24	39.68	33.25	23.60	19.42	8.62	8.71	10.64	331.89

Source ANRH Alger, 2015

La saison des pluies est généralement active d'octobre à avril. Les données pluviométriques montrent que, sauf en été (juin à août), les précipitations sont relativement bien réparties tout au long de l'année.

**Figure I. 3** : Graphe de Précipitations Moyennes année 1985-2015**b-TEMPERATURE :**

Les observations climatiques réalisées sont souvent irrégulières, dans une même journée et dans les différents mois :

Tableau I. 2 : Températures maximales, moyennes et minimale. 2015 (ANRH Alger)

statistiques	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
Max	12,6	14,2	14,8	18,2	21,1	25,2	28,3	29,1	24,9	21,9	17,8	14,5
Min	9,7	8,8	12,8	14,8	17,5	20,6	24,9	26,4	22,9	19,1	13,0	10,4
Moy	11,3	11,8	13,8	16,5	19,6	22,9	26,7	27,2	23,9	20,6	15,5	12,2

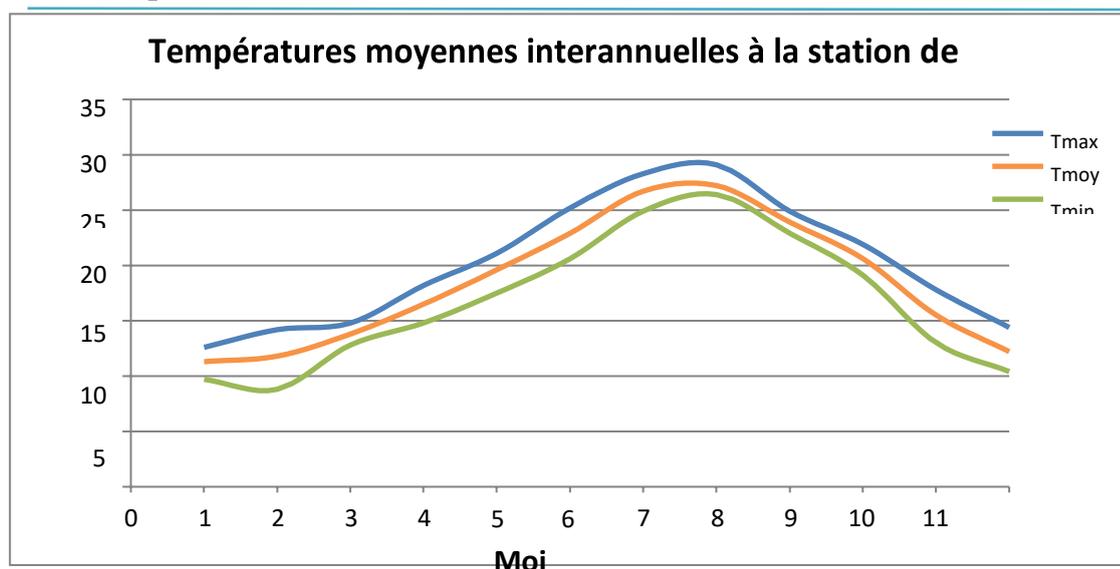


Figure I. 4 : Graphique descriptif de la variation des températures

D'après les graphiques, il est observable que les mois de juillet et août enregistrent les températures les plus élevées, atteignant en moyenne 27,2 °C, tandis que les mois les plus froids se situent en janvier et février, avec une moyenne de 11,3 °C.

c-HUMIDITE :

La moyenne annuelle de l'humidité relative est estimée à environ 69 % dans le bassin, tandis qu'elle atteint environ 67 % le long de la côte.

Tableau I. 3 : Répartition de l'humidité moyenne en % de la station de Tlemcen

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	AN.
Station de Tlemcen	71	72	75	68	66	60	60	56	63	69	77	73	67
Moyenne trimestrielle à Tlemcen (%)	72			64			59			73			
Saisons	<i>Hiver</i>			<i>Printemps</i>			<i>Eté</i>			<i>Automne</i>			/

Source ANRH Alger 2013

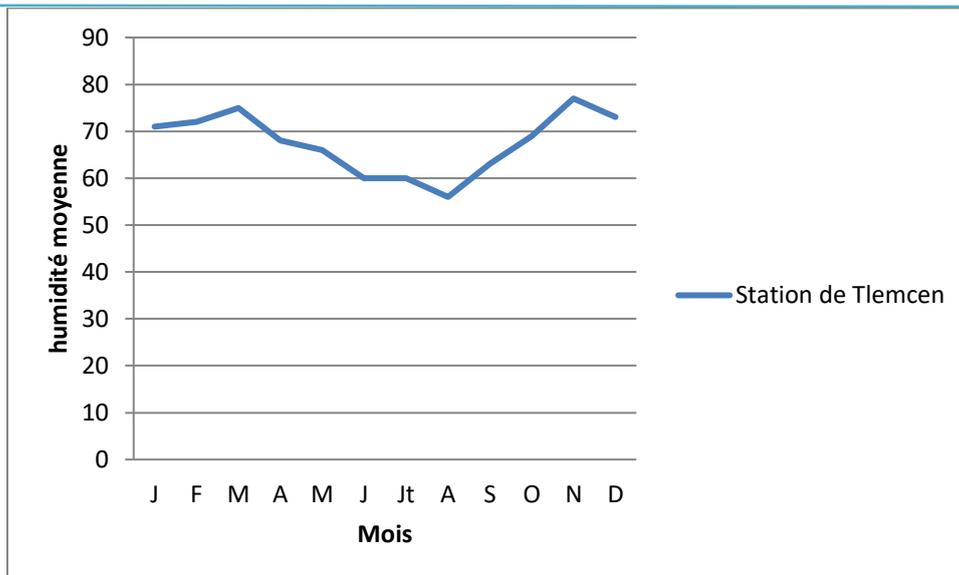


Figure I. 5 : Graphe de Répartition de l'humidité moyenne

d-REGIME DES VENTS :

Tableau I. 4 : Moyennes mensuelles des vents de la station de Tlemcen

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	AN
Vmoy (m/s)	2,16	2,28	2,32	2,7	2,42	2,56	2,51	2,48	2,28	2,01	2,4	2,37	2,38

Source ANRH Alger,2015

Les vents dominants sont modérés à forts, voire violents, et restent des vents dont les trajectoires principales sont contraintes par la direction des masses d'air frontales d'origine atlantique.

C'est le nombre de jours par mois pendant lesquels les phénomènes suivants sont observés : gel, neige et vents chauds.

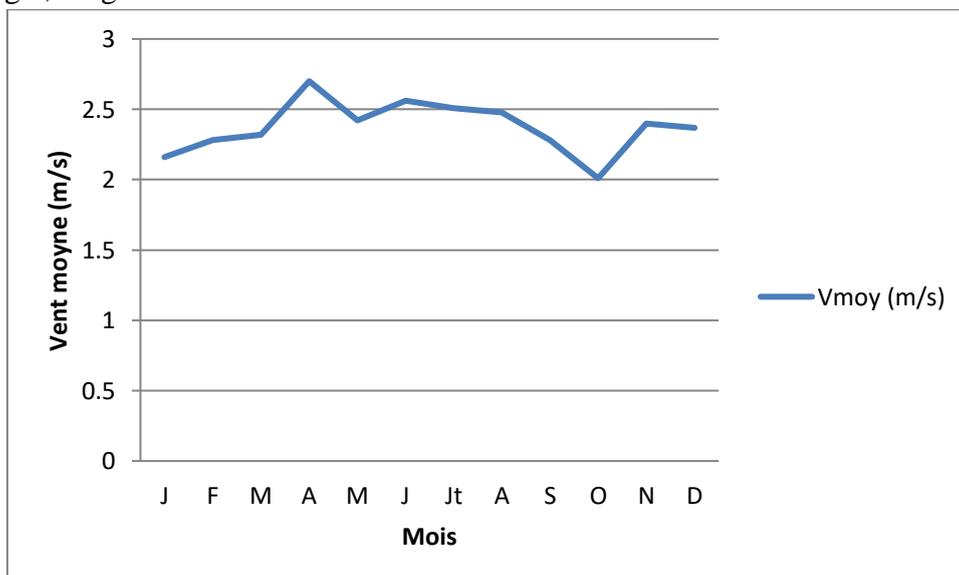


Figure I. 6 : Graphe de Moyennes mensuelles des vents de la station de Tlemcen

e-LA GELE :

La connaissance des dates de gel revêt une importance cruciale, car elle a le potentiel de causer des dommages aux cultures et d'altérer la structure du sol de manière négative.

Tableau I. 5 : Moyennes mensuelles des gelés de la station de Tlemcen.

Mois	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3
Nombre	16	7	0	0	0	0	0	0	0	0	3	6

Source ONM Alger 2012

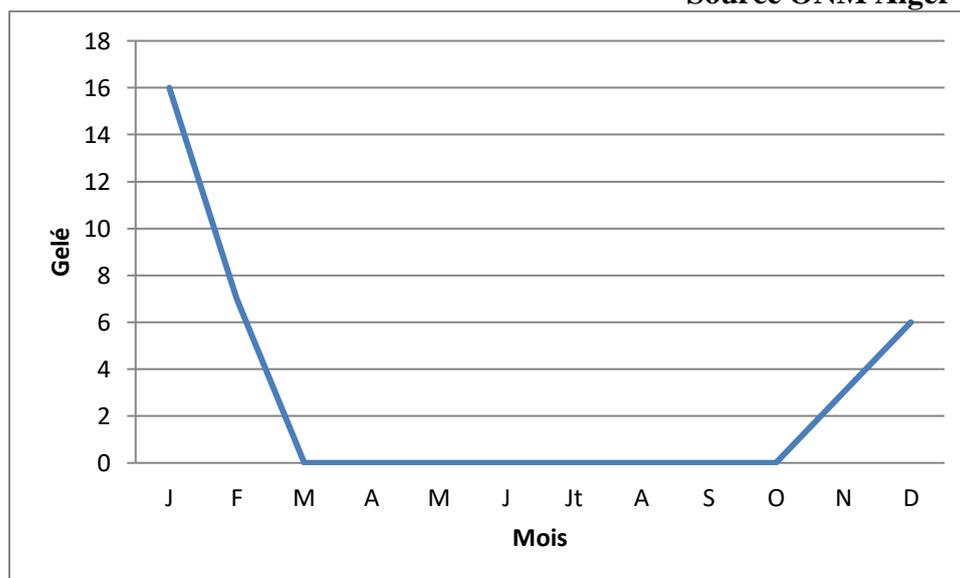


Figure I. 7 : Graphe Moyennes mensuelles des gelés de la station de Tlemcen

f-SIROCO :

Les valeurs de l'observation du phénomène du siroco sont très limitées dans notre zone d'étude. Elles sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau I. 6 : Moyennes mensuelles du siroco de la station de Tlemcen

Année	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEPT	OCT	NOV	DEC
Siroco (jour)	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0

SOURCE ONM Alger 2012

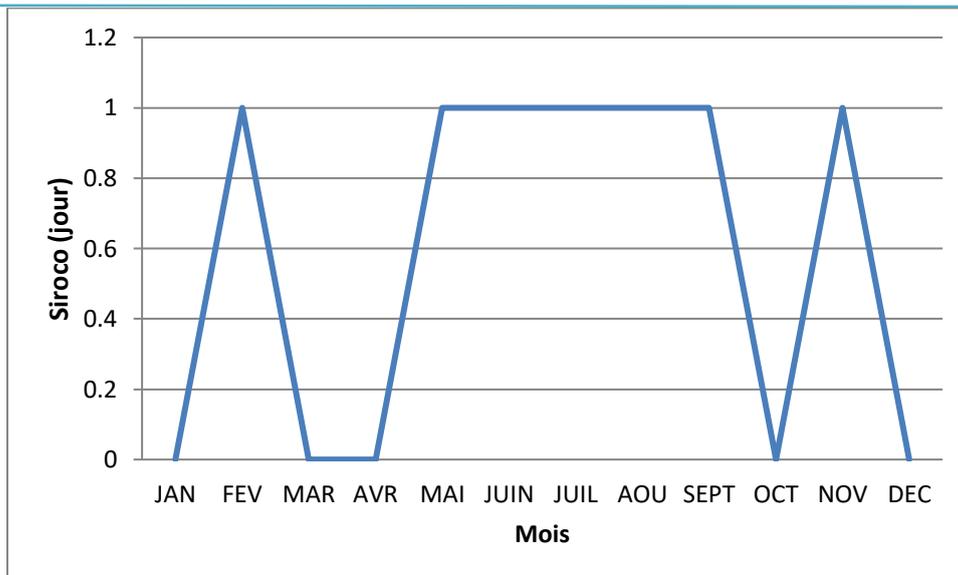


Figure I. 8 : Graphe de Moyennes mensuelles du siroco de la station de Tlemcen

g-LA NEIGE :

Les observations de neige dans la zone d'étude présentent des valeurs extrêmement basses :

Tableau I. 7 : Moyennes mensuelles de la neige de la station de Tlemcen

Année	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEPT	OCT	NOV	DEC
Neige (jour)	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Source ONM Alger 2012

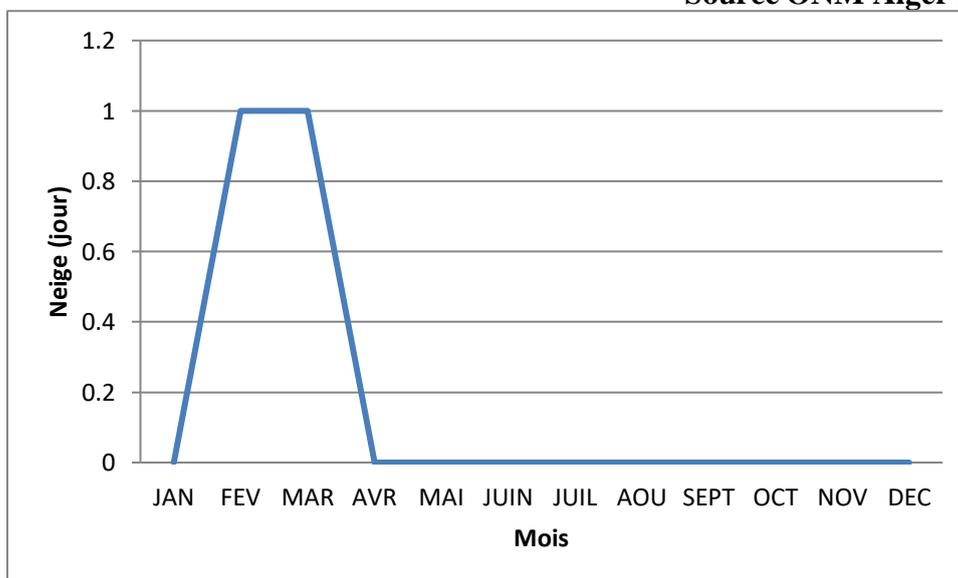


Figure I. 9 : Graphe de Moyennes mensuelles de la neige de la station de Tlemcen

Notez que, en raison de l'absence de stations permanentes dans la zone d'étude, nous avons recours aux données de la station de Tlemcen pour enrichir notre étude climatologique en ce qui concerne les caractéristiques climatiques telles que la température, l'humidité, les conditions de vent, ainsi que d'autres facteurs tels que le gel,

la neige et le vent chaud.

h-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.

j-La population :

L'étude de la population humaine de la wilaya de Tlemcen qui regroupe 59communes présente une superficie totale de 8740 km2.

Tableau I. 8 : Etude de la population humaine de la wilaya de Tlemcen(DSA 2017)

Tranches d'âge	Féminin	Masculin	Total
0 à 4	36128	50651	86786
5 à 9	56890	62149	119039
10 à 14	60654	68795	129449
15 à 19	45698	56214	101912
20 à 24	45254	47965	93219
25 à 29	25891	35648	61539
30 à 34	25493	24897	50390
35 à 39	18953	19876	38829
40 à 44	14637	16587	31224
45 à 49	9654	12499	22152
50 à 54	9542	10479	20021
55 à 59	8976	8543	17519
60 à 64	7564	7469	15033
65 à 69	6542	4563	11105
70 à 74	4559	3254	7813
75 à 79	2563	3025	5588
80 à plus	2085	2147	4232
N D	562	356	918
Total	381645	435123	816768

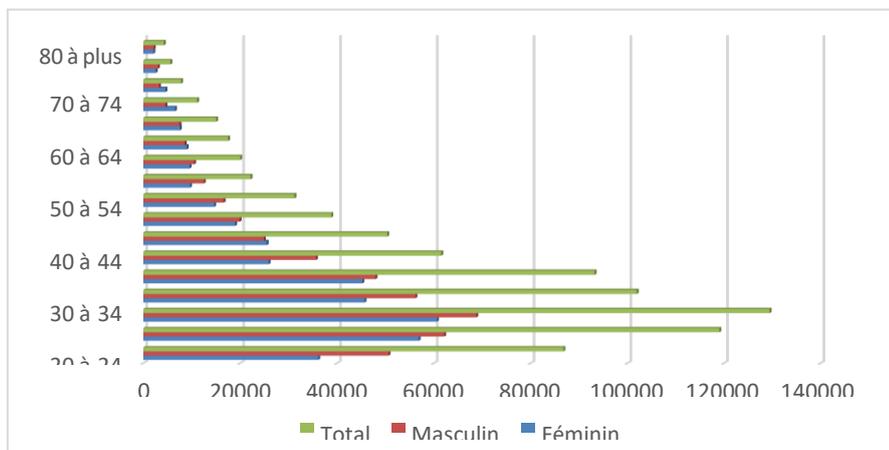


Figure I. 10 : Pyramide des âges de la wilaya de TLEMEN

On observe que la population de la wilaya est jeune.

I.4 Agriculture:

La commune de Sidi Abdelli est à vocation agricole. Elle contient une superficie agricole totale de 20 202 hectares et une superficie agricole utile (SAU) de 17 337 hectares.

La répartition de l'activité agricole est répartie comme suit :

Tableau I. 9 : Répartition des terres agricoles de la commune de Sidi Abdelli(DSA2017)

Communes	secteur	Terres labourables				Surfaces Agricoles utiles S.A.U (ha)	Parcours Pacages y compris terres défrichées	Terres productives (ha)	Superficie agricole totale S.A.T (ha)
		Cultures herbacées (ha)	Terre au repos (ha)	Vignobles (ha)	Plantation d'arbres fruitiers (ha)				
Sidi Abdelli	F.P	400	102	32	27	561	0	11	572
	S.P	7267	8770	238	501	16776	1500	1354	19630

- F.P : Ferme pilot
- S.P : Secteur publique

I.4.1 Emploi production agricole de la commune de Sidi Abdelli :

Tableau I. 10 : Production agricole de la commune de Sidi bdelli(DSA2017)

Cultures	Spéculations	2006/2007		2007/2008		2008/2009		2009/2010		2010/2011	
		superficie Ha	Production Qx								
céréalières	blé dur	1990	9580	289	2036	1250	17822	2347	28060	1350	1450
	blé tender	1893	7390	110	757	1100	12100	1598	18400	1500	9770
	Orge	1996	14302	443	3500	1650	36000	1788	15960	1350	8610
	Avoine	40	320	10	30	45	600	30	600	0	0
Maraichères	pomme de terre	43	7380	190	27550	116	33350	204	44910	165	27200
	Carotte	3	180	10	500	15	1800	10	1000	12	1200
	Tomate	4	720	20	3600	20	4000	20	4000	4	800

	Oignon	6	780	60	3600	42	7560	12	1200	9	950
	haricot vert	0	0	1	40	3	240	5	250	0	0
	melon/pastèque	14	2100	30	5500	35	7000	85	17000	100	31000
	Artichaut	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Piment	0	0	1	60	1	100	0	0	1	15
	Poivron	5	420	10	500	25	1750	10	800	4	400
	concombre	3	260	5	300	5	750	4	480	0	0
	Courgettes	3	250	2	80	10	1200	5	600	3	240
	aubergine	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	choux fleur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	choux vert	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Navet	0	0	5	250	2	200	1	100	3	300
	Ails	2	20	0	0	0	0	8	200	7	280
	feves verts	6	200	30	3600	50	5000	60	6000	45	2250
petits pois	3	70	20	2000	35	2800	45	3600	25	1000	
Arboricultur	Abricotier	8	375	29-août	110	29-août	150	27/15	300	27/25	640
	Amandier	26	780	30/26	390	26	520	26	520	26	520
	Pêché	37	740	37	370	157	1780	117	3500	119	7000
	Pommier	23/17	510	23	460	23	460	23	460	23	1200
	Prunier	81/74	2960	141/81	970	106/81	1680	106/95	2800	106	4240
	Olivier	461		589		516		491		501	
	Poirier					35	700	32	640	32	1280

Source DSA 2017

I.5 Les aspects bioclimatiques:

Pour classer le climat, on utilise généralement des indicateurs agrométéorologiques qui reposent sur les données de température et de précipitations de la zone.

I.5.1 Indice d'aridité de MARTONE:

L'Indice d'aridité de MARTONE est un outil précieux pour évaluer et décrire l'aridité. Il est utilisé pour classer le climat en se basant sur la relation entre la température et les précipitations annuelles, offrant ainsi des informations sur la disponibilité de l'irrigation dans la région.

$$IA = \frac{P}{T + 10} \dots\dots(I.1)$$

Tel que :

- **P** : précipitation moyenne annuelles en (mm) ;
- **T** : température moyenne annuelle en (°C) ;
- **IA** : indice d'aridité.
- Pmoy=341.89 mm/an
- Tmoy=18.5 C°

$$I = \frac{331,85}{18,5+10}$$

$$IA=11.8$$

En utilisant l'Indice d'aridité (IA), il est possible d'établir la classification climatique comme indiqué dans le tableau ci-dessous :

Tableau I. 11 : l'Indice d'aridité (IA)

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

D'où **IA =12**, le climat de la zone de Sid Abdelli est Sec ou l'irrigation est souvent indispensable.

I.5.2 Indice Pluiothermique d'Emberger :

$$Q = \frac{2000 \times P}{M^2 - m^2} \dots \dots \dots \mathbf{I.2}$$

Avec :

- Q : coefficient Ombrothermique d'Emberger.
- P : précipitation moyenne annuelle (mm).
- M : moyenne des températures maximales (Kelvin).
- m : moyenne des températures minimales (Kelvin).

$$\text{Donc : } \mathbf{Q = \frac{341.89 \times 2000}{(302.1^2 - 281.8^2)} = 57.69}$$

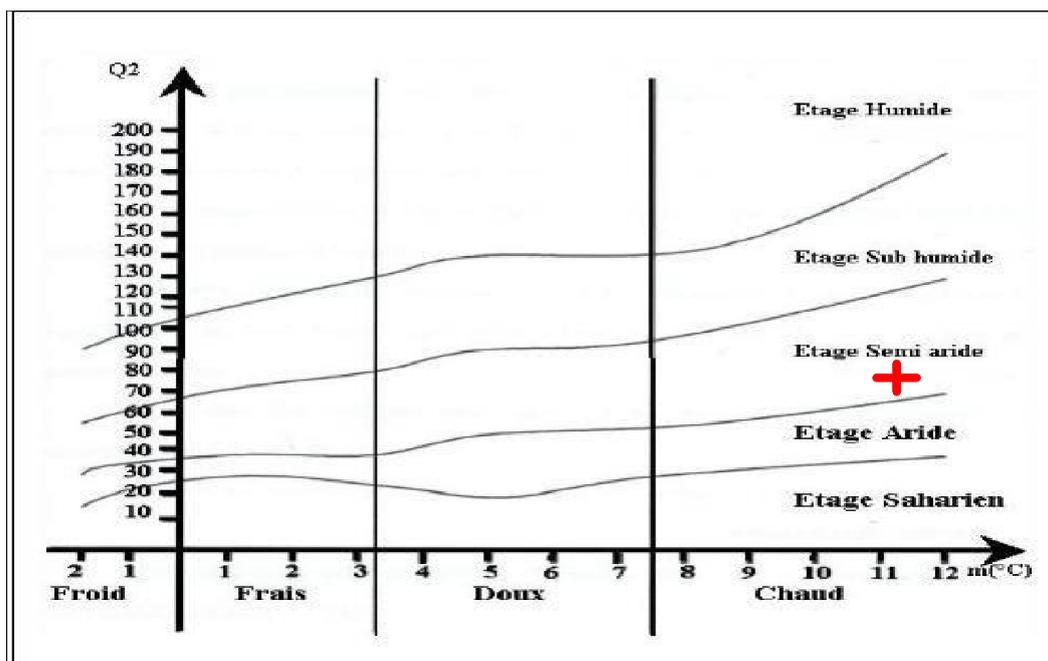


Figure I. 11 : Le diagramme bioclimatique d'Emberger

En portant la valeur de Q dans le diagramme bioclimatique d'Emberger et en se basant sur la température moyenne minimale du mois le plus froid (8.8°C), Avec : $Q = 57.69$ On peut confirmer que notre région se trouve dans :

- l'étage bioclimatique : semi aride
- Sous étage : chaud

c) Diagramme Ombrothermique de "GAUSSEN ET BAGNOULS" :

Le diagramme Ombrothermique a raison pour faire ressortir les mois ou la période sèche au cours de l'année. Voir figure I.10

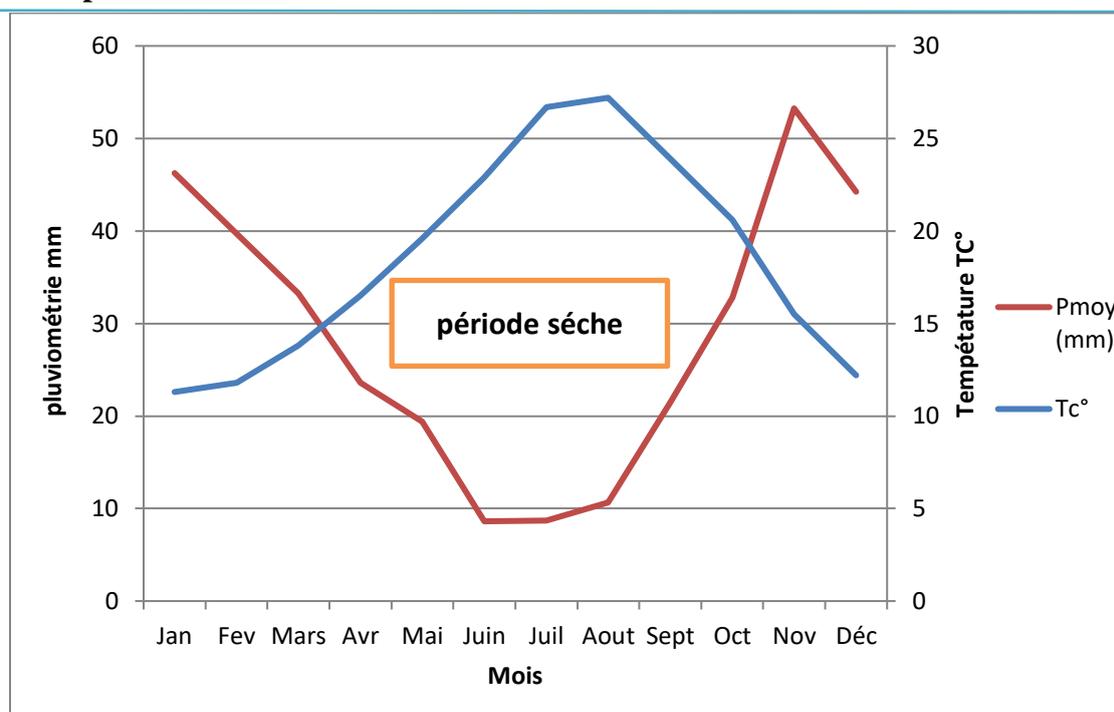


Figure I. 12 : Diagramme Ombrothermique de Gausson

À partir de ce diagramme Ombrothermique, on peut déduire que la période sèche commence en mois de la mi-Mars allant jusqu'à la mi-October.

I.6 Comparaison entre les indices bioclimatiques:

Les méthodes qui intègrent les principaux paramètres climatiques tels que les précipitations, les températures et l'évaporation ont caractérisé le climat de la zone d'étude comme étant semi aride, en accord avec la carte des étages bioclimatiques établie par l'Agence Nationale de l'Aménagement du Territoire (ANAT, 2004);(annexe 5).

I.7 Conclusion :

Nous avons étudié les principales caractéristiques climatiques de notre zone d'étude, et nos résultats indiquent que cette région possède un climat semi-aride, caractérisé par des conditions de sécheresse et des précipitations variables en termes de quantité et de répartition temporelle.

La répartition des précipitations selon les saisons est plus propice aux cultures d'hiver, tandis que les cultures de printemps dépendent essentiellement de l'irrigation.

En mettant en place des systèmes d'irrigation efficaces, il serait envisageable d'accroître les rendements de ces cultures tout en maintenant au maximum l'équilibre salin du sol.

Chapitre II : Ressources en sol et en eau

II.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.

II.2. Ressources en Sol:

Le bassin versant de la Tafna-Isser est situé dans le Nord-Ouest de l'Algérie, s'étendant sur l'intégralité de la wilaya de Tlemcen et une partie du royaume marocain, couvrant une superficie de 7245 km² en territoire algérien (Annuaire hydrologique, 79-80). Globalement, le bassin versant de la Tafna-Isser peut être divisé en quatre (04) plaines, avec les plateaux occupant la partie centrale du bassin, encadrée par les zones montagneuses.

1. La plaine de Maghnia : Limitée au Nord et au Nord-Est par les piémonts sud des Traras, au Sud par les piémonts Nord des monts de Tlemcen, et à l'Ouest par un prolongement naturel formé par la plaine des Angad (Maroc). Cette plaine, principalement couverte de limons très fertiles, présente des sols salés dans sa partie centrale. Les sols sont également limités en profondeur par des croûtes calcaires.
2. La plaine de Hennaya : Délimitée au Sud par les piémonts Nord des monts de Tlemcen et au Nord par le plateau de Zenata. Ses sols sont formés par des dépôts d'alluvions récents, bénéficiant de la proximité des points d'eau tels que les cours d'eau et la nappe phréatique pour le développement de l'agriculture irriguée traditionnelle en raison de la position géographique et de la structure granuleuse des sols.
3. Plateau de Zenata-Ouled Riah : Situé au Nord-Ouest de la plaine de Hennaya, ce plateau est composé de sols rouges méditerranéens reposant sur des encroûtements, parfois sur la carapace calcaire, avec une texture argilolimoneuse.
4. Plateau Sidi Abdelli-Aïn Nahala (notre zone d'étude) : Formé de sols bruns calcaires, avec une teneur en argile d'environ 45%. Ces formations présentent une teneur élevée en calcaire en profondeur (Benmechta-Ib 2006)

Les sols de ce plateau sont représentés par les classes suivantes :

- sols peu évolués, sous-classe non climatique, - 667,1 ha, 24,6%
- vertisols lithomorphes – 40,4 ha, 1,5%
- sols calcimagnésiques – 301,8 ha, 11,1% (notre périmètre)
- sols isohumiques – 1475,6 ha, 54,5%
- sols minéraux bruts – 224,6 ha, 8,3%

Chapitre II :

Resources en sol et en eau

Les sols calcimagnésiques : Ce sont des sols à encroûtés calcimagnésiques carbonatés bruns calcaires modaux. La texture est AL ; A; LA. Les sols ont des bonnes potentialités agronomiques. Superficie – 301.8 ha.

II.2.1Pédologie :

Un aperçu sur les différents types des sols rencontrés dans la région de Sidi - Abdelli :

-Sols sur calcaire Jurassique : Il s'agit généralement des sols rouges souvent profonds reposant directement sur les calcaires lithographiques. Parfois, par suite de la dislocation des blocs rocheux ou de la présence des fissures, le sol s'approfondit très localement

-Sols bruns profonds : Ce titre sans prétention pédologique, s'applique à une large zone dont les sols ont pour caractère commun une profondeur importante. Ils sont riches en argile et conduisent à des structures nettement prismatiques en profondeur.

-Sols rouges profonds : Il s'agit des sols dont la texture est généralement argileuse, ils sont très riches en fer et généralement non calcaires.

-Sols d'alluvions : Ils occupent d'étroites bandes de terrains de part et d'autre du lit actuel de l'Oued Isser ainsi que ses affluents.

-Sols sur marne : apparaissent au Nord de la plaine ainsi que dans le thalweg creusé par Oued Senouss

-Sols bruns sur croûtes et encroûtements : sont généralement reposés sur des encroûtements de consistance variable et peuvent se présenter sous la forme de granules et de nodules.

-Sols rouges peu profonds sur les croûtes et les encroûtements : ils sont normalement dépourvus de calcaires dans leur partie supérieure. Ce sont là encore des sols à vigne

▪ localisés au centre et au Sud de la plaine de Sidi 3 Abdelli (DERRAG, 2010).

Il semble y avoir une référence à un tableau (Tableau II-1) qui résume les paramètres hydrodynamiques liés au sol et qui sont utilisés dans le calcul de la dose d'irrigation. Cependant, il semble que le tableau lui-même n'ait pas été inclus dans votre question.

Si vous avez des questions spécifiques concernant les paramètres hydrodynamiques du sol ou si vous avez besoin d'informations sur la manière dont ces paramètres sont utilisés pour calculer la dose d'irrigation, n'hésitez pas à fournir plus de détails ou à poser des questions spécifiques. Je serai heureux de vous aider autant que possible :

Tableau II. 1 : Propriétés hydrodynamiques des sols (Source : O.N.I.D-2015).

Paramètre	Unité	Valeur moyenne
Texture	----	Argile limoneuse
Humidité à la capacité au champ	%	21
Humidité au point de flétrissement	%	12
La perméabilité	m/s	7×10^{-6} m/s
Densité apparente		1,5
CE	mmho/cm	0.720

Nous avons analysé en laboratoire les échantillons que nous avons prélevés, ce qui nous a permis de mettre en évidence plusieurs caractéristiques fondamentales du sol :voire le tableau(Tableau II-2) et la figure(II.2) :

II.2.2 Analyse de laboratoire :

Les échantillons collectés ont fait l'objet d'analyses en laboratoire, nous permettant ainsi de mettre en lumière diverses caractéristiques fondamentales du sol.

➤ Profondeur

0 – 15 cm : sol frais, brun clair, texture équilibrée à limono-argileux, structure massive à polyédrique moyenne peu développée, compacte, peu poreux, existence de racines et fines radicelles, matière organique décelable, Hcl⁺, transition nette.

15 – 37 cm : Frais à sec, brun foncé, texture équilibrée, polyédrique grossière, compacte, dur, peu poreux, peu de racines et fines radicelles, matière organique décelable, faible activité biologique, existence des tâches blanchâtres de calcaires, existence d'une faible couche graviers + calcaires de différents diamètres, Hcl⁺, transition nette.

37 -120 cm : Frais, brun foncé, polyédrique moyenne, assez développée, structure prismatique à massive, peu poreux, peu de racines et des fines radicelles, existence des tâches blanchâtre avec quelques gravillons effervescence à Hcl⁺⁺.

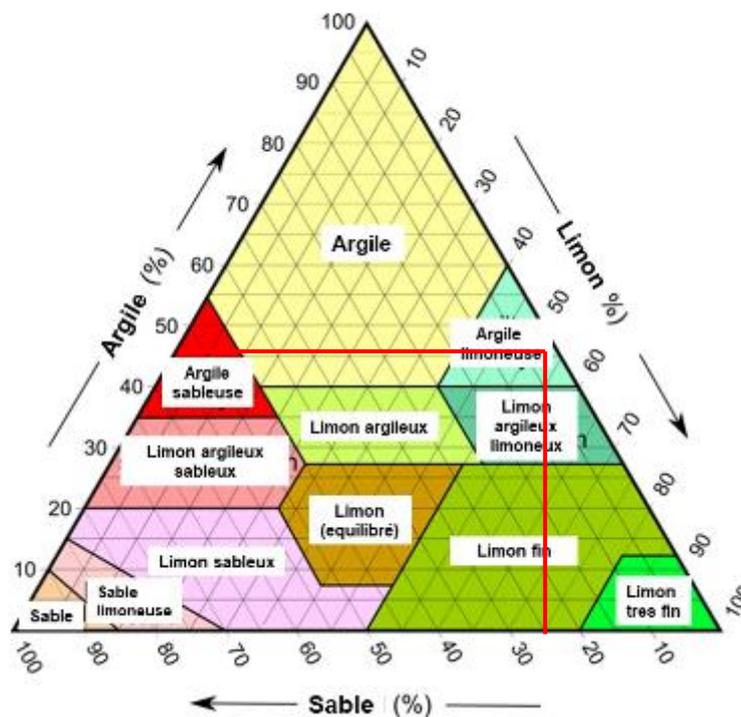
Classification

- **Classe** : Sols calcimagnésiques
- **Sous classe** : carbonatés
- **Groupe** : sols bruns calcaires
- **Sous-groupe** : modal
- **Famille** : Colluvions calcaires de texture équilibrée.
- **Série** : Profond
- **Type** : **argile limoneuse**

Tableau II. 2 : Résultats d'analyse pédologique

Profondeur (cm)	0-15	15-37	37-120
Argile %	52	47	42
Limon fin%	45	62	53
Limon grossier%	49	58	44
Sable fin%	27	29	20
Sable grossier%	24	28	28
Densité réelle	2,61	2,47	2.48
Ph	7,24	7,21	7,22
C.E mmhos/cm	1,93	1,74	1,58
Perméabilité K Hénin	1.89	2.50	2.92
pF _{4.2}	14.29	13.5	13.62
pF _{2.5}	25.85	24.95	25.16
C ‰	19.1	14.6	15.0
N ‰	1.93	1.61	1.60
C/N	9.89	9.06	9.37
Ca CO ₃ total	47.10	47.03	47.58
Ca CO ₃ actif	15.25	15.25	15.5
P ₂ O ₅ total ‰	2.64	2.35	2.35
Ca ⁺⁺	25.80	25.65	24.98
Complexe absorbant (meq/100 g)			

Figure II. 1 : Classification du sol dans le triangle de texture (USDA).



II.2.3 Les aptitudes culturales:

La végétation terrestre est occupée par un couvert de trois strates végétales :

- Station 1 : La strate arbustive représentée notamment par des arbres fruitiers : l'olivier et la vigne.
- Station 2 : La strate arborée représentée principalement par une surface très réduite des forêts des eucalyptus adulte de haute et des genévriers.
- Station 3 : La strate herbacée représentée par quelques cultures annuelles principalement du blé.

II.3 Ressources en eau :

Les ressources en eau comprennent toute l'eau disponible pour répondre aux besoins en eau dans un lieu et une période spécifiques. Actuellement, le système d'irrigation est alimenté par gravité à travers des canaux ouverts, avec une distribution organisée par des associations d'irrigants en fonction de la superficie de chaque agriculteur. L'eau restante de la station est déversée dans l'oued Iser, dont une partie provient du rejet du barrage de Sidi Abdelli, et est utilisée en cours de route par les irrigants le long de l'oued à l'aide de groupes de pompes individuels.

II.3.1 Présentation du barrage de sidi abdeli:

Le barrage de Sidi Abdelli est situé sur l'oued Isser à 2,5 km au nord du chef lieu de la Commune de Sidi Abdelli, à 08 km de l'est/Nord de la daïra de Ben Sakrane et à 34 Km de l'ouest/Nord de la ville de wilaya de Tlemcen. Selon notre interlocuteur, le barrage de Sidi Abdelli (Tlemcen), d'une capacité de 110 millions de mètres cubes et qui alimente 18 communes de la wilaya de Sidi Bel-Abbès

II. 3. 1.1 Situation générale:

Chapitre II :

Resources en sol et en eau

Le barrage de Sidi - Abdelli est l'un des plus importants barrages de l'ouest Algérien. Il est destiné à :

- L'alimentation en eau potable de la ville d'Oran, Sidi-Belabess et exceptionnellement la ville d'Ain-Temouchent.
- L'irrigation de la vallée située à l'aval du barrage (A.N.B.T, 2021).

Tableau II. 4 : Caractéristiques physiques et hydrauliques du barrage Sidi Abdelli(A.N.B.T.,2021)

Caractéristiques physiques	Caractéristiques hydrauliques
- Coordonnées : X = 150,50, y=206, 20 - Type : digue zonée - Hauteur maximale au-dessus du lit de l'oued :60m. - Largeur en crête: 13m - Longueur en crête: 665m - Côte de la crête: 353.5m - Côte de la retenue normale: 345m - Côte des plus hautes eaux: 351.3m - Base de la digue: 340m - Altitude : 439 m	- Année de construction : 1979 - Date de mise en eau : 1979-1989 - Date de mise en service : 1990. - Capacité totale : 110Mm ³ - Volume régularisé : 50 Mm ³ - Superficie du lac : 1137 km ² - Superficie du bassin versant : 1 137 Km ² - Précipitation moyenne : 100 mm - Débit de crue de projet : 4 430 m ³ /s. - Taux d'envasement annuel : 0.6 Hm ³ /an.

II.3.1.2 Analyses physico - chimiques de l'eau :

Les analyses physico-chimiques de l'eau du barrage est de qualité moyenne pour l'irrigation du futur périmètre. Ces eaux ont été comparées aux normes des eaux destinées à l'irrigation arrêtée par le journal officiel du : 8 Safar 1433 correspondant au 2 janvier 2012 fixant les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation. (Voir tableaux ci-après).

Tableau II. 5 : Bulletin d'analyse de l'eau de Barrage de sidi abdeli

Paramètre	Valeur moyenne
Conductivité en μ s/cm	720
Résidu Sec en mg/l	156 8

PH	7,9
CL ⁻ en mg/l	311
Na ⁺ en mg/l	90
Ca ⁺⁺ en mg/l	140
Mg ⁺⁺ en mg/l	59
K ⁺ en mg/l	14
SO ₄ ²⁻ en mg/l	550
HCO ₃ ⁻ en mg/l	122

Source : ANRH d'Alger 2017

Interprétation :

L'eau d'irrigation de **Barrage de sidi abdeli** est de moyenne qualité apte à l'irrigation, suite aux résultats d'analyse physico-chimique d'eau, la salinité des sols est faible, qui peut être éliminé par un lessivage moyen.

III.3.2 Classification des eaux en fonction de CE

Tableau II. 6 : Classification des eaux en fonction de CE

Classe	Conductivité électrique CE (mmhos/cm)	Qualité des eaux	cultures
C1	$CE \geq 0.25$	Risque faible de salinité	Pour toutes les cultures
C2	$0.25 \leq CE \leq 0.75$	Risque moyen de salinité	pour les plantes moyennement tolérantes.
C3	$0.75 \leq CE \leq 2.25$	Risque élevé de salinité	ne convient qu'a des sols bien drainés et des plantes tolérantes.
C4	$CE > 2.25$	Risque très élevé de salinité	eau difficilement utilisable

-Interprétation :

D'après cette classification, notre eau est de classe C2 avec une Eau de risque moyen de salinité.

La limite de la conductivité électrique de l'eau pour les agrumes varie en fonction des variétés d'agrumes et des conditions spécifiques de culture.

III.3.3 Le SAR (Sodium Absorption Ration)

La concentration du sodium dans l'eau dépend des concentrations en calcium et en magnésium, si l'eau est riche en sodium, celui-ci peut se fixer sur le complexe du sol et exercer

Chapitre II :

Resources en sol et en eau

alors une action défloculation, et influencer négativement sur les propriétés des sols, qui deviennent très compactes.

Pour apprécier le risque alcalin, on compare donc la concentration en ions Na^+ et celle en ions Ca^{++} et Mg^{++} , la relation qui a entre ces trois éléments est le SAR (sodium absorption ration):

$$\text{SAR} = \frac{\text{Na}}{\sqrt{\frac{\text{Mg} + \text{Ca}}{2}}} \dots \dots \dots \text{II.1}$$

- Quatre classes de danger d'alcalinisation ont été définies.

Tableau II.7: Risque d'alcalinisation en fonction du SAR

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

Source : Cours de Mme Aziez.

Dans notre cas :

$$\text{SAR} = \frac{3.915}{\sqrt{6.98 + 4.85}} = 1.60$$

Pour déterminer la classe des eaux d'irrigation de notre barrage on se base sur le diagramme de Riverside, d'après l'US Salinity Laboratory Staff (1954).

Dans le cas du barrage sidi abdeli on a :

$$\text{SAR}=1.60 \text{ et } \text{CE}= 720 \mu \text{ s/ cm,}$$

D'après le diagramme de Riverside, on classe cette eau dans la classe C2-S1 (eaurisque d'alcanite faible et de salinité moyenn

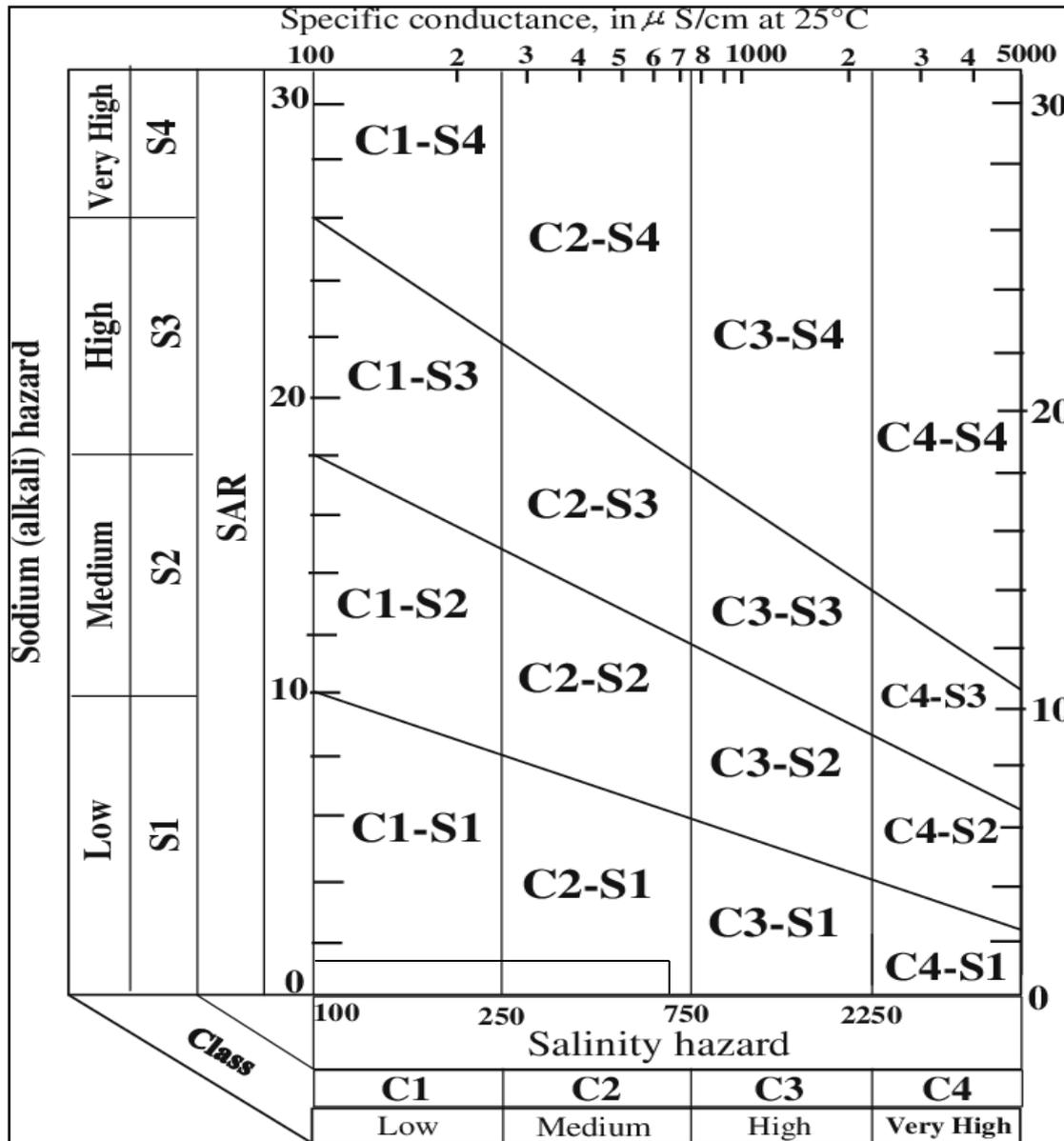


Figure II. 2: diagramme de classification des eaux d'irrigation (selon USSL, 1954)

III.4 Conclusion :

Dans cette section, notre investigation repose sur l'analyse physique et chimique qui a révélé que le matériau en question est une argile limoneuse dotée d'une bonne capacité de rétention d'eau. Par ailleurs, nos recherches ont permis d'établir les propriétés de l'eau du barrage Sidi Abdeli. Les vérifications de la qualité de l'eau ont démontré qu'elle est adéquate et non polluée.

Chapitre III : Etude de l'hydrologie et del'ajustement des pluies

III.1 Introduction:

La demande en irrigation se réfère à la quantité d'eau requise en plus des précipitations et éventuellement d'autres sources telles que la remontée capillaire (apport de la nappe phréatique) et les réserves d'eau initiales du sol.

Les concentrations élevées de sel dans le sol ou dans l'eau d'irrigation ont un impact significatif sur la disponibilité et la direction du flux d'eau vers et depuis les plantes. Pour cette raison, il peut être nécessaire d'ajouter une petite quantité de lixiviation, qui doit être plus profonde que la zone racinaire des plantes.

L'estimation des besoins en eau des cultures est basée sur l'analyse du bilan hydrique, utilisant les données pédoclimatiques évoquées dans les chapitres précédents. Dans ce chapitre, nous quantifions les besoins en eau des cultures dans la région de Sidi Abedeli. Traitement des données pluviométriques

III.2 Étude hydrologique:

Il s'avère essentiel de procéder à une analyse statistique des enregistrements pluviométriques sur une période étendue. Cette démarche englobe les aspects suivants :

- L'évaluation de la cohérence temporelle des données pluviométriques.
- L'application d'une analyse fréquentielle de la série pluviométrique en se servant de distributions statistiques appropriées.
- La détermination de l'année de référence nécessaire à des fins de calcul.

III.2.1- Choix de la station pluviométrique :

Pour notre étude hydrologique du périmètre en question, nous avons utilisé les données de la station pluviométrique de Sidi Abedeli. Après une analyse approfondie, nous avons déterminé que cette station était la plus proche du périmètre étudié et qu'elle offrait les données les plus récentes et les plus représentatives des conditions défavorables.

Les caractéristiques de cette station sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau III. 1 : Caractéristiques de la station Sidi abdeli (ONID Alger)

Code	Nom	Coordonnées en Lambert		Coordonnées en degrés		Altitude (m)	Période d'observation	Nombre d'années observées
		X(km)	Y(km)	Longitude	Latitude			
160802	Sidi abedeli	140.6	200.2	01°26'52''W	35°08'37''	385	1985-2015	30

Tableau III. 2 : Précipitation moyenne mensuelle 1985 – 2015

Année	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aou	Totale
1985	0.3	0	49.8	47.3	37.3	87.2	70.5	38	2.1	1.3	0	1.6	335.4
1986	34.2	56.4	83.7	34.2	28.7	118.3	4.9	2	12.2	0	5.2	0	379.8
1987	8.6	39.8	19.6	29.3	21.6	13.3	6.1	18.1	9.8	14.8	0	0	181
1988	12.4	1.5	19.9	0	31.6	18.4	93.5	25.2	12.2	0.4	0	0	215.2
1989	12.8	2.9	11.9	62.2	135.5	0	37.7	36.3	17.5	0.6	0	0	317.4
1990	18.5	10.5	58.7	30.3	61	49.2	114.3	16.3	7.1	0	0	0	365.9
1991	2.8	21.2	67	18.02	14.8	17	80.6	9.1	55.3	27.1	0	0	312.9
1992	0.2	12.1	24.4	18.2	0	121.8	31.3	28.5	69.6	3.4	0	0	309.5
1993	7	33.5	94.6	3.9	46.5	43.5	4.7	13.1	15.8	0	2	0	264.6
1994	23.9	10.9	19.1	17.1	18.7	54.2	90.8	20	0.1	3.7	0	0.1	258.6
1995	1.8	30.5	8.8	47	57.6	108.9	24.6	12.1	22.1	0	0	1.6	315
1996	32.9	5.1	10	31.9	125.1	0	0.2	42.6	7.2	2.9	0.4	12.7	271
1997	43.8	17.6	47.8	34.3	26.1	28.5	20	22.7	55.8	0	0.6	3.5	300.1
1998	10.6	3.4	40.9	2.9	65.1	87.7	115.1	0	0.3	0	0	0	326
1999	19.1	12.3	85.5	59	0.4	0	4	10.6	17.7	0	0	0	208.6
2000	8.8	335.9	71.2	18.9	36.8	56	5.2	1.7	10.7	0	0	0	545.4
2001	7.5	11.4	111.7	32.8	3.2	5.7	16.2	52.4	35.7	0	0	53.5	330.1
2002	0	21.7	81.8	9.5	94.8	100.5	23.3	21.1	12.4	0.1	0.5	0	365.7
2003	3.3	24.1	56.2	99.3	39.6	23.2	46.1	23.1	47.6	8.5	0	9.5	380.5
2004	0	42.1	51.6	76.4	29.9	69.3	40.4	14.5	0	0	0	4	328.2
2005	5.6	10.4	28.7	29.4	64.2	50.2	0	32.2	39.5	5	0.5	0	265.7
2006	11.7	7.6	8.2	58.5	12.9	61.7	43.5	83.1	3.3	0	0	1.3	291.8
2007	13.7	62.5	66.2	0	8	32.9	26.7	7	23.3	5	0.7	0	246
2008	18.09	71	83.1	122.3	84.6	34.6	29.9	38	5.5	0	0	6	493.1
2009	43	1	14.5	57.2	91.9	38.5	56.8	34.8	7	15.3	0	7.3	367.3
2010	4.7	50.7	38.8	17	39.6	27.7	37.7	48.9	34.7	7.9	0	0.6	308.3
2011	1.5	52.3	88.3	38	30.5	32.7	19.3	37.4	4.5	0	4.3	7.1	315.9
2012	20.3	61.1	173.5	17.3	122.5	24.5	37.3	87.7	41	0	0	2.2	587.4
2013	32.8	0	75	126.6	82.3	29.3	49.9	6.5	20.5	15	0	0	437.9
2014	27	10.2	67.6	117.8	123.5	45.4	14.3	5.4	10.8	0	0	2.5	424.5
2015	3.5	34.8	16.8	0	24.4	54.2	34.1	22.3	27.6	1	0	0	218.7
Moyenne	20.6	31.9	52.80	43.97	45.89	38.6	32.9	21.7	18.54	8.32	7.13	9.54	331.89

Source ANRH Alger (1985-2015)

Les données fournies dans le tableau exposent clairement une irrégularité marquée dans la distribution des précipitations, ainsi qu'une variation notable d'un mois à l'autre sur la période s'étalant de 1985 à 2015.

Il est manifeste que les mois de juin, juillet et août enregistrent des précipitations nettement insuffisantes, tandis que les mois de printemps connaissent des niveaux moyens et les mois d'hiver affichent des valeurs relativement maximales.

Cette fluctuation mensuelle des précipitations peut avoir un impact significatif sur la gestion des ressources en eau et l'irrigation dans la région d'étude, exigeant ainsi une planification et une allocation judicieuse des ressources hydriques pour satisfaire les besoins des cultures tout au long de l'année. Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique :

III.3 Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique :

Le Test de Wilcoxon s'avère être un outil essentiel pour évaluer l'homogénéité d'une série pluviométrique, suivi par une série d'étapes visant à déterminer si la série présente une homogénéité statistiquement significative. Ces étapes comprennent:

- La subdivision de la série pluviométrique complète en deux sous-séries, notées X et Y, où la taille de la sous-série X est généralement supérieure à celle de la sous-série Y, représentées respectivement par n et m.
- La création d'une série X union Y en classant la série de précipitations d'origine par ordre croissant, attribuant à chaque valeur de la série pluviométrique classée un rang qui indique à quelle sous-série (X ou Y) elle appartient.
- La démonstration par Wilcoxon que la série est homogène avec une probabilité de 95 % (comme indiqué par Touaibia, 2004) si la relation suivante est vérifiée.

Ce test revêt une importance cruciale pour évaluer si la série pluviométrique manifeste une homogénéité statistiquement significative. Cette évaluation est fondamentale pour comprendre la stabilité des régimes de précipitations dans la région d'étude, permettant ainsi de prendre des décisions éclairées en matière de gestion de l'eau.

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

- W_x : Somme des rangs de sous-séries.
- $W_{min} = \frac{(n+m+1)}{2} - 1.96(n * m (\frac{n+m+1}{12}))^{\frac{1}{2}}$ III.1
- $W_{max} = \frac{n(n+m+1)}{2} + 1.96(n * m (\frac{n+m+1}{12}))^{\frac{1}{2}}$ III.2

Les conclusions issues du Test de Wilcoxon sont exposées en détail de la manière suivante

Tableau III. 3 : Tableau présentant le test de Wilcoxon

X	Y	XUY	série d'origine	Rang
335.4	365.7	181	X	1
379.8	380.5	208.6	X	2
181	328.2	215.2	X	3
215.2	265.7	218.7	Y	4
317.4	291.8	246	Y	5
365.9	246	258.6	X	6
312.9	493.1	264.6	X	7
309.5	367.3	265.7	Y	8
264.6	308.3	271	X	9
258.6	315.9	291.8	Y	10
315	587.4	300.1	X	11
271	437.9	308.3	Y	12
300.1	424.5	309.5	X	13
326	218.7	312.9	X	14
208.6		315	X	15
545.4		315.9	Y	16
330.1		317.4	X	17
		326	X	18
		328.2	Y	19
		330.1	X	20
		335.4	X	21
		365.7	Y	22
		365.9	X	23
		367.3	Y	24
		379.8	X	25
		380.5	Y	26
		424.5	Y	27
		437.9	Y	28
		493.1	Y	29
		545.4	X	30
		587.4	Y	31

Donc :

$$315.69 < W_x < 444.31$$

La série des précipitations moyennes annuelles de la station de Pierre du Chat se révèle homogène, conformément à la condition établie par M. Wilcoxon, confirmant ainsi la fiabilité des données.

III.4 Ajustement à la loi normale (Gauss) :

La procédure gaussienne implique les étapes suivantes :

- Organiser les données des précipitations annuelles par ordre croissant.
- Attribuer des numéros d'ordre aux valeurs ainsi classées.
- Appliquer la formule pour classer les fréquences des valeurs observées.

$$F = \frac{n-0.5}{N} \dots\dots\dots \text{III.1}$$

Avec :

- n : Numéro d'ordre
- N: nombre d'années observées
 - Calculer la moyenne arithmétique :

$$X = \frac{\sum x}{n} \dots\dots\dots \text{III.2}$$

- Calculer l'écart type :

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum (x_i - X)^2}{n-1}} \dots\dots\dots \text{III.3}$$

- Calculer la variable réduite de Gauss :

$$U = \frac{X - x}{\delta} \dots\dots\dots \text{III.4}$$

- Calculer les caractéristiques empiriques : (\bar{x} ; δ ; Cv; CS = 0).
- L'équation de la droite de Henry sur papier de probabilité gaussien :

Avec :

X_p : Précipitation de probabilité P%.

U_p : Variable réduite de Gauss.

\bar{X} : Moyenne arithmétique.

δ : Ecart type.

Tableau III. 4 : L'ajustement par la loi de Gauss (loi normal)

Paramètres				
Moyenne (μ)	428.85			
Ecart type (δ)	103.94			
T	Q	XT	Ecart-type	Int. de confiance (95%)
1000	0.9991	619	40.7	539 - 698
200	0.9950	571	35.2	502 - 640
100	0.9900	548	32.5	484 - 611
50	0.9800	522	29.8	464 - 581
20	0.9500	484	25.9	434 - 535
10	0.9000	450	22.7	406 - 495
5	0.8000	409	19.5	371 - 448
3	0.6667	371	17.5	337 - 406
2	0.5000	331	16.7	298 - 364
1.4286	0.3000	282	17.8	247 - 317
1.2500	0.2000	253	19.5	215 - 291
1.1111	0.1000	212	22.7	167 - 257

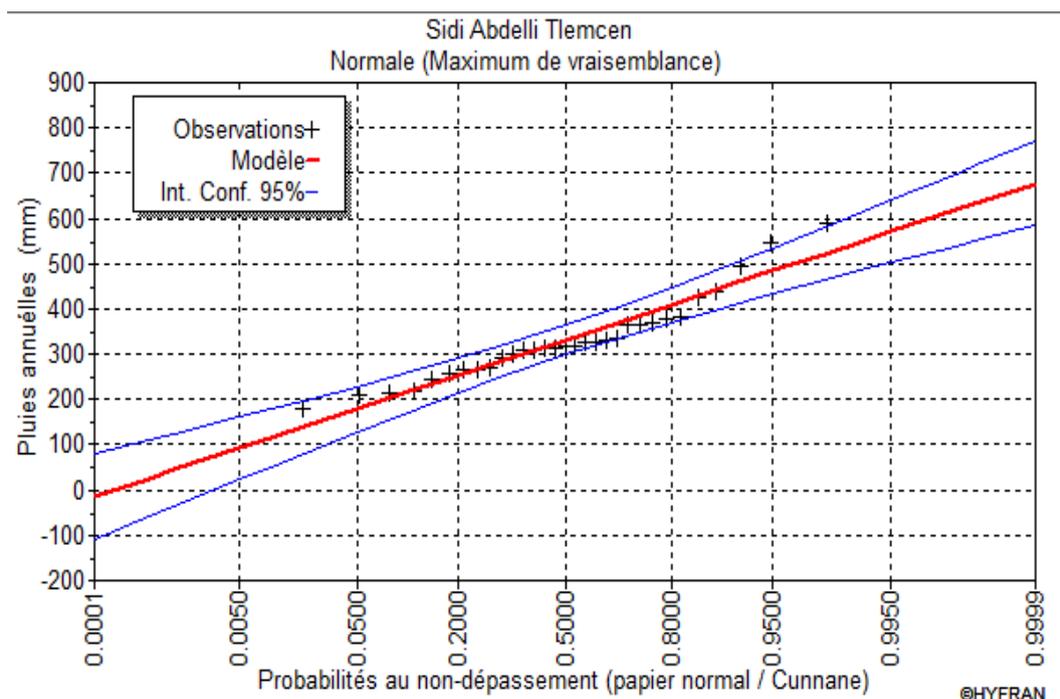


Figure III. 1 : Ajustement par la loi normale (HYFRAN)

III.5 Test de Khi carrée :

Afin de confirmer la validité de l'ajustement, il est essentiel de procéder à un test de validation, avec le test du Chi carré représentant l'une des méthodes couramment employées pour cette fin, permettant d'évaluer la concordance entre une distribution théorique et les données observées.

Les résultats issus du logiciel HYFRAN sont répertoriés dans le tableau ci-dessous :

Tableau III. 5 : Évaluation de la concordance de l'ajustement au moyen du test du chi carré

	Loi normale (Gauss)
χ^2 calculée	4,45
a	0.3483
Gamma	4

Pour le χ^2 théorique on fait une projection sur le table suivant(ANNEXE 3) La validation de l'ajustement requiert un seuil d'erreur de 0,05, qui est satisfait lorsque le Chi carré calculé est inférieur au Chi carré théorique. Dans ce cas particulier, les valeurs sont les suivantes : Chi carré calculé = 4,30 et Chi carré théorique = 11,0705. Ce résultat confirme que le test du Chi carré atteste de l'adéquation de la distribution normale.

III.6 Précipitation de projet :

La sélection de l'année de calcul, généralement basée sur la probabilité de pluie de 80 %, revêt une importance cruciale pour l'évaluation de la disponibilité d'eau pour les cultures. Cette étape permet de déterminer la quantité de précipitations qui peut être mobilisée par les plantes au cours d'une année donnée. Pour déterminer la pluviométrie mensuelle moyenne avec une probabilité de 80 %, on applique la loi suivante :

$$P80\% = P_{moy} \times \frac{P80\%(\text{annuel})}{P50\%(\text{annuel})} \dots \dots \dots \text{III.5}$$

- P80% = 342 mm, P50% = 426 mm
- On remarque que P80% / P50% = 0.8 ≤ 1 .

Donc P_i , 80% de chaque mois est donnée dans le tableau suivant :

Tableau III. 6 : Précipitation moyenne mensuelle de l'année de référence

Mois	Sept	Oct.	Nov.	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
Pmoy (mm)	21.47	32.78	53.25	44.24	46.24	39.69	33.25	23.6	19.42	8.62	8.71	10.64
P80% (mm)	16.31	24.91	40.47	33.62	35.14	30.16	25.27	17.93	14.75	6.55	6.61	8.08

III.7 Conclusion:

Dans ce chapitre, nous avons examiné les caractéristiques statistiques prédominantes de la série pluviométrique choisie comme représentative de la zone du projet. L'application du test d'homogénéité de Wilcoxon sur les séries pluviométriques moyennes annuelles des stations sélectionnées a confirmé leur homogénéité et fiabilité.

En ce qui concerne l'ajustement de la série des pluies moyennes annuelles, nous avons suggéré d'utiliser l'ajustement par la loi de Gauss, qui présente une meilleure adéquation selon le test du Khi carré.

Chapitre IV : Evaluation des besoins en eaudes cultures

Introduction:

Afin de déterminer les besoins en eau d'une culture, plusieurs paramètres doivent être pris en compte, tant liés à la plante elle-même qu'aux conditions climatiques et pédologiques de la zone. Ce processus consiste à obtenir des données détaillées dans les domaines suivants :

Données climatiques :

Les données climatiques fournissent des informations importantes sur les besoins en eau des cultures. Ceux-ci incluent des facteurs tels que les précipitations, l'humidité relative, la température et l'ensoleillement, qui affectent directement les besoins en eau des cultures. • Paramètres du sol : Les paramètres du sol sont essentiels pour estimer la capacité du sol à retenir l'humidité et à fournir de l'humidité aux plantes. Ils comprennent la texture du sol, la profondeur des racines, la capacité de rétention d'eau et la perméabilité. Ces facteurs déterminent les réserves d'eau du sol et sa disponibilité pour les plantes.

Données sur les cultures :

Les données sur les cultures spécifiques aux plantes cultivées jouent un rôle essentiel dans la détermination des besoins en eau. Cela comprend des informations sur les caractéristiques de la culture, telles que son type, son stade de croissance et ses besoins nutritionnels. Ces données précisent la quantité d'eau facilement disponible pour la plante.

En combinant ces données, il est envisageable d'établir une évaluation précise des besoins en eau de la culture, en prenant en considération les facteurs climatiques, la capacité du sol à retenir l'eau et les demandes particulières de la plante à différents stades de son développement. Ceci facilite la programmation et l'amélioration de l'approvisionnement en eau pour optimiser la productivité agricole tout en préservant de manière efficiente les ressources hydriques.

Calcul de l'évapotranspiration:

Le calcul de l'évapotranspiration est une procédure fondamentale dans les domaines de l'agriculture et de l'hydrologie afin d'analyser la déperdition d'eau issue de l'évaporation du sol et de la transpiration des végétaux. Ce processus sert à établir les demandes hydriques d'une culture particulière ou d'une zone géographique déterminée. Voici une synthèse sommaire concernant le calcul de l'évapotranspiration :

a-Évaporation :

L'évaporation représente le phénomène au cours duquel l'eau liquide se convertit en vapeur d'eau en surface du sol. Sa dynamique est principalement soumise à des paramètres climatiques tels que la température, l'humidité atmosphérique, la vitesse des vents et l'insolation. L'intensité de l'évaporation croît proportionnellement avec des conditions climatiques plus chaudes, plus sèches, et des vents plus soutenus.

b-Transpiration :

La transpiration constitue le mécanisme par lequel les végétaux émettent de la vapeur d'eau via leurs stomates (de minuscules orifices situés sur les feuilles) afin de réguler leur température interne et faciliter la distribution des éléments nutritifs. Les déterminants majeurs de la transpiration englobent l'état de santé de la plante, la disponibilité d'eau dans le sol, ainsi que les conditions atmosphériques.

c-Évapotranspiration :

L'évapotranspiration (ET) combine l'évaporation et la transpiration, engendrant la perte totale d'eau depuis la surface du sol et les végétaux dans une aire géographique donnée. L'évaluation de l'évapotranspiration se base sur des données météorologiques, la couverture végétale, le type de culture, la réserve hydrique du sol, et d'autres paramètres pour estimer le volume d'eau évaporé.

d-Méthodes de Calcul :

Plusieurs approches sont disponibles pour le calcul de l'évapotranspiration, parmi lesquelles l'usage de stations météorologiques pour l'acquisition de données en temps réel, des modèles mathématiques sophistiqués basés sur des variables climatiques, ainsi que des capteurs in-situ permettant la mesure directe de l'humidité du sol et de la transpiration des plantes.

e-Applications :

La détermination de l'évapotranspiration joue un rôle vital dans la gestion de l'irrigation agricole, la gouvernance des ressources hydriques, la prévision des périodes de sécheresse, et la conception de projets hydrologiques. Elle vise à optimiser l'utilisation de l'eau en garantissant que les cultures reçoivent la quantité d'eau requise, tout en minimisant les pertes.

Le calcul de l'évapotranspiration se révèle être un instrument essentiel pour appréhender et administrer l'utilisation de l'eau dans l'agriculture et d'autres secteurs, contribuant ainsi à promouvoir une utilisation plus efficace et durable des ressources en eau.

IV.2.1 obtention de l'ET₀ :

L'ET₀, ou évapotranspiration de référence, représente une estimation de la perte potentielle d'eau due à l'évaporation et à la transpiration au sein d'une culture ou d'une zone géographique spécifique, en des conditions standard de référence. La méthode généralement préconisée pour calculer l'ET₀ est la méthode de Penman-Monteith, recommandée par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO).

Les principales étapes pour déterminer l'ET₀ en utilisant cette méthode sont les suivantes :

Collecte de données météorologiques : La première étape implique l'acquisition de données météorologiques précises, comprenant des paramètres tels que la température de l'air, l'humidité relative, la vitesse du vent, la durée d'ensoleillement et la pression atmosphérique. Il est souhaitable de rassembler ces données à des intervalles réguliers tout au long de la journée.

-Préparation des données : Les données météorologiques collectées doivent être structurées en fonction de l'exactitude requise pour le calcul de l'ET₀. Elles peuvent être regroupées par jour ou même par heure, selon les besoins.

-Calcul de l'ET₀ : L'ET₀ est déterminée en utilisant l'équation de Penman-Monteith, une équation complexe qui prend en considération plusieurs paramètres, notamment la température de l'air, l'humidité relative, la vitesse du vent, la durée d'ensoleillement et la pression atmosphérique.

Voici une forme simplifiée de l'équation de Penman-Monteith :

$$ET_0 = \frac{0,408 \times \Delta \times (R_n - G) + \gamma \frac{C_{ste}}{T+273} \times U_2 (e_s - e_a)}{(\Delta + \gamma * (1 + 0, * U_2))} \dots\dots\dots IV.1$$

Dans cette équation :

- ET₀** : L'évapotranspiration de référence [mm jour-1] ;
- Δ** : La pente de la courbe de pression de vapeur saturante [kPa °C-1] ;
- R_n** : Le rayonnement net reçu à la surface [MJ m-2 jour-1] ;
- G** : Densité de flux de chaleur dans le sol [MJ m-2 jour-1] ;
- γ** : Constante psychrométrique [kPa °C-1] ;
- T** : Température moyenne de l'air [°C] ;
- U₂** : La vitesse du vent à une certaine hauteur au-dessus du sol [m s-1] ;
- e_s** : La pression de vapeur d'eau saturante à la température de l'air [kPa] ;
- e_a** : La pression de vapeur d'eau effective à la température de l'air [kPa].

Analyse des données :

Une fois que l'ET₀ a été déterminée, elle est exprimée en millimètres par jour. Cette valeur reflète la perte potentielle d'eau due à l'évaporation et à la transpiration, supposant des conditions météorologiques optimales.

Applications :

L'ET₀ revêt une importance capitale pour la gestion de l'irrigation agricole, la planification des cultures et la gestion des ressources en eau. Elle permet d'évaluer les besoins en eau des cultures et d'optimiser l'irrigation afin d'optimiser les rendements tout en réduisant au maximum le gaspillage d'eau.

Il convient de souligner que le calcul de l'ET₀ requiert des données météorologiques précises, et il est couramment effectué au moyen de logiciels spécialisés ou d'outils en ligne, simplifiant ainsi le processus.

Pour effectuer le calcul de l'évapotranspiration de référence (ET₀) en appliquant la méthode de Penman et Monteith, nous avons utilisé le logiciel CROPWAT (FAO, 2008). Les données mensuelles suivantes ont été entrées dans le logiciel :

- Température** : Les températures minimales et maximales mensuelles.
- Humidité de l'air** : Le taux d'humidité relative de l'air, exprimé en pourcentage (%).
- Ensoleillement quotidien** : Le nombre d'heures d'insolation par jour.
- Vitesse du vent** : La vitesse du vent, exprimée en mètres par seconde (m/s).

Les résultats de l'évapotranspiration de référence (ET₀), obtenus en utilisant la formule modifiée de Penman et Monteith dans le logiciel CROPWAT 8.0, sont synthétisés dans le tableau ci-dessous :

Tableau IV. 1 : Evapotranspiration de référence ET₀ calculée par le logiciel COPWAT

Month	Min Temp °C	Max Temp °C	Humidity %	Wind m/s	Sun hours	Rad MJ/m ² /day	ETo mm/day
January	9.7	12.6	71	2.4	6.6	10.6	1.59
February	8.8	14.2	72	2.6	7.1	13.4	1.99
March	12.8	14.8	75	2.6	7.8	17.2	2.55
April	14.8	18.2	68	2.7	8.9	21.3	3.69
May	17.5	21.1	66	2.7	8.8	22.7	4.40
June	20.6	25.2	60	2.6	10.6	25.8	5.52
July	24.9	28.3	60	2.7	10.7	25.6	6.10
August	26.4	29.1	56	2.7	10.2	23.6	6.17
September	22.9	24.9	63	2.7	8.8	19.3	4.62
October	19.1	21.9	69	2.6	7.6	14.8	3.20
November	13.0	17.8	77	2.5	6.6	11.1	1.91
December	10.4	14.4	73	2.3	5.9	9.4	1.52
Average	16.7	20.2	68	2.6	8.3	17.9	3.60

IV.1.1 Calcul de la pluie efficace :

La pluie efficace est la portion des précipitations totales réellement exploitée par la culture. Sa quantité dépend de plusieurs éléments, notamment la localisation géographique, les caractéristiques de la pluie et la nature du sol. Dans le contexte de notre recherche, nous avons choisi d'utiliser une approche basée sur un pourcentage constant pour évaluer les pluies efficaces. Voici une explication détaillée de son fonctionnement :

$$\text{Pluies efficaces (mm/mois)} = A \times \text{Pluies totales (mm/mois)}$$

Avec :

Utilisant la valeur A, un coefficient de pertes communément fixé à 0,8, les résultats de cette évaluation, réalisée en suivant la méthode basée sur un pourcentage constant, sont exposés dans le tableau qui suit :

Tableau IV. 2 : Calcul des pluies efficaces

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aou	Totale
P80%(mm)	16.31	24.91	40.74	33.62	35.14	30.16	25.27	17.93	14.75	6.5	6.61	8.08	260.52
Peff(mm)	13.2	20.4	33.74	28.12	29.14	25.13	21.02	14.8	12.14	5.13	5.07	6.52	214.41

La capacité de rétention hydrique du sol correspond à la quantité d'eau contenue dans la zone du sol que les racines des plantes atteignent, s'étendant du point de saturation jusqu'au point de flétrissement.

Il est crucial de noter que lorsque l'humidité du sol s'approche du point de flétrissement, l'extraction d'eau par les plantes devient plus difficile.

La détermination de la réserve en eau facilement exploitable (RFU) est réalisée en utilisant la formule suivante :

$$\text{RFU} = (\text{hcc}-\text{hpf}) \cdot Y \cdot \text{Da} \cdot Z \dots \text{IV.2}$$

- **hcc** : humidité à la capacité au champ
- **hpf** : humidité au point de flétrissement
- **Z** : profondeur racinaire,
- **Y** : coefficient qui dépend de la nature du sol (on prend $Y=2/3$)
- **Da** : densité apparente du sol ;

Dans notre cas, la réserve en eau du sol du mois $i-1$ est égal à :

$$\text{RS} = K \cdot \text{RFU} \dots \text{IV.3}$$

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

IV.2 Choix des cultures

Plusieurs facteurs entrent en jeu lors de la sélection des cultures à cultiver, parmi lesquels on peut citer :

- L'environnement naturel de l'exploitation agricole.
- La position économique de l'exploitation par rapport aux marchés et aux infrastructures.
- La prise en compte de la conjoncture économique actuelle.
- L'exploitation des ressources internes et des opportunités inhérentes à l'exploitation elle-même.

IV.2.1 Occupation des sols:

Avant de procéder à l'évaluation des exigences hydriques des cultures dans la zone de recherche, il est impératif de mettre en place une stratégie de gestion des terres et d'organisation des cultures au sein du périmètre. Ce processus de planification doit tenir compte de multiples contraintes, incluant celles qui sont associées au climat, aux facteurs socio-économiques, ainsi qu'aux propriétés agro-pédologiques spécifiques de la région.

Tableau IV. 3 : Occupation de sol en fonction des cultures

Les cultures	Surface occupé en %	Surface occupé en Ha
La céréaliculture : Blé dur Blé tendu Sorgho Orge grain Avoine Mais fourrage	45.94	85
Le maraîchère : Carotte Tomate Piment	21,62	40
L'arboriculture : Oliviers	32.44	60
Total	100	185

IV.3 Calcul des besoins en eau :

Les besoins en eau pour l'irrigation sont cruciaux pour assurer la croissance adéquate des cultures en fonction des caractéristiques du terrain. Ainsi, pour améliorer la production agricole, il est essentiel de déterminer la quantité d'eau supplémentaire nécessaire en plus des précipitations. Pour ce faire, on effectue des calculs de volumes d'eau à apporter par irrigation en effectuant un bilan hydrique pour chaque stade de développement des plantes :

$$B_i = ETM - (P_{\text{eff}} + RFU_{i-1}) \dots \dots \dots \text{IV.4}$$

IV.3.1 Assolements/rotation des cultures:

Les rotations de cultures sont temporaires, changeantes et en constante évolution. La rotation se produit à un niveau structuré, réfléchi et adaptable. Il reste "l'outil" choisi par l'agriculteur bio, lui permettant d'atteindre ses objectifs agronomiques, économiques et sociaux.

Tableau IV. 4 : Assolement proposé

Assolement 1
Blé DUR
Sorgho
Avoine
Maïs fourrager
Piment
Olivier
TOMATE
Blé TENDRE
Carotte
Petit pois
Orge grain
Olivier

IV.3.2 Estimation des coefficients culturaux (Kc) :

Les valeurs du coefficient cultural (Kc) de chaque culture ont été ressorties selon les valeurs établies par Doorenbos (FAO, 2003), en fonction du stade végétatif de la plante, et du climat considéré : ils sont représentés dans le tableau9(ANNEXE 2)

Tableau IV. 5 : Coefficients culturaux des cultures.(kc)

cultures	Blé dur	Blé tendre	Maïs fourrager	Carotte	Sorgho	Orge grain	Piment	Petit pois	AVOINE	Olivier	tomate
Mois											
Sep				0.42						0.75	
Oct				0.7						0.75	
Nov	0.4	0.3		0.85		0.4			0.3	0.75	
Déc	0.65	0.3		0.7		0.65		0.5	0.5	0.65	
Jan	0.9	0.5				0.9		0.8	0.75	0.65	
Fév	1	0.51				0.9		1	0.95	0.65	
Mars	1.05	1.15	0.7			0.9		0.95	1.05	0.65	0.5
Avril	0.85	1	1			0.85	0.7	0.5	1.05	0.65	0.85
Mai	0.6	1	1		0.8	0.6	0.9		0.75	0.65	1.15
Juin	0.35		1.15		1	0.35	0.9		0.4	0.65	0.85
Juil			1.15		1.15		0.7			0.75	
Aout			0.5		0.75					0.75	

IV.4 Estimation des besoins en eau des cultures choisies :

Tableau IV. 6 : Calcul des besoins en eau pour le Blé dur

Mois	Pmoy	peff (mm)	ET0 (mm/mois)	kc	ETM(mm/mois)	Z(mm)	RFU théo	RFU reell	Bnet (mm)
sept	17,17	13,74	138,65						
oct	26,22	20,98	99,20						
nov	42,60	34,08	57,30	0,4	22,92	200	24,00	12,00	
dec	35,39	28,31	47,00	0,65	30,55	450	54,00	54,00	
janv	36,99	29,59	49,37	0,9	44,43	500	60,00	60,00	
fev	31,75	25,40	55,77	1	55,77	600	72,00	72,00	
mars	26,60	21,28	79,05	1,05	83,00	600	72,00	36,00	
avril	18,88	15,10	110,58	0,85	93,99	600	72,00	36,00	42.6
mai	15,53	12,43	136,29	0,6	81,77	600	72,00	24,00	33.07
juin	6,90	5,52	165,65	0,35	57,98	600	72,00		28.19
juil	6,97	5,57	189,03						
aout	8,52	6,81	191,21						

Qs=0.23 l/s/ha

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

Mois	Pmoy	peff (mm)	ET0 (mm/mois)	kc	ETM(mm/mois)	Z(mm)	RFU théo	RFU reell	Bnet (mm)
sept	17,17	13,74	138,65						
oct	26,22	20,98	99,20						
nov	42,60	34,08	57,30	0,3	17,19	300	36,00	18,00	
dec	35,39	28,31	47,00	0,3	14,10	500	60,00	60,00	
janv	36,99	29,59	49,37	0,5	24,69	500	60,00	60,00	
fev	31,75	25,40	55,77	0,51	28,44	600	72,00	72,00	
mars	26,60	21,28	79,05	1,15	90,91	600	72,00	36,00	
avril	18,88	15,10	110,58	1	110,58	600	72,00	36,00	59.10
mai	15,53	12,43	136,29	1	136,29	600	72,00	24,00	87.54
juin	6,90	5,52	165,65						
juil	6,97	5,57	189,03						
aout	8,52	6,81	191,21						

Qs=0.47 l/s/h

Tableau IV. 8 : Calcul des besoins en eau pour le Maïs fourrager

Mois	Pmoy	peff (mm)	ET0 (mm/mois)	kc	ETM(mm/mois)	Z(mm)	RFU théo	RFU reell	Bnet (mm)
sept	17,17	13,74	138,65						
oct	26,22	20,98	99,20						
nov	42,60	34,08	57,30						
dec	35,39	28,31	47,00						
janv	36,99	29,59	49,37						
fev	31,75	25,40	55,77						
mars	26,60	21,28	79,05	0,7	55,34	70	8,40	4,20	33,8
avril	18,88	15,10	110,58	1	110,58	100	12,00	6,00	91,04
mai	15,53	12,43	136,29	1	136,29	200	24,00	8,00	117,53
juin	6,90	5,52	165,65	1,15	190,50	300	36,00	0	176,54
juil	6,97	5,57	189,03	1,15	217,38	400	48,00	0	211,50
aout	8,52	6,81	191,21	1	191,21	500	60,00	0	184,16

Qs=1.13 l/s/ha

Tableau IV. 9 : Calcul des besoins en eau pour la carotte

Mois	Pmoy	peff (mm)	ET0 (mm/mois)	kc	ETM(mm/mois)	Z(mm)	RFU théo	RFU reell	Bnet (mm)
sept	17,17	13,74	138,65	0,42	58,23	300	36,00	0,00	44,15
oct	26,22	20,98	99,20	0,7	69,44	400	48,00	16,00	48,12
nov	42,60	34,08	57,30	0,85	48,71	500	60,00	30,00	0
dec	35,39	28,31	47,00	0,7	32,90	600	72,00	72,00	0
janv	36,99	29,59	49,37						
fev	31,75	25,40	55,77						
mars	26,60	21,28	79,05						
avril	18,88	15,10	110,58						
mai	15,53	12,43	136,29						
juin	6,90	5,52	165,65						
juil	6,97	5,57	189,03						
aout	8,52	6,81	191,21						

Qs=0.24 l/s/ha

Tableau IV. 10 : Calcul des besoins en eau pour sorgho

Mois	Pmoy	peff (mm)	ET0 (mm/mois)	kc	ETM(mm/mois)	Z(mm)	RFU théo	RFU reell	Bnet (mm)
sept	17,17	13,74	138,65						
oct	26,22	20,98	99,20						
nov	42,60	34,08	57,30						
dec	35,39	28,31	47,00						
janv	36,99	29,59	49,37						
fev	31,75	25,40	55,77						
mars	26,60	21,28	79,05						
avril	18,88	15,10	110,58						
mai	15,53	12,43	136,29	0,8	109,03	200	24,00	8,00	96,20
juin	6,90	5,52	165,65	1	165,65	400	48,00	0	151,96
juil	6,97	5,57	189,03	1,15	217,38	700	84,00	0	211,50
aout	8,52	6,81	191,21	1	191,21	1000	120,00	0	184,13

Qs=1.13 l/s/ha

Tableau IV. 11 : Calcul des besoins en eau pour l'orge grain

Mois	Pmoy	peff (mm)	ET0 (mm/mois)	kc	ETM(mm/mois)	Z(mm)	RFU théo	RFU reell	Bnet (mm)
sept	17,17	13,74	138,65						
oct	26,22	20,98	99,20						
nov	42,60	34,08	57,30	0,4	22,92	300	36,00	18,00	
dec	35,39	28,31	47,00	0,65	30,55	500	60,00	60,00	
janv	36,99	29,59	49,37	0,9	44,43	500	60,00	60,00	
fev	31,75	25,40	55,77	0,9	50,19	600	72,00	72,00	
mars	26,60	21,28	79,05	0,9	71,15	600	72,00	36,00	
avril	18,88	15,10	110,58	0,85	93,99	600	72,00	36,00	42,56
mai	15,53	12,43	136,29	0,6	81,77	800	96,00	32,00	33,17
juin	6,90	5,52	165,65	0,35	57,98	800	96,00	0	20,25
juil	6,97	5,57	189,03						
aout	8,52	6,81	191,21						

Qs=0.20 l/s/ha

Tableau IV. 12 : Calcul des besoins en eau pour le piment

Mois	Pmoy	peff (mm)	ET0 (mm/mois)	kc	ETM(mm/mois)	Z(mm)	RFU théo	RFU reell	Bnet (mm)
sept	17,17	13,74	138,65						
oct	26,22	20,98	99,20						
nov	42,60	34,08	57,30						
dec	35,39	28,31	47,00						
janv	36,99	29,59	49,37						
fev	31,75	25,40	55,77						
mars	26,60	21,28	79,05						
avril	18,88	15,10	110,58	0,7	77,41	300	36,00	18,00	44,26
mai	15,53	12,43	136,29	0,9	122,66	400	48,00	16,00	92,01
juin	6,90	5,52	165,65	0,9	149,09	500	60,00	0	127,35
juil	6,97	5,57	189,03	0,7	132,32	500	60,00	0	126,68
aout	8,52	6,81	191,21						

Qs=0.69 l/s/ha

Tableau IV. 13 : Calcul des besoins en eau pour l'olivier

Mois	Pmoy	peff (mm)	ET0 (mm/mois)	kc	ETM(mm/mois)	Z(mm)	RFU théo	RFU reell	Bnet (mm)
sept	17,17	13,74	138,65	0,75	103,99	1500	180,00	0	90,02
oct	26,22	20,98	99,20	0,75	74,40	1500	180,00	60,00	53,26
nov	42,60	34,08	57,30	0,75	42,98	1500	180,00	90,00	
dec	35,39	28,31	47,00	0,65	30,55	1500	180,00	180,00	
janv	36,99	29,59	49,37	0,65	32,09	1500	180,00	180,00	
fev	31,75	25,40	55,77	0,65	36,25	1500	180,00	180,00	
mars	26,60	21,28	79,05	0,65	51,38	1500	180,00	90,00	
avril	18,88	15,10	110,58	0,65	71,88	1500	180,00	90,00	
mai	15,53	12,43	136,29	0,65	88,59	1500	180,00	60,00	
juin	6,90	5,52	165,65	0,65	107,67	1500	180,00	0	42,15
juil	6,97	5,57	189,03	0,75	141,77	1500	180,00	0	136,20
aout	8,52	6,81	191,21	0,75	143,41	1500	180,00	0	136,60

Qs=0.74 l/s/ha

Tableau IV. 14 : Calcul des besoins en eau pour la tomate

Mois	Pmoy	peff (mm)	ET0 (mm/mois)	kc	ETM(mm/mois)	Z(mm)	RFU théo	RFU reell	Bnet (mm)
sept	17,17	13,74	138,65						
oct	26,22	20,98	99,20						
nov	42,60	34,08	57,30						
dec	35,39	28,31	47,00						
janv	36,99	29,59	49,37						
fev	31,75	25,40	55,77						
mars	26,60	21,28	79,05	0,5	39,53	600	72,00	36,00	1802
avril	18,88	15,10	110,58	0,85	93,99	900	108,00	54,00	42,63
mai	15,53	12,43	136,29	1,15	156,73	1200	144,00	48,00	90,18
juin	6,90	5,52	165,65	0,85	140,80	1200	144,00	0	87,09
juil	6,97	5,57	189,03						
aout	8,52	6,81	191,21						

Qs=0.48 l/s/ha

Tableau IV. 15 : Calcul des besoins en eau pour l'avoine

Mois	Pmoy	peff (mm)	ET0 (mm/mois)	kc	ETM(mm/mois)	Z(mm)	RFU théo	RFU reell	Bnet (mm)
sept	17,17	13,74	138,65						
oct	26,22	20,98	99,20						
nov	42,60	34,08	57,30	0,3	17,19	200	24,00	12,00	0
dec	35,39	28,31	47,00	0,5	23,50	450	54,00	54,00	0
janv	36,99	29,59	49,37	0,75	37,03	500	60,00	60,00	0
fev	31,75	25,40	55,77	0,95	52,98	600	72,00	72,00	0
mars	26,60	21,28	79,05	1,05	83,00	600	72,00	36,00	0
avril	18,88	15,10	110,58	1,05	116,11	600	72,00	36,00	64.89
mai	15,53	12,43	136,29	0,75	102,22	600	72,00	24,00	53.57
juin	6,90	5,52	165,65	0,4	66,26	600	0	0	36.58
juil	6,97	5,57	189,04						
aout	8,52	6,81	191,21						

Qs=0.32 l/s/ha

IV.5.2 : Récapitulatif des besoins:

Tableau IV. 16 : Récapitulatif des besoins (mm)

cultures mois	Blé Dur	Blé tendre	Mais fourrager	carotte	Sorgho	Orge grain	Piment	Olivier	TOMATE	AVOINE	Total
Sep				44.49				90.25			134.54
Oct				48.46				53.42			100.13
Nov											
Déc											
Jan											
Fév											
Mars			34.06						18.25		52.04
Avril	42.89	59.48	91.28			42.89	44.31		42.89	65.01	388.69
Mai	33.34	87.86	117.86		96.60	33.34	92.23		90.30	53.79	605.0/8
Juin	28.46		176.98		152.13	28.46	127.57	42.15	87.28	36.74	679.51
Juil			211.81		211.81		126.75	136.20			686.37
Aout			88.80		184.40			136.60			409.65

IV.5.3 Calcul du débit spécifique:

$$Q_s = \frac{B_{net} * 10 * 1000}{N_j * N_i * 3600 * E_i} \text{ l/s/ha} \dots\dots \text{IV.5}$$

Avec :

- **Bnet** : besoin net du mois de pointe en mm/mois ;
- **Ni** : nombre des heures d'irrigation = 22h ;
- **Nj** : nombre de jours du mois de pointe = 30 jours ;
- **Ei** : Efficience d'irrigation = 75%.

On calcule les besoins en eau pour l'assolement le

plus exigeant. D'où les besoins de pointe

correspondent au mois de septembre

- **Bnet** = 686.57 mm
- **Qs** = 3.85 l/s/ha > 1.5 l/s/ha

Si le débit spécifique excède 1,5, il existe un risque de surdimensionnement des canalisations, qu'elles soient de refoulement ou gravitaires. Pour remédier à cette situation, nous avons trois approches pour estimer le débit spécifique :

1. Calculer la moyenne des débits spécifiques de toutes les cultures.
2. Considérer la moyenne des débits spécifiques des cultures les plus exigeantes.
3. Utiliser le débit spécifique de la culture la plus exigeante pendant le mois de pointe.

4. Dans notre cas, on prend le débit spécifique de la culture la plus exigeante :

- $B_{net}=211.81\text{mm}$ donc le débit spécifique égale : $Q_s=1.13 \text{ l/s/ha}$

Evaluation du débit caractéristique:

L'équation de calcul:

$$Q_{car} = Q_s \times S \dots \text{IV.6}$$

- Q_s : débit spécifique de mois de pointe en (l/s/ha) ;
- S : la superficie nette à irriguer = 185 ha.

$$Q_{car}=1.13 \times 185 = 209.05 \text{ l/s} = 0.209 \text{ m}^3/\text{s}$$

IV.5.4 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. 17: Calcul des volumes d'eau d'irrigation

Culture	Besoins nets (mm)	Surface (ha)	Besoins bruts (m ³ /ha)	Besoins totaux (m ³)
Blé dur	104,69	20	1395,87	27914,33
Blé tender	147,34	25	1964,53	49113,33
Mais fourrage	720.79	10	5148,27	51481,67
Carotte	92,95	10	1239,33	12392,33
Sorgho	644.94	15	3316,40	49741,00
Orge grain	104,69	10	1395,87	13958,67
Piment	390.96	15	3068,13	46002,00
Olivier	458.62	60	562,00	33718,00
Tomate	238.72	15	2939,60	44091,00
Avoine	155,54	5	2073,87	10368,33
Total		185	Total	338800,35

D'après le tableau, les besoins en eau totaux du périmètre sont de :

$$338800,35 \text{ m}^3$$

IV.5 Conclusion:

Ce chapitre met l'accent sur la sélection des cultures à cultiver dans la zone délimitée ainsi que sur l'évaluation des besoins en eau spécifiques de chaque culture. Cette approche vise à permettre une estimation précise du débit nécessaire, permettant ainsi de déterminer la capacité totale d'approvisionnement en eau que le site de Sidi Abdelli pourrait offrir.

Nos estimations indiquent que les volumes d'eau d'irrigation requis pour notre périmètre s'élèvent à environ 338,816.67 m³. Cette évaluation joue un rôle crucial dans la planification stratégique de l'utilisation des ressources hydriques, en assurant une adéquation entre les besoins spécifiques des cultures sélectionnées et la disponibilité en eau du site.

Chapitre V : Etude de système d'adduction et de distribution

V.1 Introduction:

La planification du réseau d'irrigation vise à déterminer les caractéristiques techniques requises pour transporter les volumes d'eau prédéfinis jusqu'à la parcelle. Une fois sur place, cette eau sera répartie entre les plantes, en respectant des normes techniques spécifiques, tout en garantissant la coordination du fonctionnement des infrastructures hydrauliques.

Cette approche permet de diriger l'eau de sa source vers l'espace hydraulique aménagé de manière efficace, dans le but de réaliser une gestion équilibrée des ressources en eau. Dans ce chapitre, le choix des conduites à utiliser repose sur des calculs approfondis des équipements, en adéquation avec les dimensions définies dans le cadre de l'étude.

V.2 Présentation du réseau de distribution :

V.2.1 Organisation du périmètre:

Un îlot d'irrigation constitue une unité hydro-agricole qui regroupe plusieurs parcelles, et son approvisionnement en eau est assuré par une borne d'irrigation. La configuration des parcelles au sein de ces îlots est influencée par divers facteurs tels que la topographie, des considérations techniques et économiques, ainsi que la taille et le nombre de parcelles.

En ce qui concerne l'implantation des bornes dans les zones destinées aux exploitations agricoles de petite et moyenne envergure, il est nécessaire de respecter les critères suivants :

- Chaque îlot d'exploitation doit être équipé d'au moins une prise d'irrigation.
- Il est possible d'installer un maximum de quatre prises sur une seule borne.
- Les bornes doivent être positionnées soit en périphérie des îlots, soit au centre dans le cas des îlots de grande taille.

V.2.2 Rôle et fonction de la borne d'irrigation:

La borne d'irrigation joue un rôle crucial dans la garantie de l'approvisionnement en eau sous pression pour les utilisateurs engagés dans des activités d'irrigation, provenant d'un réseau de distribution collectif. Chaque îlot sera équipé d'une borne d'irrigation, laquelle peut comporter une ou plusieurs sorties (prises) en fonction du nombre d'opérations d'arrosage simultanées à assurer. La borne d'irrigation est conçue de manière spécifique pour les réseaux fonctionnant sur demande, et elle remplit les fonctions suivantes:

- Réguler le débit, en maintenant une valeur spécifique à l'îlot.
- Ajuster la pression et compenser les éventuelles variations accidentelles.
- Distribuer l'eau à un ou plusieurs usagers disposant de prises individuelles.

V.2.3 Calcul hydraulique des bornes:

La capacité hydraulique des bornes dépend du débit requis en amont des parcelles. La définition du débit que chaque borne doit être en mesure de délivrer pour desservir un ensemble de parcelles est la suivante :

$$Q_b = q_s \times S \dots \dots V.1$$

- **Q_b** : débit de la borne(l/s)/ **q_s** : débit superficie(l/s/ha)/ **S** : la surface de l'îlot(ha)

V.2.4 Choix du diamètre de la borne :

Tableau V. 1 : Choix du diamètre de la borne

Débit fourni (l/s)	Diamètre (mm)
5 l/s < Q < 8 l/s	80
8 l/s < Q < 11 l/s	100
11 l/s < Q < 20 l/s	125

V.2.5 Position des prises:

L'agencement des prises dans le contexte de la conception d'îlots d'exploitation agricole implique l'attribution d'une prise à chaque îlot une fois que les parcelles sont regroupées en îlots. Une prise desservant une parcelle peut être positionnée de différentes manières : soit au centre de la parcelle, le long de la façade de la parcelle à proximité de la voie d'accès, en limite de la parcelle adjacente, ou à une certaine distance nécessitant l'installation d'une conduite d'approche, positionnée en bordure des parcelles voisines. Pour simplifier la modélisation du réseau d'irrigation, il est recommandé de regrouper les débits des prises en fonction des catégories de superficies irriguées pour les parcelles soumises à des débits limités. Cependant, si chaque prise était dotée d'un débit spécifique en fonction de la superficie irriguée, cela engendrerait autant de catégories que de prises, ce qui compliquerait la conception du réseau. Dans notre cas, nous avons opté pour l'utilisation de sept catégories de prises en fonction des surfaces irriguées.

. VI.2.5.1 choix de borne :

Le choix du type de borne à utiliser dépend de la superficie et de la configuration de l'îlot agricole, conformément aux critères suivants :

Pour les îlots composés de 4 à 8 parcelles, et dont la superficie est inférieure à 15 hectares, il est recommandé d'opter pour une borne équipée de quatre prises (dénommée Borne de type A4).

Dans le cas des îlots formés de deux parcelles et d'une superficie inférieure à 15 hectares, l'usage approprié serait une borne munie de deux prises (nommée Borne de type A2).

Pour les îlots de deux parcelles, mais d'une superficie supérieure à 15 hectares, la borne idéale serait une borne à deux prises (Borne de type B).

En ce qui concerne les grands îlots, il est recommandé d'envisager l'utilisation de bornes de type C.

Tableau V. 2 : Calcul des débits des ilots et choix du diamètre et type de bornes

ilot	S(ha)	parcelle	Superficie(ha)	Qb(l/s/ha)	Qb(l/s)	matériaux	Diamètre(mm)	Type de borne
1	20	P1	4.52	5.33	23.6	Fonte	600	B
		P2	6.43	7.58				
		P3	5.18	6.11				
		P4	3.87	4.56				
2	20	P1	3.23	3.81	23.6	Fonte	500	B
		P2	5.91	6.97				
		P3	6.51	7.68				
		P4	4.35	5.13				
3	20	P1	4.87	5.74	23.6	PEHD	200	B
		P2	5.43	6.40				
		P3	3.93	4.63				
		P4	5.77	6.80				
4	10	P1	4.13	4.87	11.8	PEHD	125	A2
		P2	3.86	4.55				
		P3	2.61	2.37				
5	15	P1	5.07	5.98	17.7	PEHD	160	A2
		P2	4.73	5.58				
		P3	5.20	6.13				
6	15	P1	4.95	5.84	23.6	PEHD	160	A2
		P2	3.92	4.62				
		P3	6.13	7.23				
7	20	P1	2.3	2.71	29.5	PEHD	160	B
		P2	3.53	4.16				
		P3	4.24	5				
		P4	4.75	5.60				
		P5	5.18	6.11				
8	25	P1	5.19	6.12	11.8	PEHD	250	B
		P2	5.70	6.72				
		P3	5.13	6.05				
		P4	4.72	5.56				
		P5	4.26	5.02				
9	10	P1	3.90	4.60	11.8	PEHD	250	A2
		P2	3.28	3.87				
		P3	2.82	3.32				
10	10	P1	3.14	3.70	11.8	PEHD	250	A2
		P2	2.54	2.99				
		P3	4.32	5.09				
11	10	P1	4.70	5.54	11.8	PEHD	200	A2
		P2	3.27	3.85				
		P3	2.03	2.39				
12	10	P1	5.40	6.37	11.8	FONTE	400	A2
		P2	2.5	2.95				
		P3	2.1	2.47				

La zone d'analyse nécessite que notre secteur installe 12 bornes afin de fournir de l'énergie à toutes les parcelles couvrant une superficie de 185 hectares.

Interprétation:

- Nombres des îlots : 12
- Nombres de bornes : 12
- Périmètre à irriguer : 185ha

V.2.5.5 Plan des bornes :

Après l'attribution des prises aux îlots, il est impératif de procéder à la disposition des bornes sur le schéma des îlots d'exploitation et à la consolidation des prises sur ces bornes. Une borne peut agréger un nombre pouvant aller jusqu'à quatre prises, voire parfois plus.

La configuration des bornes sur le plan d'implantation résulte d'un équilibre entre les besoins des utilisateurs et les impératifs financiers de l'entité d'aménagement, visant à réduire les coûts.

V.3 Choix du matériau:

Après l'attribution des prises aux îlots, il est impératif de procéder à la disposition des bornes sur le schéma des îlots d'exploitation et à la consolidation des prises sur ces bornes. Une borne peut agréger un nombre pouvant aller jusqu'à quatre prises, voire parfois plus.

La configuration des bornes sur le plan d'implantation résulte d'un équilibre entre les besoins des utilisateurs et les impératifs financiers de l'entité d'aménagement, visant à réduire les coûts.

La sélection du matériau utilisé dans une canalisation vise à optimiser la rentabilité des investissements tout en garantissant un fonctionnement optimal des installations pour assurer une exploitation fiable et une disponibilité continue pour cela il se doit de cocher certains critères :

La satisfaction des conduites hydrauliques (débit, pression).

La disponibilité sur le marché.

L'intérêt économique et le type du sol.

Les conduites en fonte présentent divers avantages, notamment une résistance élevée aux contraintes internes, une bonne protection contre la corrosion et une solidité remarquable. Leur principal inconvénient réside dans leur coût relativement élevé.

Les conduites en polyéthylène haute densité PEHD (polyéthylène) sont largement préférées en raison de plusieurs avantages majeurs, notamment leur résistance accrue à la corrosion, leur légèreté qui facilite l'installation des canalisations, et leur coût relativement modéré. Cependant, elles présentent un risque de rupture en cas de soudure défectueuse et sont sensibles à l'écrasement sous la pression du remblai ou en l'absence de pression constante

dans la conduite. Cependant, les conduites en PEHD doivent avoir une bonne soudure sous peine de rupture

a) Les conduites en polyester renforcé de fibres de verre PRV (polyester renforcé verre) sont fabriquées en combinant de la résine de polyester, des fibres de verre et des matériaux de renforcement.

b) Nous avons choisi le PEHD comme type de conduite pour notre réseau, ce choix du PEHD est justifié par sa gamme assez large, sa résistance et son étanchéité et son diamètre inférieur à 300 mm.

Le choix du matériau pour la construction des canalisations vise à maximiser la rentabilité des investissements tout en garantissant un fonctionnement optimal des installations, assurant ainsi une exploitation fiable et une disponibilité continue. Pour parvenir à cette sélection, plusieurs critères doivent être pris en compte :

- La conformité aux exigences hydrauliques (débit et pression) des conduites.
- La disponibilité de ce matériau sur le marché.
- Les considérations économiques et la nature du sol dans lequel les canalisations seront installées.

a) Les canalisations en fonte offrent divers avantages, notamment une résistance élevée aux contraintes internes, une protection efficace contre la corrosion et une grande robustesse. Leur principal inconvénient réside dans leur coût relativement élevé.

b) Les canalisations en polyéthylène haute densité (PEHD) sont largement privilégiées en raison de plusieurs avantages significatifs, tels qu'une excellente résistance à la corrosion, leur légèreté, facilitant l'installation, ainsi qu'un coût relativement modéré. Cependant, elles présentent un risque de rupture en cas de soudure défectueuse et sont sensibles à l'écrasement sous la pression du remblai ou en l'absence de pression constante dans la conduite. Une soudure de haute qualité est donc impérative pour les canalisations en PEHD.

c) Les canalisations en polyester renforcé de fibres de verre (PRV) sont élaborées à partir de la combinaison de résine de polyester, de fibres de verre et de matériaux de renforcement.

d) Notre choix s'est orienté vers le PEHD pour notre réseau en raison de sa gamme de tailles adaptée, de sa robustesse, de son étanchéité et de son diamètre inférieur à 300 mm, justifiant ainsi ce choix.

Les coefficients de rugosité pour les conduites PEHD d'après les normes :

- $\epsilon = 0.01\text{mm}$ pour $D < 200\text{mm}$
- $\epsilon = 0.02\text{mm}$ pour $D > 200\text{mm}$

V.3.1 Caractéristique des conduites du réseau de distribution gravitaire :

Une fois que les paramètres hydrauliques de la conduite gravitaire ont été établis, nous passons à la seconde phase de calcul, qui concerne le réseau de distribution, c'est-à-dire l'acheminement depuis l'ouvrage vers les bornes de distribution.

V.3.2 Vitesse admissible :

Établir une limite de vitesse tolérée dans les conduites présente plusieurs avantages, notamment la possibilité de déterminer un diamètre maximal raisonnable, ce qui constitue un compromis technique essentiel. Ce choix permet :

De réaliser des économies sur les coûts liés à la mise en place des canalisations.

De prévenir les risques associés aux vitesses élevées, tels que l'érosion, ainsi qu'aux vitesses trop faibles, qui peuvent entraîner l'accumulation de dépôts solides.

La plage de vitesse tolérée s'étend de 0,5 m/s en tant que limite minimale à 2,5 m/s en tant que limite maximale.

V.3.3 Les pressions à garantir au bornes:

Nous avons opté pour un système de goutte à goutte pour l'irrigation de nos oliviers ausein de notre réseau. En ce qui concerne la micro-irrigation par goutte-à-goutte, il est impératif que la pression à la borne soit suffisante pour compenser une perte de charge d'environ 1 bar, nécessaire pour le bon fonctionnement des goutteurs, en tenant compte des pertes de charge au niveau des portes-rampes et de certains dispositifs (estimées à environ 20% de la charge totale), en plus de celles attribuées au dispositif de filtration (généralement autour de 0.5 bar). Par conséquent, la pression minimale requise avoisine approximativement 1,8 bar.

V.3.4 Calcul des pressions des bornes :

L'analyse des pressions se fonde sur le principe essentiel de Bernoulli, qui offre une explication du comportement d'un fluide réel lorsqu'il se déplace entre deux points distincts, désignés comme point 1 et point 2.

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + \Delta H \dots \dots V.2$$

Tableau V. 3 : Les calculs hydrauliques de pression

	Altitude	débit	Pression
Node ID	M	LPS	m
noeud1	356	0.00	10.83
noeud2	356	0.00	10.56
borne8	354	29.50	11.66
borne7	353	23.60	11.48
borne9	355	11.80	11.46
borne10	354	11.80	12.25
borne11	353	11.80	12.95
borne12	352	11.80	13.11
noeud3	355	0.00	11.08
noeud4	355	0.00	10.39
noeud5	351	0.00	13.87
borne6	354	17.70	11.87
borne3	355	23.60	10.96
borne5	350	17.70	15.18
borne2	354	23.60	11.27
borne4	344	11.80	20.54
borne1	348	23.60	16.75
Resvr 1	367	-218.30	0.00

Tableau V. 4 : Les calculs hydrauliques de la vitesse et de pertes de charges

	Longueur	Diamètre	débit	Vitesse	Perte de charge
Link ID	M	mm	LPS	m/s	m/km
Pipe 1	250	600	218.30	0.77	0.69
Pipe 2	250	500	171.10	0.87	1.06
Pipe 3	250	250	53.10	1.08	3.61
Pipe 4	165	160	23.60	1.17	7.16
Pipe 5	125	250	47.20	0.96	2.91
Pipe 6	125	250	35.40	0.72	1.72
Pipe 7	125	200	23.60	0.75	2.43
Pipe 8	125	125	11.80	0.96	6.70
Pipe 9	300	400	118.00	0.94	1.59
Pipe 10	300	315	76.70	0.98	2.30
Pipe 11	302	250	35.40	0.72	1.72
Pipe 12	50	125	-11.80	0.96	6.70
Pipe 13	50	160	-17.70	0.88	4.24
Pipe 14	50	160	-17.70	0.88	4.24
Pipe 15	50	200	23.60	0.75	2.43
Pipe 16	50	200	23.60	0.75	2.43

Pipe 17	50	200	23.60	0.75	2.43
---------	----	-----	-------	------	------

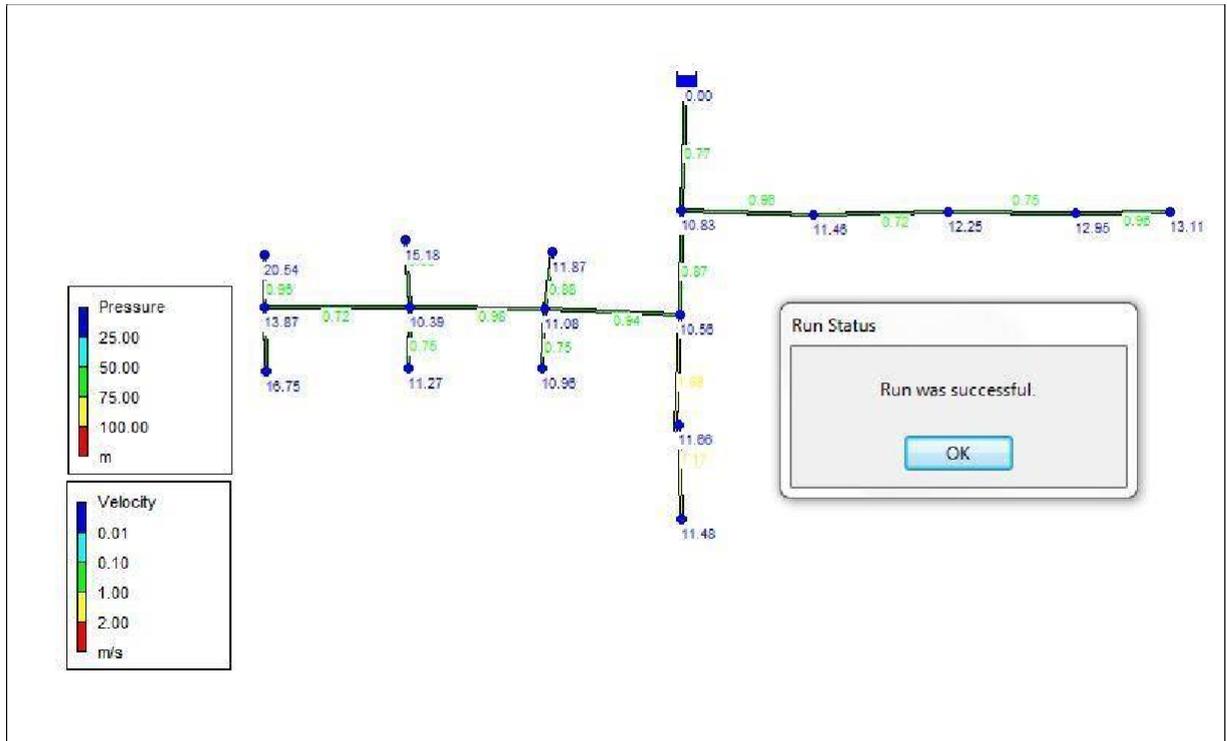


Figure V. 1 : présentation de réseau sur EPANET

V.4 étude de pompage :

Il est nécessaire d'instaurer un dispositif de pompage afin d'acheminer de l'eau vers la zone en question, destinée à approvisionner un réservoir principal situé à une élévation supérieure par rapport au niveau général d'altitude (NGA).

La suggestion s'oriente vers l'emploi d'un système de pompage depuis le barrage en direction d'un réservoir de rétention.

V.4.1 Généralités sur les pompes:

Une pompe représente un dispositif élaboré dans le but d'aspirer, de transporter ou de comprimer des liquides et des gaz. Dans toutes les variantes de pompes, il revêt une importance cruciale de prévenir la formation de cavitation, susceptible de provoquer une diminution du débit et d'endommager le corps de la pompe.

Ces pompes se divisent principalement en deux catégories majeures : les pompes volumétriques, fréquemment employées dans le contexte du pompage des eaux usées, et les turbopompes.

V.4.2 CALCUL DE DIAMETRE ECONOMIQUES DES CONDUITES DEREFOULEMENTS :

Le concept du diamètre économique devient pertinent lorsqu'il s'agit d'un écoulement à contre-pression, généralement réalisé à l'aide d'une pompe, et ce diamètre peut être déterminé au moyen de différentes équations.

1. Formule de BRESSE :

$$Dec = 1.5\sqrt{Q} \dots V.3$$

2. Formule de BONNIN :

$$Dec = \sqrt{Q} \dots V.4$$

3. Formule de MUNIER :

$$Dec = (1 + 0.02n)\sqrt{Q} \dots V.5$$

Avec :

- n = nombre d'heures de pompage
- Q = débit en m³/s.

4. Formule de VUIBERT : (conduites en fonte)

$$Dec = \frac{1.547}{f} \cdot (e)^{0.154} \cdot Q^{0.46} \quad (\text{Pompage continu}) \dots V.6$$

$$Dec = \frac{1.35}{f} \cdot (e)^{0.154} \cdot Q^{0.46} \quad (\text{Pompage de 10h/24h}) \dots V.7$$

Avec :

- e = prix du kWh d'énergie.
- f = prix du Kg de fonte.

Note:

Puisque ces deux formules (BRESSE, BONNIN) ne considèrent que le débit et le coefficient économique (1,5 ou 1) comme paramètres affectant le diamètre, on ne peut les utiliser sans connaître l'erreur de leur évaluation.

La formule de (VUIBERT) ne peut pas être utilisée dans notre cas car le tuyau est en PEHD. La formule utilisée ci-dessus donne les diamètres calculés, ces diamètres ne sont pas standardisés, on considère plusieurs diamètres (généralement une gamme standardisée de diamètres autour du diamètre économique calculé) et on calcule la charge d'amortissement du variateur d'une part et la charge d'amortissement.

En revanche, les frais de fonctionnement -Perte de charge : Nous avons des pertes de charge linéaires et des pertes de charge singulières. Le gradient de perte de charge est calculé par la formule DARCY – WEIBACH.

$$\Delta H = \frac{8 \times \lambda \times L \times Q^2}{g \times \pi^2 \times D^5} \dots \dots \dots V.8$$

$$\Delta H = \frac{8 \times 0.02 \times 3211.72 \times 0.218}{9.81 \times 3.14^2 \times 0.5} = 8.07m$$

V.4.3 Frais d’amortissement:

L'augmentation de la taille des tuyaux entraîne une augmentation des coûts. Il est important de considérer la rente d'amortissement (A), qui permet de rembourser le capital investi (i) sur une durée qui correspond habituellement à la durée de vie du matériel.

Le coût d'amortissement est donné par la formule suivante :

$$Fam = Prc * A$$

- Prc : Coût de la conduite en (DA)
- A : Amortissement annuel. Il est calculé selon la formule suivante :

$$A = \frac{i}{(i + 1)^n - 1} \dots \dots \dots V.9$$

- A=0.0888

$$D = \sqrt[0.209]{0.209} = 0.457$$

$$m = 500mm$$

Tableau V.5 : Calcul du frais d’amortissement

Diamètre (mm) Di	Prix au M.L de conduite (DA)	Longueur L de conduite (m)	Prix total de la conduite (DA)	Coefficient d’amortissement	Amortissement (DA)
315	2200	3211.72	7065784	0.0888	627500
400	2700	3211.72	8671644	0.0888	770100
500	3100	3211.72	9956332	0.0888	884125
600	3500	3211.72	11241020	0.0888	998250

V.4.4 Fraix d'exploitation:

Afin de calculer la hauteur totale (HMT) de chaque canalisation D1, D2, ..., Dn, il faut d'abord déterminer la perte de charge (ΔH) se produisant dans ces canalisations. L'HMT correspondant à chaque canalisation peut être obtenue en utilisant la hauteur géométrique (H_g). Les pertes de pression d'aspiration sont généralement ignorées.

Pour calculer les pertes de charges on utilise la relation suivante :

$$H_{mt} = H_{gamoy} + \Delta H_T + P_{ex} \dots \dots \dots V.10$$

Par exemple:

$$\Delta H_T = \Delta H_{lin} + \Delta H_{sing}$$

- ΔH_{lin} : perte de charge linéaire.
- ΔH_{sing} : Perte de pression singulière (10% ΔH_{lin}).
- P_{ex} : Pression nécessaire à la vidange (sortie collecteur) = 1,5 Bar

$$\Delta H = 1,1 \times (8 \times \lambda \times L \times Q^2) / (g \times \pi^2 \times D^5) \dots \dots \dots V.11$$

Nous avons toujours :

$$H_g = (h_R - h_B) = (367 - 312) = 55 \text{ m.}$$

- C_{tp} : niveau de trop plein du réservoir d'eau.
- C_p : taille de l'arbre de la pompe.

En supposant que le débit de refoulement Q est constant, on peut tracer le tableau suivant :

Tableau V. 5 : Calcul manométrique la hauteur totale

Diamètre (mm)	Gradient J de Pdc	Longueur équivalente totale de la conduite(m)	Pdc totale ΔH (m)	Hmt= $H_g + \Delta H + 15$ (m)
315	0.001	3211.72	81.32	151.32
400	0.0009	3211.72	26.63	96.63
500	0.0007	3211.72	8.07	78.07
600	0.0006	3211.72	3.24	73.24

Les résultats des calculs de la consommation électrique en kilowattheures (KWh) et du coût d'exploitation sont présentés dans le tableau ci-dessous. La puissance fournie à la pompe est définie par l'expression suivante :

$$P = (g * Q * Hmt) / \eta \dots \dots V.12$$

- η : représente le rendement de la pompe en pourcentage ($\eta = 75\%$),
- Q : est le débit refoulé par la pompe en mètres cubes par seconde (m³/s),
- g : est la constante de pesanteur (9,81 m/s²).

L'énergie consommée par la pompe est calculée comme suit :

$$E = P * t * 365 \text{ [KWh]} \dots \dots V.13$$

Où :

- t : représente le nombre d'heures par jour pendant lesquelles la pompe fonctionne (10 heures),
- P : est la puissance de la pompe en kilowatts (kW).

Tableau V. 6 : La quantité d'énergie consommée en kilowattheures (KWh) et le coût de l'exploitation

Diamètre(mm)	HMT(m)	$P = \frac{g \cdot Q \cdot Hmt}{\eta}$	KWH annuel	Prix de KWH(da)	Prix de l'énergie(da)
315	106.211	302.85	1105402.5	5,231	5782360.4775
400	105.89	301.94	1102081	5,231	5764985.711
500	105.24	300.08	1095292	5,231	5729472.452
600	104.93	299.20	1092080	5,231	5712670.48

V.5 Bilan:

Le processus visant à déterminer le diamètre le plus économique implique l'addition des coûts d'amortissement et des coûts d'exploitation (T_i) pour chaque diamètre D_i .

Le diamètre correspondant au coût total T_i le plus bas est considéré comme le plus économique.

Plus loin dans le document, un tableau récapitule les valeurs de T_i (bilan) qui ont été calculées pour chaque diamètre D_i .

Tableau V. 7 : Bilan de comparaison entre les frais totale en fonction de diamètres

Diamètre(m)	Vitesse(m/s)	Amortissement(DA)	Exploitation(DA)	Totaux (DA)
315	2.79	627500	5782360.4775	6409860.47
400	1.73	770100	5764985.711	6535085.71
500	1.11	884125	5729472.452	6613597.52
600	0.77	998250	5712670.48	6710920.48

D'après les calculs on prend le diamètre 500m.

Tableau V. 8 : Caractéristique de la conduite de refoulement

	Débit (m ³ /s)	Diamètre (m)	Vitesse (m/s)	Δ H (m/m)
CONDUITE(R1-R2)	0.218	500	1.11	8.07

Tableau V. 9 : Caractéristique de la pompe de refoulement

HGéo(m)	Q(m ³ /s)	Δ H total (m)	HMT (m)	Puissance (kW)	Energie (kW/ans)
55	0.218	8.07	78.07	300.08	5729472.452

V.6 Etude de système de pompage :

Le système de pompage en irrigation constitue un ensemble d'appareils et d'équipements employés dans l'extraction d'eau depuis une source, telle qu'un puits, une rivière ou un réservoir, et son acheminement vers des zones agricoles ou des systèmes d'irrigation. Son but premier est de fournir l'eau nécessaire aux cultures tout en assurant une distribution appropriée sur les étendues cultivées.

Ce système de pompage en irrigation comporte généralement les composants suivants :

Pompe : Il représente l'élément central du système de pompage.

Source d'eau : Cette source peut être un puits, une rivière, un lac, ou tout autre réservoir d'eau situé à proximité de la zone d'irrigation.

Conduites et tuyaux : Les conduites et les tuyaux servent au transport de l'eau depuis la source jusqu'aux champs ou aux systèmes d'irrigation.

Réservoir de stockage : Parfois, un réservoir de stockage est utilisé pour emmagasiner l'eau pompée avant sa distribution dans les champs.

Système de contrôle : Un système de contrôle peut être intégré pour réguler le fonctionnement de la pompe et surveiller des paramètres tels que la pression de l'eau, le débit et la température.

V.6.1 Types de pompes employées :

Divers types de pompes sont utilisés, notamment les pompes axiales, semi-axiales, et à écoulement radial. Voici une description plus détaillée de chacun de ces types :

Pompes axiales :

Les pompes axiales sont des dispositifs constitués d'hélices comportant des pales inclinées. Elles sont spécialement conçues pour acheminer d'importants volumes de liquide sur de courtes distances verticales.

Pompes semi-axiales :

Les pompes semi-axiales sont principalement destinées à transporter d'importants débits de liquide sur des hauteurs de refoulement limitées tout en maintenant les vitesses d'entrée à un niveau minimal.

Compte tenu de la faible élévation requise, elles possèdent un diamètre de sortie relativement restreint, ce qui exige la construction de pompes hélico-centrifuges de dimensions considérables.

Pompes à écoulement radial :

Les pompes à écoulement radial correspondent aux pompes centrifuges classiques. Elles sont utilisées pour acheminer de plus faibles volumes de liquide sur des hauteurs plus élevées. Dans ce cas, l'élévation de refoulement est directement proportionnelle au diamètre externe de la roue, et le flux de liquide suit une trajectoire radiale, les pales prenant la forme de surfaces planes.

V.6.2 choix et sélection des pompes :

La détermination du nombre de pompes adéquat implique la prise en considération :

- Le minimum de pompes requis.
- L'optimisation de l'efficacité.
- L'exigence minimale de charge nette d'aspiration (NPSH) et la puissance absorbée la plus basse possible.

Dans notre cas, nous avons employé le logiciel **CAPRARI** pour établir la sélection du type et de la quantité de pompes à mettre en œuvre.

Tableau V. 10 : Choix nombre de pompes

N	Q (l/s)	HMT(m)	Type de la Pompe	η (%)	N (tr/min)	P abs (KW)	NPSHr	\varnothing mm
1	-	-	-	-	-	-	-	-
2	110.1	79.5	MEC-AZRBH2/125	79.9	2950	109	5.23	125
3	209	78.1	MEC-A3/100	80.08	2950	79.9	3.68	125

Donc en prend trois pompes de type **MEC-A3/100**

V.7 Dimensionnement du réservoir :

Le réservoir joue un rôle crucial dans le système d'approvisionnement en eau potable en reliant les réseaux d'approvisionnement aux réseaux de distribution. Il a plusieurs fonctions importantes.

Les réservoirs servent à remplir deux fonctions essentielles. En premier lieu, ils assurent la sécurité en cas de défaillance temporaire de la production en stockant de l'eau. En outre, ils sont également impliqués dans les opérations quotidiennes en agissant comme des régulateurs de débit et de pression.

Grâce aux avancées technologiques en matière de pose et de protection automatique des conduites d'approvisionnement et de distribution, les réservoirs d'eau remplissent désormais diverses fonctions, notamment :

- Fonction de stockage dans les systèmes de distribution.
- Rôle de bache de reprise dans les stations de pompage.
- Fonction de réservoir tampon pour la régulation de la pression dans les systèmes d'approvisionnement.
- Utilisation en tant que réservoir pour l'eau traitée dans les stations de traitement.
- Contribution à la matérialisation des réserves stratégiques dans les Zones métropolitaines.

V.7.1 Le rôle du réservoir:

Le rôle des réservoirs dans les systèmes d'approvisionnement en eau potable est polyvalent et englobe diverses fonctions essentielles.

Parmi ces fonctions, on peut citer :

- Stockage et conservation de l'eau pendant les périodes de faible demande, permettant d'optimiser l'utilisation des ressources en eau.

- Abaissement de la pression en cas de pression excessivement élevée grâce à l'intervention des réducteurs de pression, assurant ainsi la stabilité du réseau.
- Équilibrage des pressions à l'aide des réservoirs d'équilibrage, stratégiquement situés à des altitudes spécifiques pour garantir une pression adéquate dans les zones à faible pression.
- Constitution d'une réserve d'eau dédiée à la lutte contre les incendies en allouant une portion du volume du réservoir à cet usage crucial.
- Garantie de la continuité de la distribution en cas d'arrêt des pompes ou de problèmes sur le réseau d'adduction, assurant ainsi un approvisionnement ininterrompu en eau.
- Coordination des deux régimes d'utilisation de l'eau, notamment en tirant parti des tarifs d'électricité avantageux pendant les heures creuses pour réduire les coûts énergétiques.

En résumé, les réservoirs sont des éléments multifonctionnels essentiels dans les systèmes d'approvisionnement en eau potable, contribuant à l'efficacité, à la sécurité et à la continuité de la distribution d'eau.

Tableau V. 11 : Calcul le volume de réservoir

Heures	Consommation (%)	Refolement (%)	Arrivée d'eau au réservoir	Départ d'eau du réservoir	Reste dans le réservoir
0 - 1	0	0	0	0	0
01-02	0	0	0	0	0
02-03	0	0	0	0	0
03-04	0	0	0	0	0
04-05	0	10	10	0	10
05-06	0	10	10	0	20
06-07	0	10	10	0	30
07-08	0	10	10	0	40
08-09	6.67	10	3.33	0	43.33
09-10	6.67	10	3.33	0	46.66
10-11	6.67	10	3.33	0	49.99
11-12	6.67	10	3.33	0	53.32
12-13	6.67	10	3.33	0	56.65
13-14	6.67	10	3.33	0	59.98
14-15	6.67	0	0	6.67	53.31
15-16	6.67	0	0	6.67	46.64
16-17	6.67	0	0	6.67	39.97
17-18	6.67	0	0	6.67	33.3
18-19	6.67	0	0	6.67	26.63
19-20	6.67	0	0	6.67	19.96
20-21	6.67	0	0	6.67	13.29
21-22	6.67	0	0	6.67	6.67
22-23	6.67	0	0	6.67	0
23-24	0	0	0	0	0

V.8 Calcul volume de réservoir:

- $P(\%) = \text{Max} (|\Delta P +|) + \text{Max} (|\Delta P -|)$
- $P(\%) = |6.67| + |59.58|$
- $P(\%) = 66.25\%$

$$VU = \frac{P(\%) \times Q_{max.j}}{100}$$

- **V u:** capacité d'utiles de réservoir (m³),
- **P%:** fraction horaire maximum du débit maximum journalier. (P%= 66.25 %)
- **Qmax.j:** La consommation maximale journalière (18835.2 m³/j).

$$VU = \frac{66.25 \times 18835.2}{100} = 12478.32 \text{ m}^3$$

Donc le volume de réservoir 13000 m³

$$S_n = \frac{V_n}{H} \quad \square \quad \frac{\pi \times D^2}{4} = \frac{V_n}{H} \quad \square \quad D = \sqrt[4]{\frac{4 \times V_n}{\pi \times H}} \quad \square \quad 57.53$$

- **Vn :** Volume normalisée du réservoir (m³) ;
- **S :** section du réservoir (m²) ;
- **D :** diamètre de la cuve (m) ;
- **h :** hauteur utile optimale d'eau (m), = 5

V.9 Conclusion:

Au fil de ce chapitre, nous avons scruté la planification du système de distribution, englobant l'évaluation du débit aux points d'accès, le dimensionnement du réseau, la prise en compte des pertes de charge et la validation des niveaux de pression.

Le terrain en question est subdivisé en 12 zones distinctes, comprenant au total 43 parcelles. Chacune de ces zones est dotée d'un point d'accès dédié à l'irrigation, contribuant ainsi à une surface totale irriguée de 185 hectares. Cette segmentation et la mise en place de points d'accès spécifiques visent à optimiser l'efficacité du système d'irrigation en garantissant une distribution équilibrée de l'eau sur l'ensemble du site agricole.

CHAPITRE VI : Choix du système d'irrigation

VI.1 Introduction :

L'irrigation revêt une importance cruciale dans le contexte de l'agriculture contemporaine, en assurant un approvisionnement hydrique adéquat aux cultures, particulièrement dans les régions où les précipitations naturelles s'avèrent insuffisantes pour satisfaire les besoins des végétaux.

Afin d'optimiser le développement des cultures en l'absence de pluie, diverses stratégies d'irrigation ont été élaborées. Chacune de ces méthodes est adaptée à des conditions spécifiques, tout en offrant des avantages distincts en matière d'efficacité et de gestion des ressources hydriques. Dans ce chapitre, nous entreprendrons une exploration approfondie de ces diverses approches d'irrigation et déterminerons celle qui correspond le mieux aux caractéristiques de notre zone d'étude.

VI.2 Choix des techniques d'irrigation :

La sélection de la méthode d'irrigation adéquate est conditionnée par une série de paramètres nécessitant une évaluation minutieuse, parmi lesquels figurent

- La configuration topographique du terrain
- Le volume d'eau disponible
- La nature des cultures en culture
- La qualité de l'infiltration du sol
- La faisabilité économique de l'entreprise
- Les considérations financières associées.

VI.3 Classification des techniques d'irrigation :

Les techniques d'arrosage sont divisées en trois catégories :

- Irrigation gravitaire ou de surface.
- Irrigation par aspersion.
- Irrigation par micro-irrigation.

VI.3.1 Irrigation gravitaire :

Dans les méthodes d'irrigation de surface, l'eau utilise la gravité pour se déplacer naturellement à travers la terre, saturant le sol et pénétrant plus profondément.

Historiquement, c'était la méthode d'irrigation la plus couramment utilisée en agriculture. Ces technologies d'irrigation de surface se répartissent généralement en trois grandes catégories : l'irrigation goutte à goutte, l'irrigation par rigole et l'irrigation par inondation.

VI.3.1.1 L'irrigation par ruissellement :

L'irrigation par ruissellement est une technique de dispersion de l'eau qui repose sur l'acheminement de l'eau depuis les canaux du champ au moyen de rigoles.

Dans ce contexte, l'eau est principalement orientée par gravité et n'est pas régulée de manière stricte par des barrages restreignant son écoulement.

VI.3.1.2 Irrigation à la raie :

La technique d'irrigation par raie consiste à diriger l'eau vers les cultures par le biais d'un réseau de raies, espacées d'environ 0,75 à 1 mètre.

Cette mise en place génère un écoulement d'eau sur une fraction réduite de la surface du sol.



Figure VI. 1: Irrigation à la raie

VI.3.1.3 L'arrosage par submersion :

Les méthodes d'irrigation en question consistent à appliquer sur le sol une couche d'eau de différentes forces, lui permettant de pénétrer complètement jusqu'à la profondeur requise. Cette approche est parfois décrite comme une « inondation incontrôlée ».

VI.3.1.4 Avantages et inconvénients de l'irrigation par gravité :

Tableau VI. 1 : Avantages et inconvénients de l'irrigation basée sur la gravité

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Approche simpliste sans nécessité d'apport d'énergie externe • Faible coût initial • Possibilité de contribuer à la recharge des aquifères • Adaptée à l'irrigation sur de vastes superficies. 	<ul style="list-style-type: none"> • Prone à des déperditions hydriques significatives • Efficacité restreinte • Exige des périodes d'irrigation prolongées • Nécessite une implication importante en termes de temps et de main-d'œuvre.

VI.3.2 L'irrigation par aspersion:

- Soumis à des fuites d'eau substantielles ;
- Efficacité limitée ;
- Périodes d'irrigation prolongées ;
- Nécessite un investissement de temps et de main-d'œuvre considérable.



Figure VI. 2 : Irrigation à la raie

VI.3.2.1 Avantages et inconvénients par aspersion :

Tableau VI. 2 : Avantages et inconvénients par aspersion

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Absence de nécessité d'une préparation préalable du sol. • Applicable à une variété de types de sols. • Présente une efficacité d'utilisation de l'eau relativement élevée, généralement estimée entre 75% et 85%. • Requiert une main-d'œuvre moindre. 	<ul style="list-style-type: none"> • L'agriculteur peut faire face à des coûts initiaux substantiels. • L'entretien des infrastructures collectives peut engendrer un fardeau financier significatif. • L'arrosage par aspersion peut encourager la perte d'eau due à l'évaporation et la prolifération de mauvaises herbes.

VI.3.2.2 Différentes installations à la parcelle :

A. Système d'Installation Fixe Tous les composants de l'installation, comprenant la pompe, les tuyaux et les dispositifs d'aspersion, sont installés de manière permanente, ce qui limite la nécessité d'une main-d'œuvre importante, mais engendre des coûts d'investissement substantiels.

a. Système de Couverture Totale : Dans le cas du système de couverture totale, l'intégralité de la zone à irriguer est équipée de rampes. Pendant toute la saison, seuls les asperseurs sont déplacés lors des sessions d'irrigation et en fin de saison.

b. Système de Couverture Intégrale : Des rampes et des arroseurs fixes sont essentiels pour couvrir l'ensemble de la parcelle. L'irrigation est contrôlée par l'ouverture et la fermeture d'une vanne, que ce soit manuellement ou automatiquement.

B. Système d'Installation Mobile

a. Irrigation par Enrouleur : L'irrigation par enrouleur est le procédé d'aspersion le plus fréquemment utilisé dans certaines nations, telles que la France, en raison de sa grande adaptabilité. Ce système est composé d'un canon d'arrosage stationnaire alimenté par un tuyau flexible enroulé autour d'une bobine. Un moteur hydraulique entraîne la rotation de la bobine, ce qui permet au tuyau de s'enrouler et déplace le canon, garantissant ainsi une distribution optimale de l'eau.

b. Irrigation par Système Pivot : Les systèmes d'irrigation automoteurs, tels que les pivots et les rampes frontales, sont couramment déployés pour l'irrigation des prairies et d'autres cultures situées au-dessus du niveau de la canopée, en particulier dans des régions comme le Sahara. Les pivots effectuent des rotations autour d'un point central, tandis que les rampes frontales ont leurs deux extrémités mobiles. Ces systèmes automoteurs requièrent de l'énergie pour se déplacer à travers le champ et pour acheminer l'eau depuis la source jusqu'aux plantes. Ils présentent une grande flexibilité en matière d'irrigation, mais leur utilisation peut engendrer des coûts énergétiques plus élevés par rapport à d'autres méthodes d'irrigation



Figure VI. 3 : Irrigation par pivot

VI.3.3 Irrigation localisée (Goutte à goutte) :

L'irrigation localisée, en particulier l'irrigation goutte à goutte, est connue pour son approche ciblée, fournissant de l'eau directement aux zones précises qui nécessitent une infiltration.

La technologie repose sur l'utilisation de tuyaux pour transporter l'eau, qui est ensuite distribuée sous forme de gouttelettes via des émetteurs placés le long des rangées de cultures.

VI.3.3.1 Avantages et inconvénients de l'irrigation localisée :

Tableau VI. 3 : Avantages et inconvénients de l'irrigation localisée

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Présente une efficacité d'irrigation remarquable. • Applicable à une diversité de types de sols et à la plupart des cultures. <ul style="list-style-type: none"> • Nécessite moins de main-d'œuvre. • Réduit au minimum les pertes liées à l'évaporation. 	<ul style="list-style-type: none"> • Le blocage des émetteurs d'eau. • L'accumulation de composés salins.

VI.4 Choix de la technique d'arrosage :

Pour choisir la méthode d'irrigation la plus appropriée, il est impératif de bien appréhender l'ensemble des restrictions inhérentes à chaque mode d'arrosage. Une évaluation multicritère des différentes techniques d'irrigation, prenant en considération diverses contraintes, est essentielle pour établir la technique d'irrigation la plus pertinente pour la zone en question.

Notre analyse complète est exposée de manière détaillée dans les sections suivantes (*ANNEXE 4*)

Le choix de la méthode d'irrigation est soumis à diverses contraintes, incluant des facteurs météorologiques tels que l'évaporation et les vents, la texture et la structure du sol, les caractéristiques topographiques du terrain, ainsi que le type de cultures en culture.

Pour les cultures maraîchères, il est généralement recommandé de privilégier les techniques d'irrigation de surface et par aspersion.

Concernant les céréales, l'irrigation par aspersion demeure la seule option viable, tandis que pour les arbres, les méthodes d'irrigation de surface et d'irrigation localisée s'avèrent appropriées.

Ces choix sont également influencés par des considérations économiques, en particulier en ce qui concerne la gestion efficiente de la ressource en eau, laquelle dépend largement de la méthode d'irrigation sélectionnée.

En général, l'irrigation par aspersion et l'irrigation localisée se révèlent plus économiques en comparaison de l'irrigation de surface.

VI. 5 Conclusion :

Dans le cadre de nos investigations, nous avons privilégié l'adoption de méthodes modernes, notamment l'irrigation goutte à goutte.

Cette technologie sera mise en œuvre dans les domaines de l'horticulture maraîchère et de l'arboriculture, illustrant notre engagement en faveur d'une utilisation efficace de l'eau tout en visant à maximiser les rendements agricoles.

Notre approche s'inscrit dans une perspective de développement durable et de pratiques agricoles optimisées, contribuant ainsi à la préservation de notre environnement et au bien-être des communautés agricoles.

CHAPITRE VII : Etude à la parcelle

VII.1 Introduction :

Le dimensionnement des parcelles revêt une importance capitale lors de l'élaboration d'un plan d'aménagement, et il est fortement influencé par le choix de la méthode d'irrigation. Ce chapitre se penchera sur la méthodologie de détermination de la taille idéale des parcelles, en tenant compte de la technique d'irrigation sélectionnée, tout en prenant en considération les critères et les restrictions propres à la zone géographique sous examen dans ce périmètre.

VII. 2 Conception du réseau d'irrigation goutte à goutte :

L'installation du système d'irrigation goutte à goutte est réalisée au sein de la parcelle P1, appartenant à l'ilot 2, et couvrant une superficie de 3.23 hectares.

Cette parcelle est alimentée par la borne B1, et les calculs effectués indiquent que les pressions atteignent environ 1.12 bars, garantissant ainsi un approvisionnement plus que suffisant pour l'irrigation optimale de la parcelle.

Données générales :

- **Sélection de la culture** : Olivier,
- **Espacement** : entre les arbres de 4 m (Sa) et distance entre les rangs de 4 m (Sr),
- **Exigence en pointes** : 136.6 mm/mois pour le mois de Juillet,
- **Superficie brute de la parcelle** : 3.23 hectares,
- **Longueur (Lngp)** : 204.4 m,
- **Largeur (Lrgp)** : 158 m.

Caractéristiques du goutteur :

- **Débit nominal** : 4 litres par heure à une pression nominale de 10 mètres de colonned'eau,
- **Configuration** : de 2 goutteurs par arbre,
- **Espacement** : entre les goutteurs de 2 mètres.

VII.2.1 Besoins d'irrigation des cultures en irrigation goutte à goutte :

Les besoins en irrigation des cultures sous système d'irrigation goutte-à-goutte sont évalués en tenant compte de divers facteurs.

Dans le contexte de la micro-irrigation, où les apports d'eau sont ciblés sur une fraction restreinte de la superficie du sol, on applique un coefficient de réduction à l'évapotranspiration de référence (ETM), dépendant du taux de couverture du sol ($C_s = 60\%$) pour les cultures adultes.

Ce coefficient de réduction (K_r) peut être déterminé à l'aide de la formule de Freemanet Garzoli suivante :

$$K_r = C_s + 0.5 * (1 - C_s) \dots VII.1$$

Cette formule permet d'évaluer K_r en fonction du taux de couverture du sol (C_s), exprimé en pourcentage. En utilisant ces données dans l'équation, nous obtenons :

$$K_r = 0.6 + 0.5 * (1 - 0.6) = 0.8$$

K_r est utilisé pour ajuster les besoins en eau réels des cultures en micro-irrigation, en prenant en compte la zone restreinte de la surface du sol qui reçoit l'eau.

La formule pour les besoins nets en eau (B_{nets}) est la suivante :

$$B_{nets} = B_j * K_r \dots VII.2$$

Pour notre cas, nous considérons les valeurs suivantes :

$$B_{nets} = (136.6 / 30) * 0.8 = 4.55 \text{ mm/jour}$$

Le calcul de la dose nette (D_{nette}) repose sur la quantité d'eau P , conformément à l'équation suivante :

$$D_{nette} = (H_{cc} - H_{pf}) * Y * Z * d_a * P\% = RFU * P\% \dots VII.3$$

Dans cette équation :

- **H_{cc}** : représente la hauteur d'eau de capacité au champ (21%),
- **H_{pf}** : correspond à la hauteur d'eau au point de flétrissement permanent (12%),
- **D_a** : possède une valeur de 1.5
- **Y** est équivalent à 2/3
- **Z** représente la profondeur des racines de la plante, qui est de 1500 mm,
- **P** est le taux de saturation du sol en eau.

La valeur de $P\%$ est déterminée en utilisant l'équation suivante :

$$P\% = (N * S_{pd} * S_h) / (S_a * S_r) \dots VII.4$$

Avec :

- P désignant le volume de sol humidifié,
- N étant le nombre de points de distribution par arbre
- S_{pd} représentant la distance entre deux points de distribution voisins d'un même arbre (en mètres),
- S_h correspondent à la largeur de la bande humidifiée,

- Sr étant l'écartement entre les rangs d'arbres,
- Sa étant l'espacement entre les arbres sur les rangs.

En appliquant ces paramètres à l'équation, nous obtenons :

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

$$RFU = (0.21 - 0.12) * 1500 * (2/3) * 1.5 = 135 \text{ mm.}$$

VII.2.2 Fréquence et intervalle des arrosages (Fr) :

Ainsi, dans notre cas, nous tiendrons compte des éléments suivants :

$$\text{Dose nette} = 135 * 0.25 = 33.75 \text{ mm.}$$

La méthode pour déterminer l'intervalle entre deux sessions d'arrosage (cycled'irrigation) est décrite par la formule suivante :

$$\text{Fr} = \text{Dnette} / \text{Bnet} \dots \text{VII.5}$$

En appliquant les valeurs spécifiées :

$$\text{Fr} = 33.75 / 4.55 = 7.41 \text{ jours.}$$

Ainsi, une fréquence d'arrosage de 8 jours peut être choisie, ce qui équivaut à 4 cycles d'irrigation par mois.

VII.2.3 Calcul de la dose brute :

Nous effectuons une nouvelle évaluation de la dose pratique (Dp') en se basant sur la formule suivante :

$$\text{Dp}' = \text{Fr} \times \text{Bjl} \dots \text{VII.6}$$

Pour notre situation particulière, nous prenons en considération les paramètres suivants :

$$\text{Dp}' = 8 \times 4.39 = 36.4 \text{ mm.}$$

Par la suite, nous calculons le besoin brut (Dbute) en utilisant la formule suivante :

$$\text{Dbute} = \text{Dp}' / (\text{Eff} \times \text{Cu}) \dots \text{VII.7}$$

Où :

- **Eff** désigne l'efficacité du système d'irrigation (90%),
- **Cu** correspond au coefficient d'uniformité (90%).

En appliquant ces valeurs à l'équation, nous obtenons :

$$\mathbf{Dbute = 36.4 / (0.9 \times 0.9) = 44.94 \text{ mm.}}$$

VII.2.4 Durée d'irrigation h :

La méthode de calcul pour déterminer la durée d'irrigation est exposée par la formule suivante :

$$\mathbf{h = (Dbute * Sa * Sr) / (n * Qg).....VII.8}$$

- **Dbute** : représente le besoin brut calculé précédemment (44.94 mm),
- **Sa et Sr** : dénotent respectivement l'espacement entre les arbres et entre les rangs,
- **n** : correspond au nombre de goutteurs (2),
- **Qg** : indique le débit du goutteur (4 litres par heure).

En appliquant ces valeurs à l'équation, nous obtenons :

$$\mathbf{h = (44.94 * 4 * 4) / (2 * 4) = 89.88 \text{ heures par mois.}}$$

VII.2.5 Durée d'arrosage quotidien :

La méthode pour déterminer la durée d'arrosage quotidien est décrite par la formule suivante :

$$\mathbf{Dj = Durée d'arrosage / Fr.....VII.9}$$

En utilisant ces valeurs dans l'équation, nous obtenons :

$$\mathbf{Dj = 89.88/8 = 11.23 \text{ heures par jour.}}$$

VII.2.6 Nombre d'arbres par hectare :

La méthode pour calculer le nombre d'arbres par hectare est définie par la formule suivante :

$$\mathbf{Narbr = 1 \text{ hectare} / (Sa * Sr).....VII.10}$$

En utilisant ces valeurs dans l'équation, nous obtenons :

$$\mathbf{Narbr = 10,000 / (4 * 4) = 625 \text{ arbres.}}$$

VII.2.7 Nombre d'arbres par rampe :

La méthode pour déterminer le nombre d'arbres par rampe est définie par la formule suivante :

$$\mathbf{N_{rmp} = L_{rgp} / S_a \dots\dots VII.11}$$

En utilisant ces valeurs dans l'équation, nous obtenons :

$$\mathbf{N_{rmp} = 158 / 4 = 40 \text{ arbres.}}$$

VII.2.8 Nombre de goutteurs par rampe :

La méthode pour déterminer le nombre de goutteurs par rampe est énoncée par la formule suivante :

$$\mathbf{N_g = (L_{rgp} / S_a) * 2 \dots\dots VII.12}$$

En utilisant ces valeurs dans l'équation, nous obtenons :

$$\mathbf{N_g = 40 * 2 = 80 \text{ goutteurs.}}$$

VII.2.9 Débit d'une rampe :

La méthode pour déterminer le débit d'une rampe est décrite par la formule suivante :

$$\mathbf{Q_{rmp} = N_g * q_g \dots\dots VII.13}$$

En utilisant ces valeurs dans l'équation, nous obtenons :

$$\mathbf{Q_{rmp} = 80 * 4 = 320 \text{ litres par heure.}}$$

VII.2.10 Nombre de rampes :

La méthode pour déterminer le nombre de rampes est définie par la formule suivante :

$$\mathbf{N_{rmp} = L_{ngp} / S_r \dots\dots VII.14}$$

En utilisant ces valeurs dans l'équation, nous obtenons :

$$\mathbf{N_{rmp} = 240.4 / 4 = 61 \text{ rampes.}}$$

VII.2.11 Débit de la porte de rampe :

La méthode pour déterminer le débit de la porte de rampe est exposée par la formule suivante :

$$Q_{prmp} = Q_{rmp} * N_{rmp} \dots\dots VII.15$$

En utilisant ces valeurs dans l'équation, nous obtenons :

$$Q_{prmp} = 320 * 61 = 19520 \text{ litres par heure.}$$

VII.3 Calcul hydraulique du réseau d'irrigation goutte à goutte :

Le calcul hydraulique du réseau d'irrigation goutte à goutte est une procédure cruciale qui englobe l'évaluation des caractéristiques hydrauliques essentielles, notamment les diamètres des conduites, les pressions requises, et les pertes de charge.

Cette démarche vise à garantir une performance optimale du système d'irrigation.

VII.3.1 Diamètre de la rampe :

Le calcul du diamètre de la rampe est défini par la formule suivante :

$$D_{rmp} = ((J_{th} * 2.75) / (0.478 * Q_{rmp}^{1.75} * L_{rgp}))^{(-1 / 4.75)} \dots\dots VII.16$$

En utilisant ces valeurs dans l'équation, nous obtenons :

$$D_{rmp} = ((1.4 * 2.75) / (0.478 * 320^{1.75} * 158))^{(-1 / 4.75)} = 15.67 \text{ mm.}$$

Nous choisissons **DN = 16 mm**.

Calcul des pertes de charge de la rampe :

$$J_{cal} = 0.478 * L_{rgp} * D_{rmp}^{(-4.75)} * Q_{rmp}^{1.75} / 2.75 \dots\dots VII.17$$

En utilisant ces valeurs dans l'équation, nous obtenons :

$$J_{cal} = (0.478 * 158 * 16^{(-4.75)} * 320^{1.75}) / 2.75 = 1.26 \text{ m.}$$

P_{dc} = 1.2 m, ce qui est inférieur à 1.4 m, donc la condition est satisfaite.

Tableau VII. 1 : Caractéristiques des rampes

Cultures	L'olivier
Lrgp(m)	158
Ng	80
Qrmp(l/h)	320
J th (m)	1.4
Dcalcu (mm)	15.67
Dn (mm)	16
J calculé (m)	1.2

VII.3.2 Calcul du diamètre de la porte de la rampe :

Pour déterminer le diamètre de la porte rampe, vous pouvez utiliser la formule suivante :

$$D_{prmp} = ((J_{th} * 2,75) / (0,478 * Q_{prmp}^{1,75} * L_{ngp}))^{-1 / 4,75} \dots\dots\dots VII.18$$

En appliquant cette formule aux données fournies, nous obtenons :

$$D_{prmp} = ((0,8 * 2,75) / (0,478 * 19520 * 204,4))^{-1 / 4,75} = 84.63$$

On prend DN = 90 mm.

Calcul de la perte de pression de la porte de la rampe :

$$J_{cal} = 0,478 * L_{ngp} * D_{prmp}^{-4,75} * Q_{prmp}^{1,75} / 2,75 \dots\dots\dots VII.19$$

En insérant les valeurs données dans cette équation, nous obtenons :

$$J_{cal} = 0,478 * 204,4 * 120^{-4,75} * 19520 / 2,75 = 0,6$$

Jcal = 0,6 m, soit inférieur à 0,8, vérifiant l'état.

Tableau VII. 2 : Caractéristiques des portes rampes

Cultures	L'olivier
Lngp(m)	204.4
Nr	61
Qprmp(l/h)	19520
J th (m)	0.8
Dcalcu (mm)	84.63
Dn (mm)	90
J calculé (m)	0.6

VII.4 Conclusion:

Au sein de cette section, nous avons étudié le processus de dimensionnement d'un réseau d'irrigation goutte à goutte dédié à la culture de l'olivier.

Ces systèmes sont déployés dans le but de réaliser des économies en matière d'utilisation de l'eau d'irrigation, tout en maximisant les rendements agricoles.

Cette approche vise non seulement la préservation des ressources hydriques, mais également l'optimisation de la productivité des cultures. En adoptant cette technologie, nous visons à concilier efficacité agronomique et gestion responsable des ressources naturelles, contribuant ainsi à une agriculture plus durable et résiliente.

**Chapitre VIII : Evaluation
économique du
projet**

VIII.1 Introduction :

L'analyse économique d'un projet est inextricablement liée à son étude technique, car elle fournit les informations cruciales qui seront déterminantes pour évaluer la faisabilité du projet.

Cette évaluation englobe la détermination du coût requis pour sa mise en œuvre et de sa disponibilité, ainsi que l'appréciation des retombées économiques et sociales du projet par rapport aux fonds alloués.

Dans le cadre de notre travail, l'objectif de l'étude qui suit se limite à offrir une vue d'ensemble des dépenses potentielles associées à un projet de cette envergure.

L'évaluation des coûts rattachés à un projet d'aménagement hydro-agricole doit être exécutée avec une précision incontestable, de manière à pouvoir évaluer sa viabilité à la fois à court terme et à long terme.

Pour notre projet, nous avons les tâches suivantes :

- Mise en place d'un réseau de distribution
- Installation de conduites d'adduction
- Établissement de réseaux d'irrigation (système goutte-à-goutte) et exécution de travaux divers

VIII.2 Différents types d'interventions requises:

VIII.2.1 Travaux relatifs à l'adduction et au système de distribution :

Les opérations engagées dans l'établissement de l'adduction et du réseau de distribution comprennent :

VIII.2.1.1 Excavation des tranchées :

Cette phase du projet implique le creusement des excavations au moyen d'une pelle hydraulique.

Les matériaux extraits sont déposés le long de la tranchée, tandis que l'autre côté est réservé à l'installation des conduites.

VIII.2.1.2 Installation des conduites :

Avant de placer les conduites dans les tranchées, une étape cruciale consiste à inspecter et trier les conduites pour exclure celles qui pourraient avoir été endommagées lors de manutentions antérieures. Ensuite, les conduites sont progressivement abaissées au fond de la tranchée à l'aide d'un dispositif de levage approprié. Pendant cette opération, il est impératif de surveiller constamment l'alignement des tuyaux afin de prévenir tout problème lors de leur connexion ultérieure.

VIII.2.1.3 Assemblage et soudure des canalisations :

Dans un souci de renforcer la sécurité, il est essentiel de réaliser un test de pression des conduites et des raccords avant de procéder au remblaiement.

Ce test s'effectue au moyen d'une pompe d'essai, consistant à remplir la canalisation d'eau sous une pression équivalente à 1,8 fois la pression de service prévue lors de son fonctionnement normal.

Cette épreuve doit être maintenue pendant environ 30 minutes, avec une variation de pression ne devant pas excéder 0,2 bar.

VIII.2.1.4 Enfouissement des tranchées :

Cette étape du projet comprend l'ensevelissement de la conduite en utilisant le matériau de remblai provenant de l'excavation.

VIII.2.1.5 Nivellement et compactage :

Après avoir effectué le remblai, on avance vers la phase de nivellement qui implique la répartition des monticules de terre. Ensuite, on procède au compactage pour augmenter la densité du sol et ainsi prévenir tout tassement ultérieur.

VIII.2.2 Détermination du volume de terrassement :

Pour calculer la largeur du fond de la tranchée, nous utilisons la formule suivante :

$$B = d + 2a \dots \text{VIII.1}$$

Où :

- **B** : largeur de la tranchée (m).
- **d** : diamètre de la conduite (m).
- **a** : distance entre la conduite et le talus.

Pour les conduites de diamètre $DN \leq 200$, la largeur de la tranchée est égale à $DN + 2 \times 20$ cm, tandis que pour les conduites de $DN > 200$, la largeur de la tranchée est $DN + 2 \times 30$ cm.

En ce qui concerne la profondeur de la tranchée, celle-ci est déterminée de manière à permettre la réalisation adéquate des branchements spécifiques, tout en évitant tout contact accidentel avec d'autres conduites.

$$H = e + d + h \dots \dots \text{VIII.2}$$

Où :

- **H** : profondeur de la tranchée (m).
- **e** : hauteur du lit de pose (m) = 0,1 m.
- **d** : diamètre de la conduite (m).
- **h** : hauteur du remblai au-dessus de la conduite = 0,8 m.

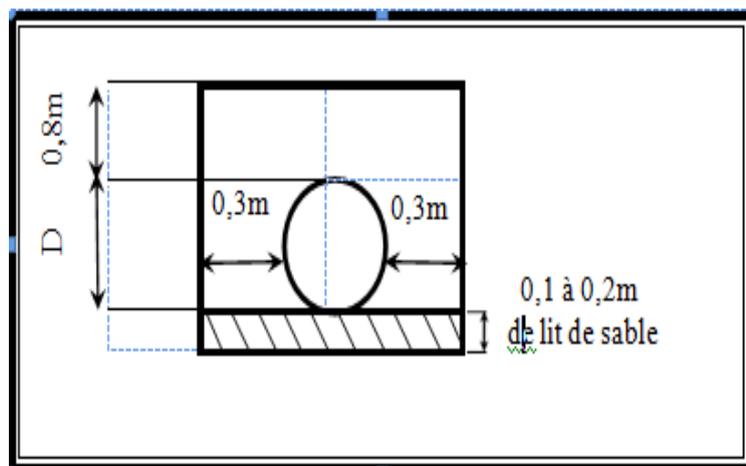


Figure VIII. 1 : Schéma d'un tranché

VIII.3 Calcul du volume de l'excavation :

Le volume des matériaux excavés dans les tranchées peut être calculé à l'aide de la formule suivante :

$$Vd = L \times B \times H \dots \dots \text{VIII.3}$$

Où :

- **Vd** : volume de l'excavation (en mètres cubes, m³).
- **L** : longueur de la tranchée (en mètres, m).
- **H** : profondeur de la tranchée.

Les résultats de ce calcul sont présentés dans le tableau :

Tableau VIII.1: Évaluation du volume d'excavation pour les conduites du réseau

Diamètre (mm)	Longueur (m)	Hauteur (m)	Largeur (m)	V déblais (m ³)
125	175	1.275	0.71	158.42
160	265	1.31	0.76	263.83
200	275	1.35	0.8	297.00
250	552	1.4	0.85	656.88
315	300	1.465	0.915	402.14
400	300	1.55	1	465.00
500	250	1.65	1.1	453.75
600	250	1.75	1.2	525.00

- Le volume totale du déblai est **Vd = 3222.03 m³**

VIII.2.3.1 Calcul du volume du lit de sable :

Le lit de sable est une couche uniforme de 10 cm d'épaisseur située au fond de la tranchée, s'étendant sur toute la longueur de la tranchée.

Pour déterminer le volume de sable requis, nous utilisons la formule suivante :

$$V_{\text{sable}} = H_{\text{sable}} \times B \times L \dots \dots \dots \text{VIII.4}$$

Où :

- **V_{sable}** : volume de sable (en mètres cubes, m³).
- **H_{sable}** : hauteur du lit de sable, comprise entre 0.1 et 0.2 mètres.

Tableau VIII.2 : Calcul de volume de sable pour les canalisations du réseau

Diamètre (mm)	Longueur (m)	Hsable (m)	Largeur (m)	V sables (m ³)
125	175	0.1	0.71	12.42
160	265	0.1	0.76	20.14
200	275	0.1	0.8	22
250	552	0.1	0.85	46.92
315	300	0.1	0.915	27.45
400	300	0.1	1	30
500	250	0.1	1.1	27.5
600	250	0.1	1.2	30

- Le volume totale du sable est **Vs = 216.435 m³**

VIII.2.3.2 Calcul du volume de remblai :

Le calcul du volume de remblai repose sur la quantité de matériau excavé, englobant à la fois l'espace occupé par la conduite et celui rempli par le lit de sable.

$$V_r = V_d - (V + V_s) \dots \text{VIII.5}$$

Avec :

- V_r : Volume du remblai compacté (m³)
- V_d : Volume du déblai (m³)
- V_s : Volume du sable (m³)
- V : Volume occupé par la conduite (m³)

$$V = \left(\frac{\quad}{4} \right) * L$$

Tableau VIII.3 : Calcul de volume de sable pour les canalisations du réseau

Diamètre (mm)	V conduites (m ³)	V déblais (m ³)	V sables (m ³)	V remblais (m ³)
125	2.15	158.42	12.43	143.85
160	5.33	263.83	20.14	238.36
200	8.64	297.00	22	266.36
250	2.08	656.88	46.92	582.87
315	23.37	402.14	27.45	351.32
400	37.68	465.00	30	397.32
500	49.06	453.75	27.5	377.19
600	70.65	525.00	30	424.35

- Le volume total du remblai est : $V_r = 2781.63 \text{ m}^3$

VIII.2.3.3 Estimation de cout de pose de canalisation du réseau :

Tableau VIII.4: Estimation du cout de pose de canalisation du réseau

Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire TTC (DA/ m ³)	Montant TTC (DA)
Déblai du terrain	m ³	3222.03	400	1288812
Lit de sable	m ³	216.435	2500	541087.5
Remblai	m ³	2781.63	650	1808059.5
				3637959
			TVA	691212.21
			TTC	4329171.21

- Le cout total des canalisations est : **4329171.21 DA**

VIII.2.3.4 Estimation du cout des conduites du réseau :

Tableau VIII.5: Estimation du coût des conduites du réseau

Pièces		Unité de mesure	Quantité (m)	Prix unitaire (DA/m)	Montant (DA)
125	PEHD	MI	175	1093.1	191292.5
160	PEHD	MI	265	1786.5	473422.5
200	PEHD	MI	275	2805.5	771512.5
250	PEHD	MI	552	4340.6	2396011.2
315	PEHD	MI	300	6881.4	2064420
400	Fonte	MI	300	7516.6	2254980
500	Fonte	MI	250	11724.8	2931200
600	Fonte	MI	250	17729.2	4432300
				Total	15515138.7
				TVA	2947876.35
				TTC	18463015.1

- Le cout total des conduites est de : **18463015.1 DA**

VIII.2.3.5 Estimation du coût des bornes d'irrigation :

Pour notre réseau d'adduction, nous disposons de 01 borne de type A4 et 04 bornes de type C. Les estimations des coûts de ces bornes sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau VIII.6 : Estimation du coût des bornes d'irrigation

Type de borne	Nombre	Prix unitaire (DA)	Prix totale (DA)	
A2	7	65000	455000	
B	5	54000	270000	
			725000	
			TVA	137750
			Total	862750

- Le cout total des bornes est de : **862750 DA**

VIII.2.3.6 Évaluation du coût du réseau d'irrigation localisée :

Il s'agit des équipements positionnés en aval de la borne d'irrigation, qui sont intégrés au réseau de distribution, que ce soit à l'échelle collective ou individuelle.

Ces équipements sont de nature individuelle et relèvent de la responsabilité de chaque exploitant.

Les composants de l'équipement à l'échelle de la parcelle pour un réseau localisé comprennent les éléments suivants :

Tableau VIII.7: Estimation du coût des goutteurs

Caractéristiques d'appareil	unité	quantité	Longueur des rampes	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
Ecartement 1m avec goutteur	ML	80	32	70	179200
				TVA	34048
				Total	213248

- Le cout total de goutteur est de : **213248 DA**

Tableau VIII.8 : Estimation du coût des portes rampes

Caractéristique d'appareil	Unité	Quantité	diamètre(mm)	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
Porte rampe	MI	61	90	745.8	45493.8
				TVA	8643.8
				Total	54137.6

- Le cout total pour les portes rompes est de : **54137.6 DA**

VIII.2.3.7 La station de pompage :

Le système de pompage se compose de plusieurs éléments, notamment :

- Travaux de génie civil.
- Équipements hydromécaniques.
- La bache d'aspiration.

Les coûts estimés de chaque composante sont détaillés dans le tableau suivant :

Tableau VIII.9: Estimation du cout de la station de pompage

Designation des travaux	unité	Quantité	Prix unitaire	Montant
1)) Terrassement				
Décapage de la terre végétal	M3	100	500	50 000.0
-Déblai	M3	105	600	63 000.0
-remblais	M3	57.75	600	34 650.0
2) Maçonneries				
-Béton arme	M3	100	12000	1 200 000.0
-revêtement	M2	40	800	32 000.0
-Peinture	M2	170.80	1000	170 800.0
3) travaux divers				
-Portail métallique	U	1	130 000	130 000.0
-Fenêtre en pvc	U	2	6000	12 000.0
-Electricités	U	Forfait	12000	12 000.0
4) Aménagement extérieur				
- Mur de cloture	M1	100	1700	170 000.0
- Loge de gardien	U	1	250 000	250 000.0
- Revêtement	M2	300	30000	9 000 000.0
5) Equipements hydromécaniques				
- Vannes	U	2	230000	460 000.0
- Clapet anti retour	U	1	100000	100 000.0
- Crepine	U	1	150000	150 000.0
- Vantouse	U	1	60000	60 000.0
6) Bâche d'aspiration				
Terrassements	M3	300	300	90 000.0
Béton arme	M3	50	12000	600 000.0
Étanchéité	M3	100	600	60 000.0
Total HT				13 994 400
Total TTC				16653336 DA

VIII.2.3.8 Le réservoir de stockage:

La construction du réservoir de stockage englobe les travaux de terrassement, de débétonnage, de maçonnerie, ainsi que les travaux secondaires et les matériaux requis.

Le réservoir, dont les dimensions sont spécifiées dans le chapitre 6, a une capacité de 13000 mètres cubes.

Tableau VIII.10 : Estimation du cout du réservoir de stockage

Désignation des travaux	unité	Quantité	Prix unitaire	Montant
*Terrassements				
Décapage de la terre végétale	M3	100	500.00	50000,00
Déblai	M3	140	600.00	840000,00
Remblai	M3	110	600.00	60000,00
*Béton arme	M3	100	45000.00	4500000,00
*Aménagement extérieur et Divers				
Portail métallique	U	1	180000.00	180000,00
Electricités	U	20	10000.00	200000,00
Peinture	M2	300	1200.00	360000,00
Mur de cloture	M2	60	3000.00	180000,00
Revêtement	M2	30	25000.00	750000,00
Total			6364000,00	

VIII.3 Devis des travaux :

Tableau VIII.11 : Devis estimatif total

Travaux	Montant (DA)
Canalisation du réseau.	4329171.21
Conduites du réseau.	18463015.1
Bornes d'irrigation.	862750
Irrigation localize	267386
Station de pompage	16653336
Réservoir	6364000
Montant TTC	46939658,31

VIII.4 Conclusion :

L'analyse économique revêt une importance cruciale lorsqu'il s'agit d'évaluer la faisabilité des projets d'aménagement hydro-agricole.

Elle souligne la nécessité de prendre en compte avec précision les coûts afin de planifier de manière efficiente les ressources nécessaires.

Une gestion adéquate des coûts constituera un élément clé du succès du projet, favorisant ainsi le développement agricole durable et contribuant à l'amélioration des conditions de vie des agriculteurs. En veillant à une évaluation rigoureuse des aspects économiques, le projet peut s'inscrire dans une trajectoire viable, garantissant une utilisation optimale des ressources financières tout en soutenant la durabilité et la prospérité à long terme. et on obtient un cout total de 47 M DA(Quarante-sept millions Dinars Algérienne) qui est suffisant pour un pirimètre de 185 ha.

Conclusion générale

Au terme de notre étude, nous pouvons tirer plusieurs conclusions essentielles :

Dans cette région semi-aride aux conditions de sécheresse et précipitations variables, l'irrigation s'avère indispensable pour les cultures de printemps, tandis que celles d'hiver profitent de la répartition saisonnière des pluies. La mise en place de systèmes d'irrigation efficaces est cruciale pour optimiser les rendements tout en préservant l'équilibre salin du sol.

L'analyse du sol révèle une composition dominée par de l'argile limoneuse, offrant une bonne rétention d'eau. La qualité non polluée de l'eau du barrage de Sidi Abedeli favorise des cultures saines.

La gestion précise des besoins en eau des différentes cultures est essentielle pour maintenir des niveaux d'humidité optimaux et maximiser les rendements. L'irrigation goutte à goutte, privilégiée pour l'horticulture maraîchère et l'arboriculture, s'inscrit dans une perspective de développement durable en maximisant les rendements tout en préservant les ressources en eau.

La planification du système de distribution d'eau d'irrigation, incluant l'évaluation du débit, le dimensionnement du réseau et la validation des niveaux de pression, est une étape cruciale. Par ailleurs, une analyse économique précise est indispensable pour évaluer la faisabilité des projets d'aménagement hydro-agricole et contribuer au développement agricole durable et on obtient un cout total de 47 M DA(Quarante-sept millions Dinars Algérienne).

En conclusion, cette étude souligne l'importance de l'irrigation efficace, de la gestion des ressources hydriques et de l'optimisation des pratiques agricoles pour favoriser le développement agricole durable dans la région étudiée

Références bibliographiques

- BENEST, M., BENSALAH, M., BOUABDELLAH, H., & OUARDAS, T. (1999). La couverture mésozoïque et cénozoïque du domaine Tlemcénien (Avantpays Tellien d'Algérie occidentale): Stratigraphie, paléoenvironnement, dynamique sédimentaire et tectogénèse alpine. Bulletin du service géologique de l'Algérie, 10(2), 127-157.
- BENMECHTA_IB Etude phytoécologique des peuplements à *Osyris L.* en Oranie (Algérie)
- Bensaoula, F. (2006). Karstification, hydrogéologie et vulnérabilité des eaux karstiques. Mise au point d'outils pour leur protection (Application aux Monts de Tlemcen, Ouest Oranais) (Doctoral dissertation, Thèse de Doctorat, Université de Tlemcen, 216p).
- Bouanani, A. (2004). Hydrologie, transport solide et modélisation: étude de quelques sous bassins de la Tafna (NW–Algérie). Doctorat d'Etat en hydrogéologie, Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, Algérie.
- Merzougui, T., Bouanani, A., Rezzoug, C., Mekkaoui, A., Hamzaoui, F. A., & Merzougui, F.Z. (2019). Palm grove groundwater assessment and hydrodynamic modelling Case study: Beni Abbes, South-West of Algeria. *Journal of Water and Land Development*, (43), 133-143
- Z. (2019). Palm grove groundwater assessment and hydrodynamic modelling Case study: Beni Abbes, South-West of Algeria. *Journal of Water and Land Development*, (43), 133-143
- PLAINE D'HENNAYA (TLEMCCEN, NW–ALGÉRIE). Jean-Robert Tiercelin, 2006 : *Traité d'irrigation*. : 2^e édition
- Sepulchre, P., Ramstein, G., Fluteau, F., Schuster, M., Tiercelin, J. J., & Brunet, M. (2006). Tectonic uplift and Eastern Africa aridification. *Science*, 313(5792), 1419-1423..

Annexe 1 : Bulletin FAO D'irrigation et drainage

CULTURE	Stades de développement de la culture					Durée totale de la période végétative
	Initial	Développement	Mi-saison	Fin de saison	Récolte	
Bananier 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
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
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
Mais sucré	0.3 -0.5	0.7 -0.9	1.05-1.2	1.0 -1.15	0.95-1.1	0.8 -0.95
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
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

ANNEXE2 : Table de Pearson χ^2

Table de Distribution de χ^2 (Loi de K. Pearson)
(Valeurs de χ^2 ayant la probabilité P d'être dépassées)

$\nu \backslash \alpha$	0,990	0,975	0,950	0,900	0,100	0,050	0,025	0,010	0,001
1	0,0002	0,0010	0,0039	0,0158	2,7055	3,8415	5,0239	6,6349	10,8276
2	0,0201	0,0506	0,1026	0,2107	4,6052	5,9915	7,3778	9,2103	13,8155
3	0,1148	0,2158	0,3518	0,5844	6,2514	7,8147	9,3484	11,3449	16,2662
4	0,2971	0,4844	0,7107	1,0636	7,7794	9,4877	11,1433	13,2767	18,4668
5	0,5543	0,8312	1,1455	1,6103	9,2364	11,0705	12,8325	15,0863	20,5150
6	0,8721	1,2373	1,6354	2,2041	10,6446	12,5916	14,4494	16,8119	22,4577
7	1,2390	1,6899	2,1673	2,8331	12,0170	14,0671	16,0128	18,4753	24,3219
8	1,6465	2,1797	2,7326	3,4895	13,3616	15,5073	17,5345	20,0902	26,1245
9	2,0879	2,7004	3,3251	4,1682	14,6837	16,9190	19,0228	21,6660	27,8772
10	2,5582	3,2470	3,9403	4,8652	15,9872	18,3070	20,4832	23,2093	29,5883
11	3,0535	3,8157	4,5748	5,5778	17,2750	19,6751	21,9200	24,7250	31,2641
12	3,5706	4,4038	5,2260	6,3038	18,5493	21,0261	23,3367	26,2170	32,9095
13	4,1069	5,0088	5,8919	7,0415	19,8119	22,3620	24,7356	27,6883	34,5282
14	4,6604	5,6287	6,5706	7,7895	21,0641	23,6848	26,1189	29,1412	36,1233
15	5,2293	6,2621	7,2609	8,5468	22,3071	24,9958	27,4884	30,5779	37,6973
16	5,8122	6,9077	7,9616	9,3122	23,5418	26,2962	28,8454	31,9999	39,2524
17	6,4078	7,5642	8,6718	10,0852	24,7690	27,5871	30,1910	33,4087	40,7902
18	7,0149	8,2307	9,3905	10,8649	25,9894	28,8693	31,5264	34,8053	42,3124
19	7,6327	8,9065	10,1170	11,6509	27,2036	30,1435	32,8523	36,1909	43,8202
20	8,2604	9,5908	10,8508	12,4426	28,4120	31,4104	34,1696	37,5662	45,3147
21	8,8972	10,2829	11,5913	13,2396	29,6151	32,6706	35,4789	38,9322	46,7970
22	9,5425	10,9823	12,3380	14,0415	30,8133	33,9244	36,7807	40,2894	48,2679
23	10,1957	11,6886	13,0905	14,8480	32,0069	35,1725	38,0756	41,6384	49,7282
24	10,8564	12,4012	13,8484	15,6587	33,1962	36,4150	39,3641	42,9798	51,1786
25	11,5240	13,1197	14,6114	16,4734	34,3816	37,6525	40,6465	44,3141	52,6197
26	12,1981	13,8439	15,3792	17,2919	35,5632	38,8851	41,9232	45,6417	54,0520
27	12,8785	14,5734	16,1514	18,1139	36,7412	40,1133	43,1945	46,9629	55,4760
28	13,5647	15,3079	16,9279	18,9392	37,9159	41,3371	44,4608	48,2782	56,8923
29	14,2565	16,0471	17,7084	19,7677	39,0875	42,5570	45,7223	49,5879	58,3012
30	14,9535	16,7908	18,4927	20,5992	40,2560	43,7730	46,9792	50,8922	59,7031

ANNEXE 3 : Analyse multicritère de choix de technique

Contraintes	Irrigation de surface par Rigole	Irrigation par Aspersion	Irrigation localisée
Evaporation	+	++	+++
Vent (1.9 m/s)	+++	+	+++
▪ Texture (argileux-limoneuse)	++	++	+++
Perméabilité (bonne)	++	+++	+++
Pente	+	++	+++
Qualité d'eau (moyenne)	++	++	+
Cultures	+++	+++	+++
Maraîchage	x	+++	x
céréales	+++	x	+++
arbres			
Contraintes économique	X	++	+++
économie d'eau			

Avec : **x** : inadéquat ou déconseillé ; + : Adapté avec réserve ;
 ++ : Adapté ; +++ : Très Adapté

ANNEXE 4 : Situation géographique de pirimètre



Situation géographique de le pirimètre (source wilaya de tlemcen 2017)

Coordonnées:35° 04' 00'' nord 1° 08' 00'' ouest

ANNEXE 5 : : Carte simplifiée des zones bioclimatiques de l'Algérie (ANAT, 2004).

