

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE -ARBAOUI Abdellah-

DEPARTEMENT D'IRRIGATION ET DRAINAGE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option: IRRIGATION ET DRAINAGE

THEME DU PROJET :

**Dimensionnement d'un réseau d'irrigation du périmètre
D'El-Hachimia à partir du barrage Lakhel (W. Bouira)**

PRESENTE PAR

M^r CHEKHAR Raouf

Devant les membres du jury

Noms et Prénoms	Grade	Qualité
M^r : MEDDI Mohamed	Professeur	Président
M^{me} : SAADOUNE Samra	M.C.B	Examinatrice
M^{me} : MEDJDOUB Sonia	M.A.A	Examineur
M^r : KOLAIA Djaffar	Assistant	Examineur
M^r : BOUZIANE Omar	M.A.A	Promoteur

Juin - 2017

Dédicace

A chaque fois qu'on achève une étape importante dans notre vie, on fait une pose pour regarder en arrière et se rappeler toutes ces personnes qui ont partagé avec nous tous les bons moments de notre existence, mais surtout les mauvais. Ces personnes qui nous ont aidé sans le leur dire, soutenus sans réserve, aimé sans compter, ces personnes à qui notre bonheur devient directement le leur, à qui un malheur en nous, en eux se transforme en pleur.

Je dédie ce modeste travail en signe de reconnaissance et de respect.

D'abord à ma très chère mère khmissa, pour son amour, son aide et son soutien pendant ma vie scolaire.

A mon très cher père Mansour(Amar), pour ces conseils, son soutien matériels et moral pour réaliser et finir ce travail

- A mes frères Hichem, Hossin, younes, Abd-el-hak, aymen et yassin*
- Mes sœur Nadira et Malika*
- A toute ma famille CHEKHAR*
- A mes amis de l'ENSH*
- A tous mes enseignant de l'ENSH*

chekhar

Remerciements

Au terme de ce projet, fruit de mes années de labeur, je tiens à remercier sincèrement Dieu, de m'avoir octroyé les moyens et les personnes qui m'ont aidé dans son élaboration

Je tiens à exprimer mes vifs remerciements à

Mon promoteur Mr BOUZIANE.O de m'avoir orienté et pour ces conseils judicieux, ses riches enseignements et sa constante disponibilité dans le but de mener à bien ce projet de fin d'études.

Madame AZIEZ. W ;BENKACIALLT et YAHIAOULS de m'ont enseigné le long de ma formation, m'ont assisté, guidé et conseillé durant ce projet. Je lui exprime ici ma profonde reconnaissance.

Mon respect aux membres de jury qui me feront l'honneur de juger ce travail, je les **remercie** vivement.

chekhar

الملخص :

إن الهدف من إنجاز هذه المذكرة يندرج ضمن السياسة الحالية المتعلقة بتسيير المساحات المسقية لبلدية الهاشمية الواقعة بإقليم ولاية البويرة، حيث تتميز هذه الأخيرة بالسهول الشاسعة الصالحة للزراعة وبمناخ شبه جاف، كما تتميز أيضا بارتفاعها المتوسط على مستوى سطح البحر. وفي هذا الصدد قمنا بدراسة مشروع تهيئة الأراضي الفلاحية لبلدية الهاشمية المتواجدة قرب سد لكحل، والتمثل في تصميم شبكة سقي متطورة من أجل رفع المردودية الفلاحية، حيث تم أخذ على سبيل المثال: نظام السقي بالرش، وهو نظام مبني على أسس علمية متطورة، ويتميز بأكبر فعالية في تغطية مختلف المساحات الزراعية.

Résumé :

L'objectif de notre mémoire rentre dans le caractère de la politique actuelle de la gestion des périmètres irrigués de la zone d'el-Hachimia (W.Bouira), où cette dernière se caractérise par des vastes plaines disponibles pour l'agriculture, dont le climat est Semi-Aride et des élévations moyennes par rapport au niveau de la mer.

À cet égard, nous avons étudié un projet d'une surface agricole à la commune d'EL-Hachimia située près du barrage Lekhal, et designer un sophistiqué de réseau d'arrosage pour augmenter la rentabilité de l'agriculture, Nous choisissons la technique d'irrigation par aspersion, c'est un système qui se basé sur des barèmes scientifiques développé, et se caractérisée par l'efficacité de couvrir les espaces agricoles.

Abstract:

The aim of the present work has an aspect of the actual policy of the irrigated areas management to willya of Bouira, this last is Characterize by vast plains, suitable for agriculture,

It has taken a semi-arid climate, and has an average elevation at sea level.

In this regard, we have studied the project of preparing the agricultural lands of the Hachimia municipality located near the dam of Lakhhal, which is the design of an advanced watering network in order to raise agricultural productivity. For example, we take the sprinkler system, which is based on advanced scientific, and it is characterize by a best efficiency and the coverage of irrigate area

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles

I. Introduction :	2
I.1 Situation géographique de la zone d'étude :	2
I.1.1 Situation de la région d'El-Hachimia :	2
I.1.2-Situation de périmètre :	5
I.1.3 Caractéristiques des superficies du Périmètre d'EL-Hachimia:	5
I.2 L'étude climatologique	5
Introduction :	5
I.2.1 Pluviométrie :	5
I.2.2 la température moyenne de l'air :	6
I.2.3 la température moyenne de sol :	7
I.2.4 Humidité relative :	8
I.2.5 Le vent :	9
I.2.6 Sirocco :	10
I.2.7 L'insolation :	10
I. 2.8 Les indices climatiques :	11
I.2.8.1 L'indice d'aridité de MARTON :	11
I.2.8.2 Quotient pluviométrique d'emberger :	12
I.2.8.3 Climogramme pluviométrique de BAGNOULSETGAUSSEN :	13
Description de graphique :	14
I.3 Ressources en eau d'irrigation :	14
Introduction :	14
I.3.1 Les ressource des eaux d'irrigation :	14
I.3.1.1 Les eaux superficielles :	14
a) Les caractéristiques du barrage Lekhel :	15
b) Qualité de l'eau à usage agricole :	15
c) La station de pompage :	16
I.3.1.3 bassin d'irrigation :	16
Caractéristiques de bassin d'irrigation :	16
I.3. 1.4 Les eaux souterraines :	17
I.4 Etude géologique	17
Conclusion :	18

Chapitre II : Etude Hydrologique

Introduction :	19
II.1Présentation de la station pluviométrique :	19
II.2 Vérification de l'homogénéisation de la série pluviométrique :	21
II.3 Etude de l'échantillon et choix de la loi d'ajustement :	25
II.3.1 Lois d'ajustement :	25
II.3.1.a) Ajustement à la loi normale (gauss) :	25
II.3 Etude de l'échantillon et choix de la loi d'ajustement :	25
II.3.1 Lois d'ajustement :	25
II.3.1.a) Ajustement à la loi normale (gauss) :	25
II.3.1.b) Ajustement à la loi log-normale (Galton) :	29
II.3.2.Test de validité d'un ajustement :	31
II.3.2.a) Test de validité de l'ajustement à la loi Normale :	31
II.3.2.b) Test de validité de l'ajustement à la loi Log-Normale :	32
II.3.3Détermination de l'année de calcul :	32
Conclusion :	34

Chap III : Aptitude culturale

Introduction :	35
III.1 Les différentes classes d'aptitude des sols :	35
III.1.2 Les caractéristiques des sols :	36
III.2 Les types de sols du périmètre :	37
III.2.1 Classe des vertisols :	37
III.2.2 Classe des bruns méditerranées :	38
III.3 Rotation des assolements :	40
Conclusion :	43

Chap IV : Calcul des besoins en eau des cultures

Introduction :	44
IV.1 Besoins en eau des cultures :	44
IV.2 Evaluation des besoins en eau des plantes cultivées :	44
IV.3 L'évapotranspiration :	44

IV.3.1 L'évapotranspiration potentielle :.....	44
IV.3.2 L'évapotranspiration réelle :	45
IV.4 Les méthodes d'évaluation de L'évapotranspiration :.....	45
IV.4.1 Les méthodes directes :.....	45
IV.4.1.1 l'évapotranspiration ou cuve lysimétrique :.....	45
IV.4.1.2 Le bac évaporant (bac Colorado) :.....	45
IV.4.2 Les méthodes indirectes :	45
IV.4.2.1 L a formule de BLANEY et CRIDDLE :.....	46
IV.4.2.2 La formule de TURC :.....	46
IV.4.2.3 La formule de PANMEN :	47
IV.4.3 Calcul de l'évapotranspiration :.....	48
IV.5 Le bilan hydrique :	49
IV.5.1 Le coefficient cultural (K_c) :.....	49
IV.5.2 Les profondeurs d'enracinement :	50
IV.6 Cycle végétatif des cultures :.....	50
IV.7 La réserve facilement utilisable (RFU) :.....	51
IV.8 Estimation des besoins en eau des cultures :.....	52
IV.8.1 Estimation des besoins en eau des blés :	52
IV.8.2 Estimation des besoins en eau des pommes de terre :	53
IV.8.3 Estimation des besoins en eau des tomates :.....	54
IV.8.4 Estimation des besoins en eau des carottes.....	55
IV.8.5 Estimation des besoins en eau des Laitues :	56
IV.8.6 Estimation des besoins en eau des vignes :	57
IV.8.7 Estimation des besoins en eau pour les pastèques :	58
IV.8.8 Estimation des besoins en eau des Haricots :	59
IV.8.9 Estimation des besoins en eau des oignons :.....	60
IV.9 Répartition des cultures dans les ilots :	61
IV.10 Estimation des volumes d'eau d'irrigation :	61
IV.11 Calcul de débit spécifique :	62
III.12 Débit caractéristique :	65
Conclusion :	65

Chap V : Etude des techniques d'irrigation des cultures

Introduction	66
Description des différents modes et techniques d'irrigation	66
V.1 Les techniques d'irrigation de surface :	66
V.1.2 Irrigation par ruissellement :	66
V.1.3 Irrigation par submersion :	67
V.1.4 Irrigation mixte :	67
V.1.4.1 L'épandage de crue :	67
V.1.4.2 Les raies courtes (bouchées ou bouclées)	67
V.1.5 Avantages et inconvénients des techniques d'irrigation de surface :	68
V.2 Les techniques d'irrigation souterraine :	68
V.2.1 Généralités :	68
V.2.2 Conditions d'application de la technique :	69
V.2.3 Avantages et inconvénients de l'irrigation souterraine :	69
V.3 L'irrigation par sous pression :	70
V.3.1 l'irrigation par aspersion :	70
V.3.2 l'irrigation par pivot :	71
V.4 L'irrigation localisée (goutte à goutte) :	73
V.4.1 Composition d'une installation goutte à goutte :	73
a) Point de fourniture d'eau :	73
b) L'unité de tête :	73
V.4.2 Conduites et rampes :	73
a) La conduite principale :	73
b) Le porte-rampes :	74
c) Les rampes :	74
d) Les distributeurs :	74
V.5 Choix de la technique d'arrosage :	74
IV.6 L'asperseur :	76
Introduction :	76
IV.6.1 Aspersion simple :	76
IV.6.2 Les micro-asperseurs :	77
IV.6.3 Aspersion par machines à irriguer :	77
IV.6.3.1 L'enrouleur :	77
IV.6.3.2 Les rampes automotrices articulées :	78
IV.6.3.3 Les rampes pivotantes :	78

Conclusion :	79
--------------------	----

Chap VI : dimensionnement de réseau d'irrigation

Introduction :.....	80
VI.1 Description du Schéma de distribution :	80
VI.2 Choix Du Trace :.....	81
VI.3 La méthodologie de dimensionnement :	81
VI.4 Implantation des bornes d'irrigation :.....	82
VI.4.1 Choix du type de la borne mise en place :	82
VI.4.2 Débit aux bornes :	82
VI.5 Dimensionnement du réservoir :	82
a) Calcul la fraction horaire a :	83
b) Les dimensions du réservoir (hauteur, longueur, largeur) :.....	83
VI.6 Dimensionnement de la conduite enterrée à mode gravitaire :.....	84
VI.6.1- Calcul des diamètres des conduites :	85
VI.6.2- Dimensionnement les diamètres des bornes :	89
VI.6.3 Le choix du type de la borne :	90
VI.7 Dimensionnement d'un système d'irrigation par aspersion :.....	91
VI.7.1 Détermination du diamètre d'ajutage, le nombre d'asperseurs à utiliser et le nombre de rampes à mettre en place :	91
VI.7.1.1 Le diamètre de l'ajutage :	91
VI.7.1.2 La portée de jet :	92
VI.7.1.3- Ecartement entre les rampes et les arroseurs :	92
VI.7.1.4 Débit de l'asperseur :	92
VI.7.1.5 Surface de chaque poste :	93
IV.7.1.6 Nombre de position des rampes :	95
VI.7.1.7 Nombre d'asperseurs :	95
VI.7.1.8 la rampe :	96
VI.7.1.9 La porte rampe :	97
VI.8 Dimensionnement de la conduite en parcelle :	97
VI.9 Calcul de pression :	98
Conclusion :	99

chap VII : Estimation du coût final du projet Introduction

VII-1 Calcul du volume des travaux.....	100
VII-1-1 Implantation des tracés des tranchées sur le terrain	100
VII-1-2 Excavation des tranchées	100
VII-1-2-1 Calcul de la largeur de la tranchée	101
VII-1-2-2 Calcul du volume de déblai	101
VII-1-2-3 Calcul du volume du lit de sable	102
VII-1-2-4 Remblaiement des tranchées.....	102
VII-1-2-5 Calcul du volume excédentaire	103
VII-1-2-6 Le grillage d'avertisseur.....	103
VII-1-3 Estimation de cout de pose de canalisation de l'adduction.....	104
VII-1-4 Charge d'investissement	104
VII-1-5 Devis estimatif et quantitatif des pièces spéciales	104
VII-1-5 -1 Devis estimatif et quantitatif des bornes d'irrigation :	104
VII-1-5 -2 Devis estimatif et quantitatif des vannes et chambres des vannes	
VII-1-5 -3 Devis estimatif et quantitatif des cônes de réduction	106
Conclusion	107

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles

Tableau N°I.1 : Situation de périmètre.....	5
Tableau N°I.2 : Répartition mensuelle des pluies de.....	6
Tableau N° I.3 : les Températures mensuelles (C°).	6
Tableau N°I.4 : Températures mensuelles moyennes du sol (°C).....	7
Tableau N°1.5 : l'humidité moyenne mensuelle relative (%) de l'année 2016....	8
Tableau N° I.6 : Vitesses moyennes mensuelles du vent du vent (m/s) de l'année 2016.	9
Tableau N° I.7 : Valeurs moyennes mensuelles du nombre de jours de sirocco de	
Tableau N° I.8 : durée moyenne mensuelle de l'insolation (h) de l'année 2016.	11
Tableau N° 9 : Classification du climat selon MARTON.....	12

Chapitre II : Etude Hydrologique

Tableau II.1 : Coordonnées de la station météorologique El Hachimia.....	19
Tableau II.2 : Répartition mensuelle et annuelle des pluies	20
Tableau II.3 : Test d'homogénéité de Wilcoxon.	23
Tableau II.4 : Résultats du test de Wilcoxon.....	25
Tableau II.5 : Les résultats d'ajustement à la loi normale(Gauss).....	27
Tableau II.6 : Résultats de l'ajustement à la loi log- normale(Galton).	29
Tableau II.7 : Reconstitution de l'année de probabilité à fréquence de 80%.....	33

Chapitre III : Aptitude Culturelle

Tableau III.1 Aptitude culturales de sol de la zone d'étude.	36
Tableau III.2 les caractéristiques des sols de types vertisols.....	38
Tableau III.3 les caractéristiques des sols bruns méditerranées :.....	38
Tableau III.4 Superficies des sols (en ha) par classe d'aptitude à l'irrigation et au Drainage.....	38
Tableau III.5 Les espèces culturales pratiqués antérieurement dans la zone d'étude.	39
Tableau III.6 Degré d'aptitude culturelle dans la zone d'étude.....	39
Tableau III.7 La répartition du nombre d'exploitants par type de statut foncier.	40

Tableau III.8 Occupation culturelle du périmètre (réalisation).	40
Tableau III.9 : Calendrier d'exploitation, assolement (Rotation des cultures)....	42

Chapitre IV : Calcul des besoins en eau des cultures

Tableau IV.1 calcul d'ETP.	48
Tableau IV.2Le Coefficient cultural (Kc) des différentes cultures	50
Tableau IV.3 Les profondeurs d'enracinements en m des différentes cultures...	50
Tableau IV.4 Cycle végétatif des cultures.....	50
Tableau IV.5 besoins en eau des blés	52
Tableau IV.6Besoins en eau des pommes de terre	53
Tableau IV.7besoins en eau des tomates	54
Tableau IV.8besoins en eau des carottes	55
Tableau IV.9 besoins en eau des laitues	56
Tableau IV.10 besoins en eau des choux.....	57
Tableau IV.11 besoins en eau des pastèques	58
Tableau IV.12besoins en eau des haricots.....	59
Tableau IV.13besoins en eau des oignons.....	60
Tableau IV.14 : Répartition des cultures dans les ilots	61
Tableau IV.15 volumes d'eau d'irrigation	62
Tableau IV.16 Besoins nets (mm) en eau d'irrigation.....	63

Chapitre V : Etude des techniques d'irrigation des cultures

Tableau IV. 1 : Analyse multicritères de choix de technique d'arrosage.....	74
---	----

Chapitre VI : Dimensionnement de Réseau d'irrigation

Tableau VI.1 : Evaluation du volume résiduel du réservoir :.....	83
Tableau VI.2 les vitesses admissibles.....	84
Tableau VI.3 Calcul des débits des bornes.....	84
Tableau VI.4 Calcul du diamètre normalisé :.....	86
Tableau VI.5 Calcul la vitesse, perte de charge et la pression	88
Tableau VI.6 Les diamètres des en fonction des débits	90

Tableau VI.7 Le choix du type de la borne	90
Tableau VI.8 Le choix du type d'entrée et sortie des bornes	90
Tableau IV-9 Vitesse d'infiltration pour chaque type de sol.....	91
Tableau IV-10 : Calcul de nombre des postes.....	94
Tableau IV-11 : Résultat de calcul théorique d'aspersion.....	98

Chapitre VII : Estimation du coût final du projet

Tableau VII-01 : calcul du volume de déblai pour le réseau.....	101
Tableau VII-02 : calcul du volume de sable pour le réseau	102
Tableau VII-03 : calcul du volume de remblai.....	102
Tableau VII-04 : calcul du volume excédentaire	103
Tableau VII-05 : calcul la surface du grillage	103
Tableau VII-06 : Estimation du coût de pose de canalisation de l'adduction.	104
Tableau VII-07 : Devis estimatif et quantitatif des conduites.....	105
Tableau VII-08 : Devis estimatif et quantitatif des bornes d'irrigation	105
Tableau VII-09 : Devis estimatif et quantitatif des vannes	105
Tableau VII.10 : Facture du matériel de surface (irrigation par aspersion)	106
Tableau VII-11 : Devis estimatif et quantitatif de cône de réduction	106

Liste des figures :

Chapitre 1 : Analyse des conditions naturelles

Figure I.1 : Carte situation géographique du périmètre d'El-Hachimia (Source ONID)....	3
Figure I.2 : Carte situation administrative du périmètre d'El-Hachimia (Source ONID)....	4
Figure I.3 : Graphique des pluies en (mm).....	6
Figure I.4 : Graphique de la température moyenne mensuelle.	7
Figure I.5 : Graphique de la température moyenne de sol.....	8
Figure I.6 : Graphique de l'humidité moyenne.	9
Figure I.7 : Graphique de vent moyenne.	10
Figure I.8 : Graphique de l'insolation (heur).....	11

Chapitre 2 : Etude Hydrologique

Figure III.2 : Allure des points sur le papier à probabilité d'ajustement à la loi normale(Gauss).....	28
Figure III.3 :L'allure des points sur le papier probabilité à la loi log normal.	30

Chapitre 4 : Calcul des besoins en eau des cultures

Figure IV.1 Graphique de l'évapotranspiration (ET0).....	49
--	----

Chapitre 5 : Etude des techniques d'irrigation des cultures

Figure. V.1 : l'irrigation par aspersion	70
Figure. V.2 : l'irrigation par pivot.....	71
Figure V.4 :l'aspersion simple	76
Figure V. 5 : l'enrouleur	77

Chapitre 6 : Dimensionnement de Réseau d'irrigation

Figure VI.1 Résultat de la simulation hydraulique a l'aide du logiciel Epanet.....	89
--	----

LISTE DES PLANCHES

Désignation	Numéro	Echelle
plan de réseau	Plan 1	1/3000
Plan d'Occupation de Sol et de Situation	Plan 2	1/3000
Profil en long de la conduite existante	Plans 3	EH 1/1500 EV 1/150
Plan de réseau d'aspersion	Plan 4	1/1000

Introduction générale :

L'eau est la mobilité de la vie reconnue comme une ressource vital, rare précieuse et donc stratégique. Elle fait l'objet d'utilisation très diverse par l'homme. Indispensable dans la production agricole, énergétique et industrielle, fragile et limitée, la ressource en eau est de plus en plus menacée par les conséquences des activités humaines. Le nombre croissant d'utilisateurs nous oblige aujourd'hui à gérer cette ressource de manière intégrée et efficace, dans une perspective de long terme, et ainsi à trouver des solutions innovantes pour répondre à la demande.

Donc il est nécessaire que les aménagements soient techniquement efficaces, économiquement justifiés et recevant l'augmentation de rendement agricole. Pour cette raison qu'un dimensionnement le réseau d'irrigation le plus efficace dans le périmètre et pour identifier la satisfaction les besoin en eau.

Le périmètre D'EL-Hachimia est reconnu plusieurs obstacles ces dernières années à cause de la disponibilité de l'eau, dégradation des infrastructures, les variations climatologiques et la mauvaise gestion de l'eau. Pour cette raison nous avons choisis notre périmètre comme une zone d'étude. Ce dernier est trouvé dans la willaya de Bouira, et il est géré par la Direction du Ressource en Eau (DRE) de la même willaya.

Pour achever cet objectif nous avons passé par : une analyse de conditions naturelles du milieu, analyse des ressources en eau, l'étude agro pédologie, étude des besoins en eau des cultures, par la suite le calcul du débit spécifique et l'analyse de l'état actuel du périmètre afin d'identifier le type de réseau efficace par une choix techno-économique et un calcul du coût.

Chapitre I

Analyse des conditions naturelles

I. Introduction :

Dans Cette premier chapitre, on projeté une présentation générale du site d'étude (périmètre d'EL-Hachimia) d'une superficie totale de 223 Ha, Du point de vue situation géographique et conditions climatiques. L'étude détaillée des principaux facteurs climatiques, vont nous permettre de déterminer le type de climat caractérisant la zone d'étude.

L'analyse des différents facteurs climatiques du périmètre est indispensable pour une conception d'un réseau d'irrigation, puisque ses réseaux sont à la base de divers calculs, tels que : le calcul des besoins en eau des cultures.

I.1 Situation géographique de la zone d'étude :

I.1.1 Situation de la région d'El-Hachimia :

La région d'El-Hachimia est située à Sud-Ouest du chef –lieu de la Wilaya Bouira, séparée par une distance d'environ 19 km, reliée par la RW 127.

La région d'El-Hachimia a une superficie de 172 km².

Elle est limitée par :

- Nord : AIN EL HADJAR
- Nord –Ouest : AIN-BESSAM
- Nord –Est : OUED -EL-BERDI
- Ouest : EL-RAOURAOUA
- Est : AHL-EL KSAR
- Sud : EL-HAKIMIA
- Sud –Est : BORDJ OKHRISS
- Sud –Ouest : SOUR –GHOZLANE



Figure I.1 : Carte situation géographique du périmètre d'El-Hachimia (Source ONID)

Le périmètre d'El-Hachimia est limité au nord, par l'oued Bou Djaafar et au sud par la chaîne montagneuse de Sour-El-Ghozlane, à l'Est par l'oued d'Fahem et à l'Ouest par l'oued Kararif

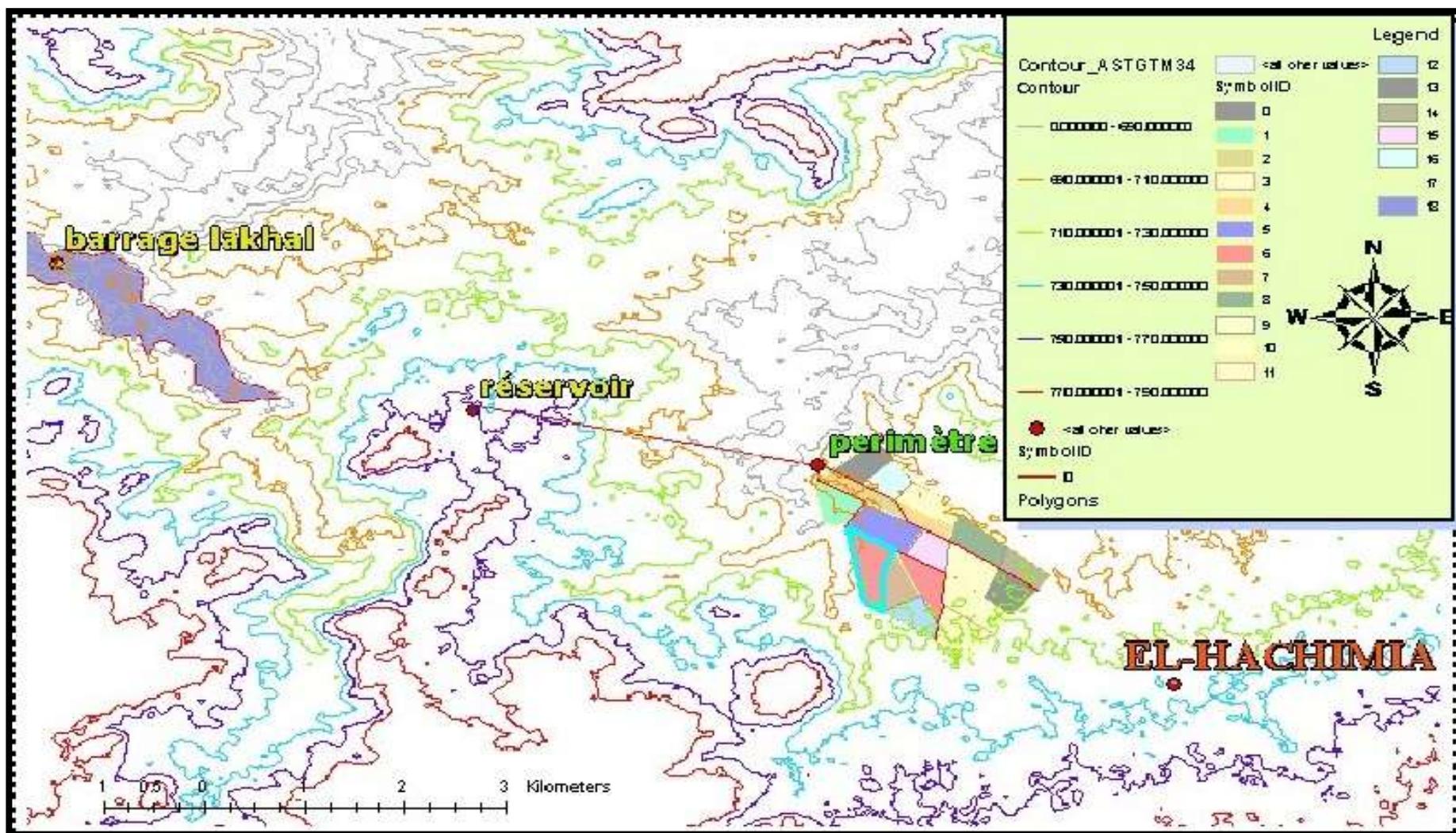


Figure I.2 : Carte situation administrative du périmètre d'El-Hachimia (Source ONID)

I.1.2-Situation de périmètre :

Le périmètre d'EL Hachimia, s'étend sur une superficie de 223 Hectares, il appartient au grand plateau de cette commune, et représentant dans le tableau suivant :

Tableau N°I.1 : Situation de périmètre.

Secteurs	plateau	périmètre
Superficie (ha)	2800	223
Altitudes (m)	715	700

Source: OP.I.BO Hachimia.

I.1.3 Caractéristiques des superficies du Périmètre d'EL-Hachimia:

- Superficies classées : 2800 ha.
- Superficies équipées : 2238 ha.
- Superficies irrigables : 1800 ha.
- Superficies irriguées : 800

Source : OP.I.BO d'Hachimia

I.2 L'étude climatologique

Introduction :

En Algérie, les données hydro climatiques sont en général fournies par des organismes publics tels que : l'agence national des ressources hydrauliques (A.N.R.H) et l'office national de la météorologie (O.N.M).

Pour les besoins du projet, nous avons pris les données disponibles de la station climatologique de l'office national de la météorologie (O.N.M), d'**Hachimia**.

I.2.1 Pluviométrie :

Les précipitations moyennes annuelles, représentées sont évaluées selon la moyenne pondérée dans notre station sont d'environ 428.05 mm, (Source la station Météorologique d'EL-Hachimia).

Chapitre 1 : Analyse des conditions naturelles

La répartition mensuelle des pluies de l'année 2016 est représentée sur le tableau suivant.

Tableau N°I.2 : Répartition mensuelle des pluies de

P (mm)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	an
Mois	50,6	51,4	112,1	31,3	68,7	3,4	0,3	0	23	9,7	27,6	49,9	428,05

Source : ONM EL-Hachimia de l'année (2016).

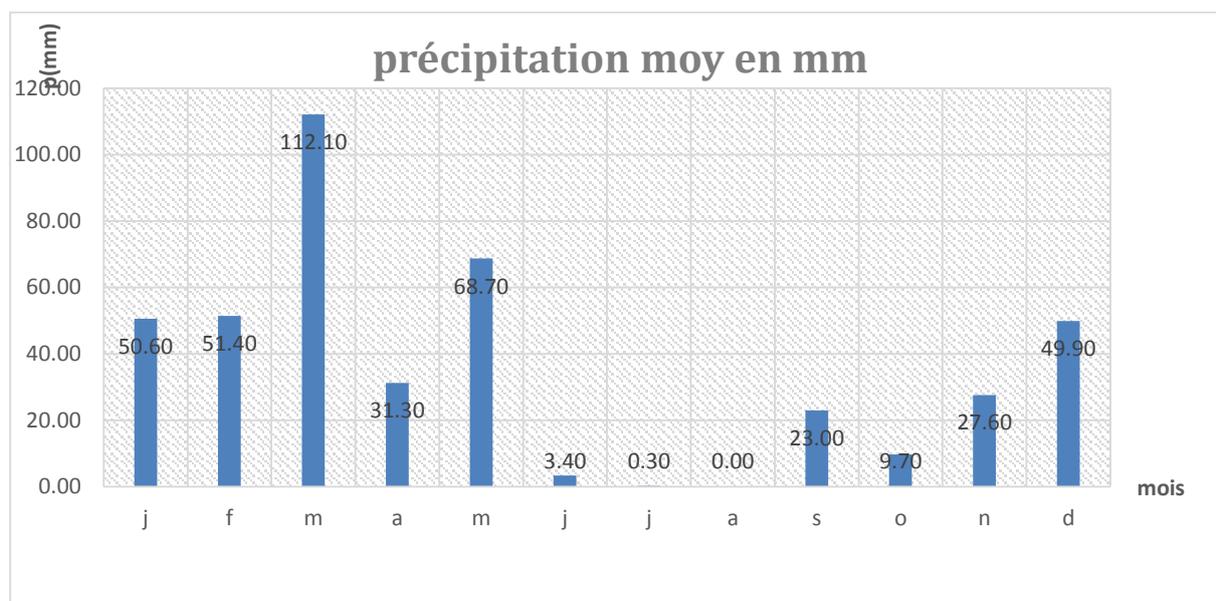


Figure I.3 : Graphique des pluies en (mm).

I.2.2 la température moyenne de l'air :

La distribution moyenne mensuelle de la température de l'année 2016 de l'air est représentée ci-après :

Tableau N° I.3 : les Températures mensuelles (C°).

Mois	Jan	fév	mar	avr	mai	jun	jui	aut	sep	oct	nov	déc	T.M
Tmin °C	0.9	-1.2	0.8	5.5	5.1	8	14.8	17	14	7.3	5.1	-0.4	6.4
Tmoy °C	10.7	10.4	11.2	16.9	19.3	23.5	27.5	28.5	25.2	20.3	15.3	8.8	18.2
Tmax °C	20.5	22	21.6	28.3	33.5	39	40.2	40	36.5	33.3	25.5	18	29.9

Source : ONM Hachimia de l'année (2016)

Chapitre 1 : Analyse des conditions naturelles

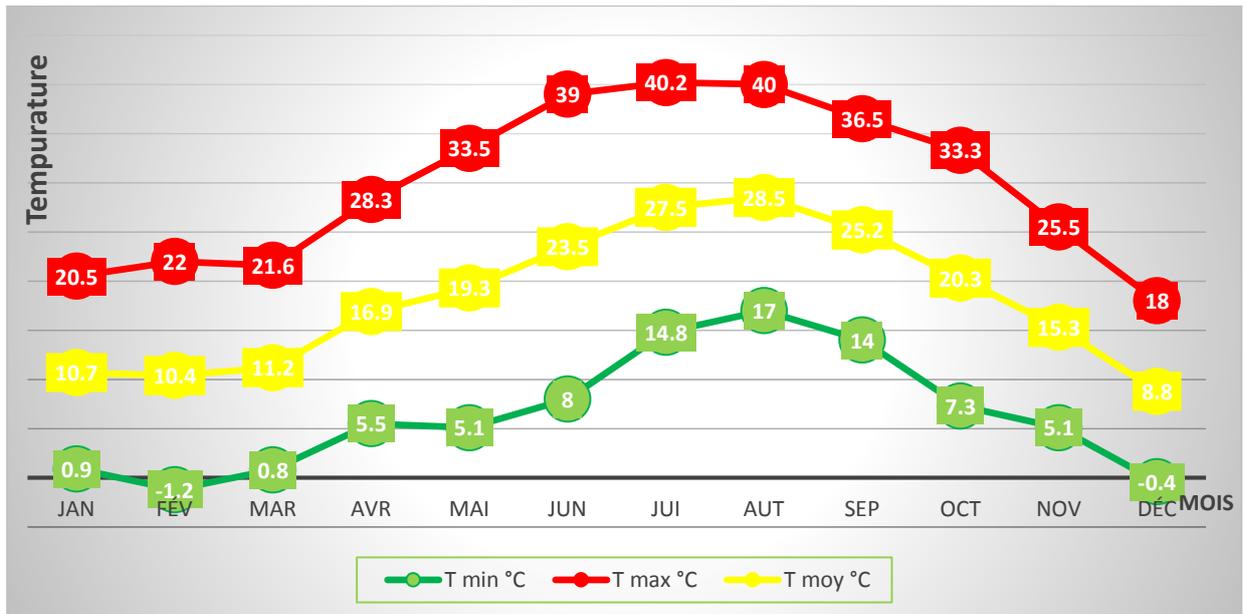


Figure I.4 : Graphique de la température moyenne mensuelle.

L'examen du tableau des températures moyennes mensuelles montre que :

- La valeur min de la température moyenne dans le mois décembre (8.8°C).
- La valeur max de la température moyenne dans le mois août (28.5°C).
- La valeur moyenne de la température (18.2 °C)

I.2.3 la température moyenne de sol :

La distribution moyenne mensuelle de l'année 2014 de la température de sol est représentée ci-après :

Tableau N°I.4 : Températures mensuelles moyennes du sol (°C).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	MO Y
T_smoy°C	3.6	3.8	3.1	5.1	7.71	12.4	16	17.5	16.1	11.6	8	0.3	8.77

Source : ONM Hachimia de l'année (2016).

Chapitre 1 : Analyse des conditions naturelles

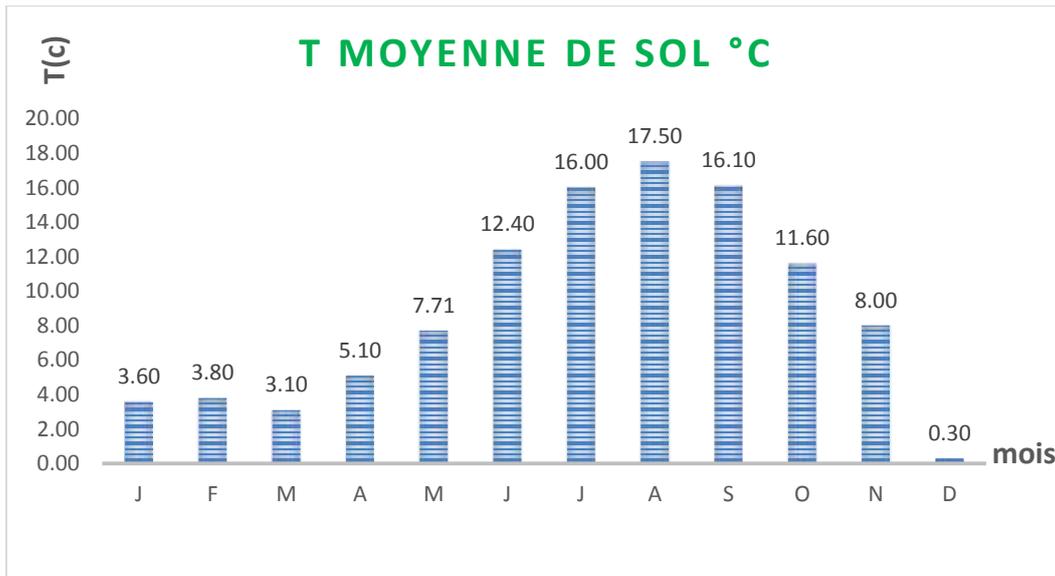


Figure I.5 : Graphique de la température moyenne de sol.

I.2.4 Humidité relative :

Les variations de l'humidité relative de l'air sont fondamentalement conditionnées par les variations de la température et par la nature des masses d'air locales.

On admet que la variation de la température de l'air provoque, en règle générale, une variation contraire de l'humidité relative de l'air.

La distribution spatiale des valeurs de l'humidité de l'air et variations journalières et annuelles, peuvent être modifiées par l'action des facteurs locaux

Tableau N°1.5 : l'humidité moyenne mensuelle relative (%) de l'année 2016.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy
Humidité(%)	71	65	75	69	66	32	40	41	55	51	62	87	58

Source : ONM El-Hachimia de l'année (2016).

Les valeurs minimaux se produisent entre (juin -oct) et le maximal entre (décembre – mars)

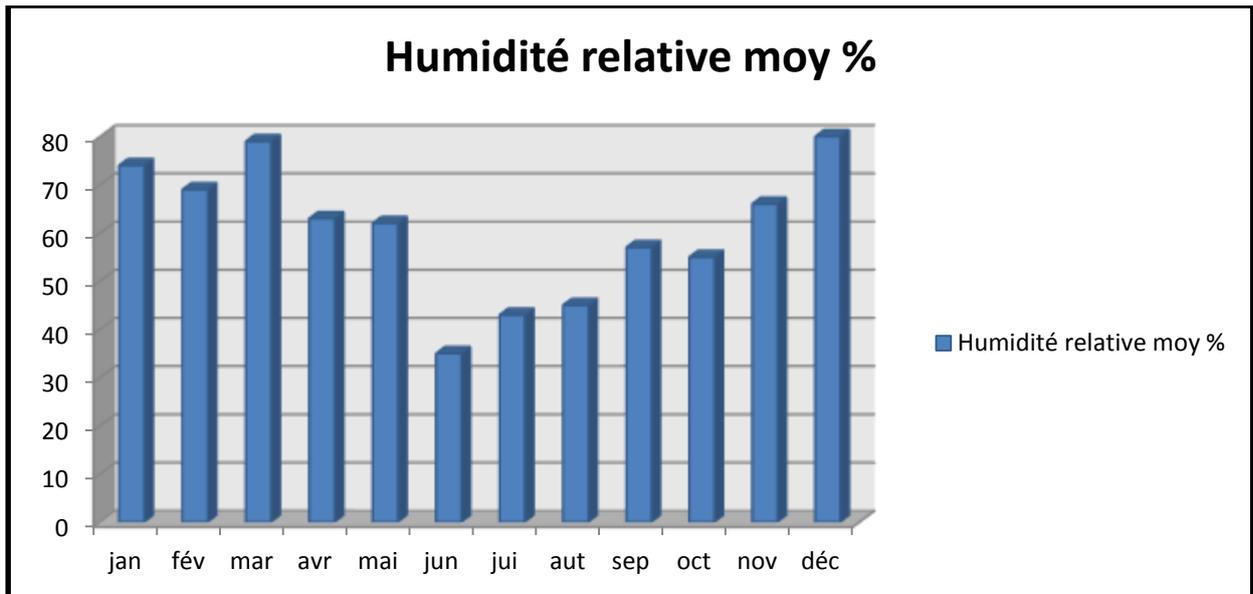


Figure I.6 : Graphique de l'humidité moyenne.

I.2.5 Le vent :

Le vent est un paramètre très important qui entre la projection du système d'irrigation surtout dans le cas où on utilise l'asperseur, il est caractérisé par sa direction et sa vitesse. Le tableau suivant représente les valeurs moyennes mensuelles de la vitesse de vent (m/s).

Tableau N° I.6 : Vitesses moyennes mensuelles du vent du vent (m/s) de l'année 2016.

mois	jan	févr.	mars	Avri	mai	juin	juil.	aout	sept	oct.	nove	déc	Moy
V (m/s)	4.6	4.7	4.1	3.3	3.0	3.1	3.05	3.3	3.2	3.1	4.4	3.9	3.8

Source : ONM El-Hachimia de l'année (2016).

L'analyse de ce tableau montre une stabilité des vitesses tout le long de l'année, elle varie de 3.1m/s à 4.8m/s ce qui nous permet de ne pas envisager des problèmes lorsque il y a une irrigation par aspersion.

Chapitre 1 : Analyse des conditions naturelles

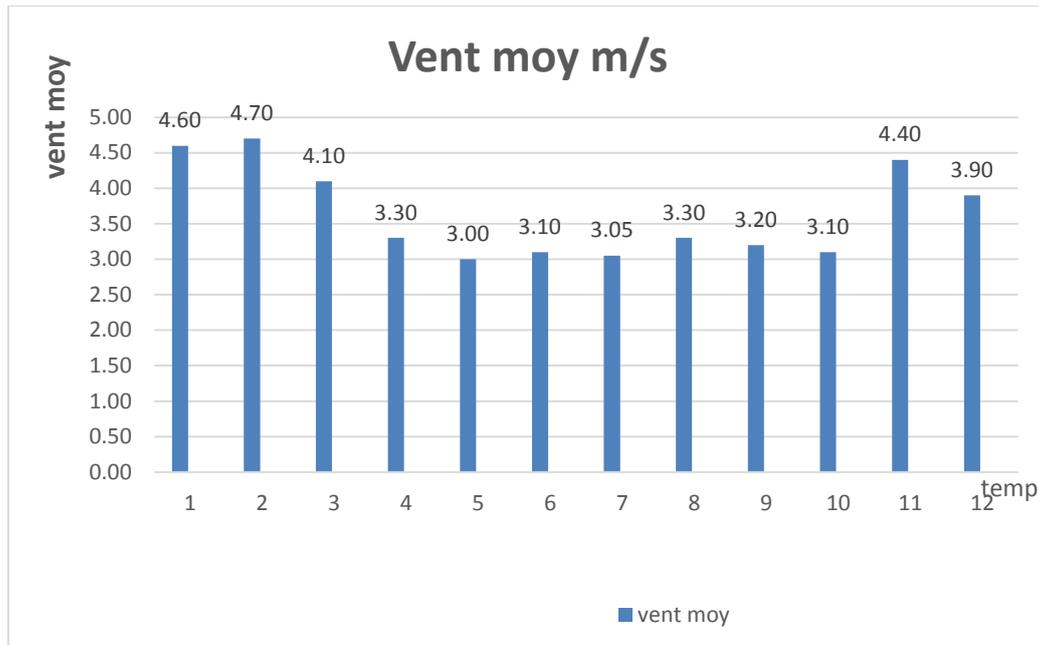


Figure I.7 : Graphique de vent moyenne.

I.2.6 Sirocco :

C'est un vent chaud et sec qui souffle du Sahara vers le littoral. Il est très néfaste pour les végétaux car il peut provoquer le flétrissement de la plante ainsi que les chutes de rendement, donc sa connaissance est primordiale pour le choix des espèces à préconiser dans le périmètre.

Les diverses valeurs observées sur les postes intéressant la zone d'étude sont présentées par le tableau ci-dessous

Nombre de jours moyens du sirocco relevé à la station d'El-Hachimia.

Tableau N° I.7 : Valeurs moyennes mensuelles du nombre de jours de sirocco de l'année 2016.

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc	Ann
N° de Jours	0	0	0	0	0	4	5	4	1	0	0	0	14

Source : ONM El-Hachimia de l'année (2016).

Le nombre moyen de sirocco varie entre 4 et 5 jours entre juin et Aout. La pointe observée dans le mois juillet en 5 jours et le total annuelle de 14 jours.

I.2.7 L'insolation :

L'insolation est un paramètre climatique que l'on utilise pour le calcul de l'évapotranspiration potentielle.

Chapitre 1 : Analyse des conditions naturelles

La durée moyenne mensuelle de l'insolation est celle calculée d'après les données de la station météorologique O.N.M d' El-Hachimia présenté dans le tableau suivant :

Tableau N° I.8 : durée moyenne mensuelle de l'insolation (h) de l'année 2016.

mois	janv	fev	mars	avri	mai	juin	juil	aout	sept	oct	nov	Déc
L'insolation (heurs)	180	183	211	300	349	325	378	358	252	259	154	156

Source : ONM El-Hachimia de l'année (2016).

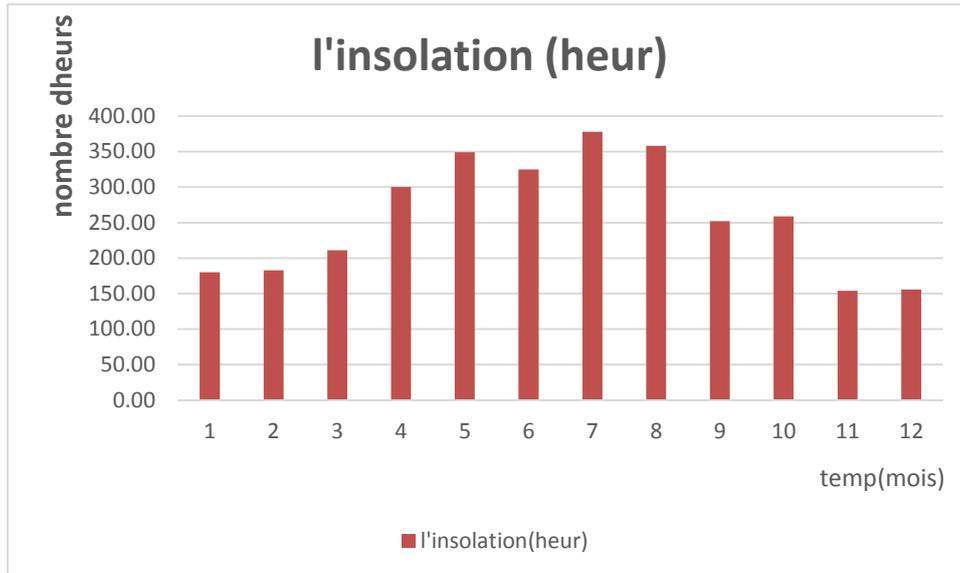


Figure I.8 : Graphique de l'insolation (heur).

I. 2.8 Les indices climatiques :

Le but de ce calcul c'est la détermination de type de climat et voir l'interférence des différentes variables de ce climat et leur action sur les plantes.

Ces formules se basent principalement sur deux facteurs essentiels : pluviométrie et température.

Les indices les plus connue sone ceux d'E.MARTON (1926) et E.EMBERGER (1932).

I.2.8.1 L'indice d'aridité de MARTON :

Cet indice permet de préciser le degré de sècheresse de la région et par conséquence de renseigner sur l'indisponibilité de l'irrigation.

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

Chapitre 1 : Analyse des conditions naturelles

- **IA** : indice d'aridité de MARTON.
- **P** : précipitation moyenne annuelle.
- **T** : température moyenne annuelle.

Avec : P= 428,05 mm et T= 16.9 °C

$$\text{A.N: IA} = \frac{428,05}{16,9+10} = 15,91$$

Les limites des climats d'après l'indice climatique de MARTONNE sont donnée dans le tableau ci-dessous :

Tableau N° 9 : Classification du climat selon MARTON.

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

Source : Bulletin n°24 FAO.

Selon la classification de MARTON, notre climat est sec, ce qui rend l'irrigation **Souvent indispensable**.

I.2.8.2 Quotient pluviométrique d'emberger :

Cet indice a pour but de déterminer l'étage bioclimatique. Il est déterminé par la formule d'EMBERGER :

$$Q = \frac{1000.p}{\frac{M+m}{2} \cdot (M-m)} = \frac{2.1000.p}{M^2 - m^2} \dots\dots\dots(\text{I-2})$$

Q Quotient pluviométrique d'EMBERGER

- P : Précipitation moyenne annuel mm
- M : Température moyenne maximale du mois le plus chaud en K° (degré kelvin)
- m : Température moyenne minimale du mois le plus froid en K°

Avec

- P : 428,05 mm
- M : 40.2 °C
- m : 0.9 °C

Chapitre 1 : Analyse des conditions naturelles

On aura

$$Q = \frac{2.1000.444}{(40.2 + 273)^2 - (0.9 + 273)^2} = 36.5mm$$

On a $Q = 38.17 \text{ mm}$ et $T_{min} = 0.9 \text{ }^\circ\text{C}$

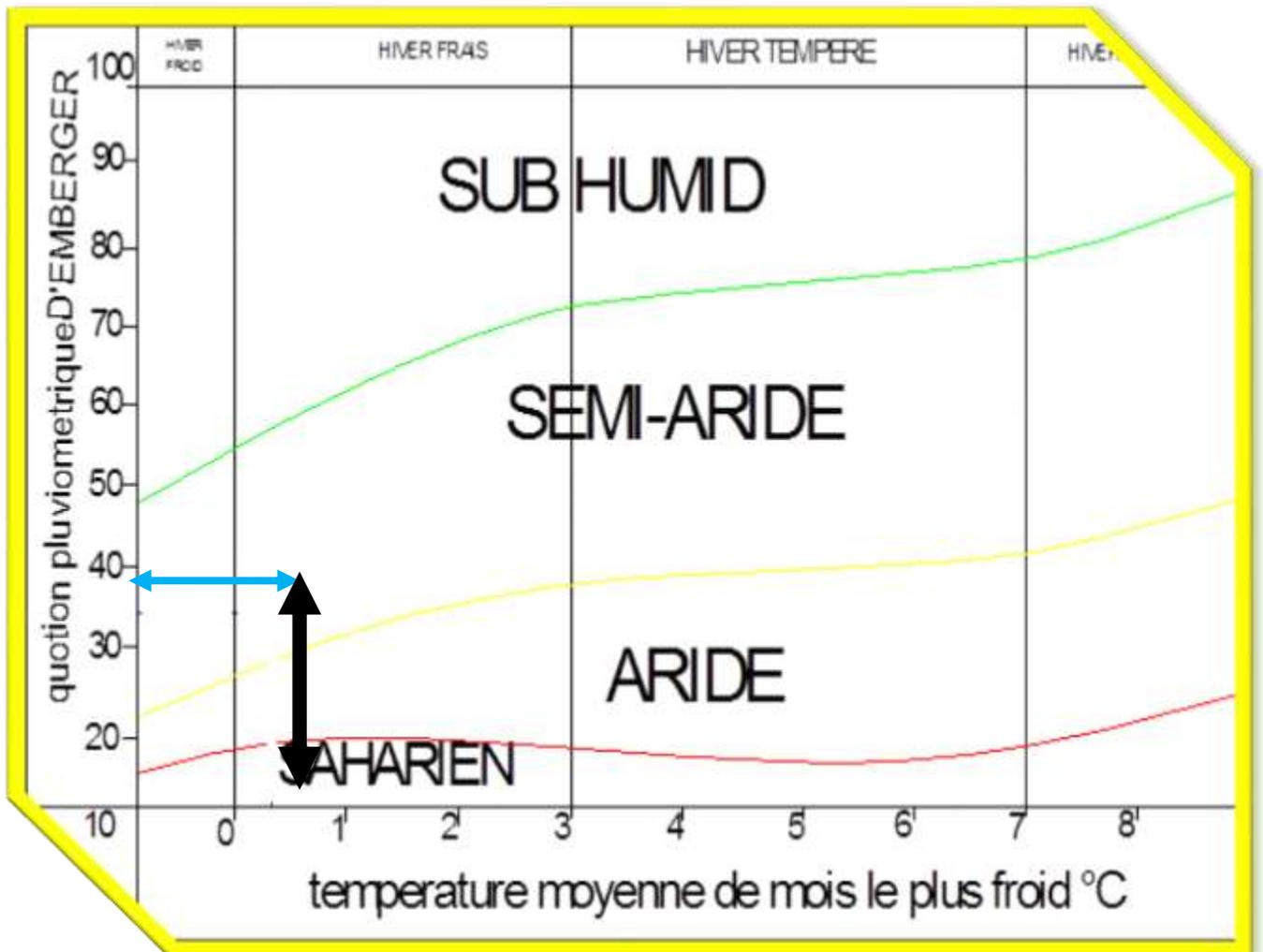


Figure I.9 : Diagramme bioclimatique d'Emberger.

Emportant la valeur de(Q) dans le diagramme bioclimatique d'EMBERGER.

En fonction de la température moyenne minimale de mois le plus froid, on peut confirmer que notre région est située dans la région **semi-aride**.

I.2.8.3 Climogramme pluviométrique de BAGNOULSETGAUSSEN :

Il est établi selon la méthode mise au point par F.BANGNOULS et GAUSSEN ce diagramme nous permettra de valuer de saison sèche et humide, et sa position dans le temps, en faisant intervenir la pluviométrie et la température sur un même graphique. (Voir figure I.9)

Chapitre 1 : Analyse des conditions naturelles

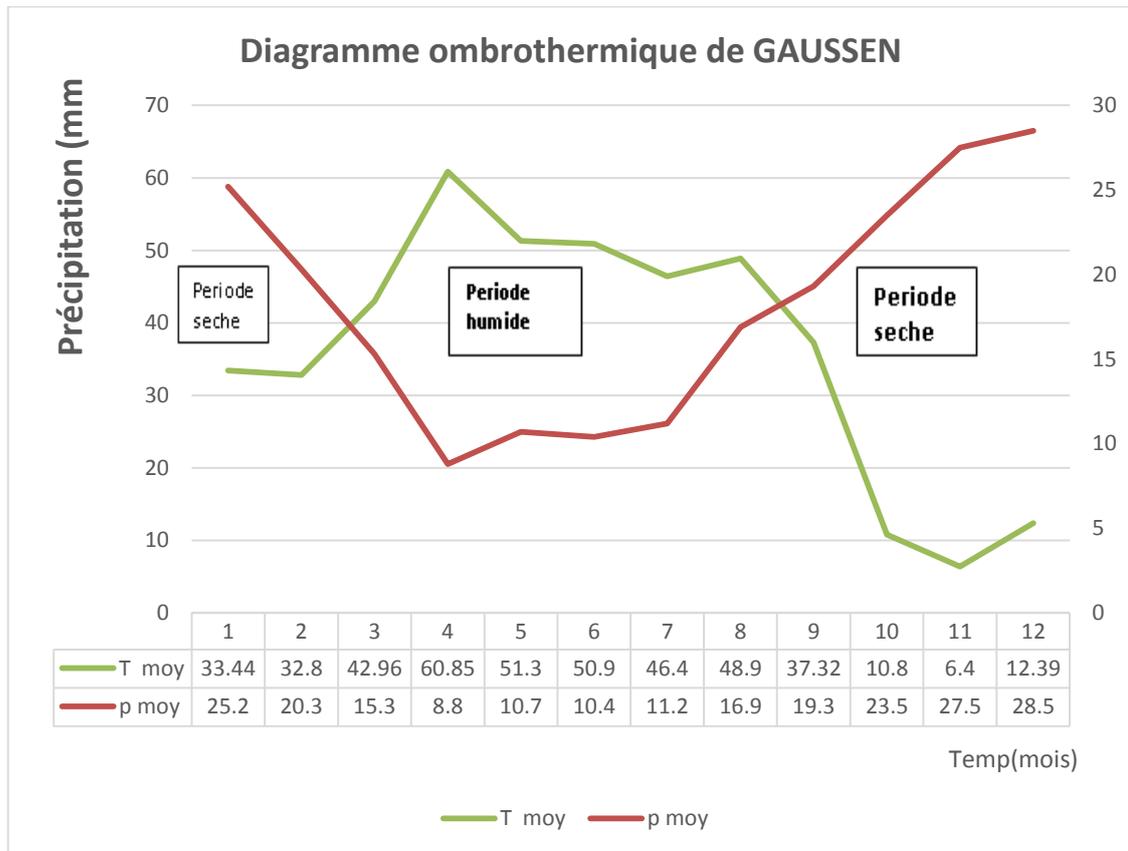


Figure I.10 : Climmogramme pluviométrique de GAUSSEN.

Description de graphique :

D'après le graphe on remarque les deux courbes et la surface délimitée mesure l'intensité de la saison sèche et la saison humide, la différence des abscisses nous donne la durée de la saison humide est de 5 mois allant de mois novembre jusqu'à de mois mars et la saison sèche est de 7 mois allant de mois avril jusqu'à de mois octobre.

I.3 Ressources en eau d'irrigation :

Introduction :

L'alimentation de périmètre est assurée par le barrage Lekehel et par les eaux souterraines.

I.3.1 Les ressource des eaux d'irrigation :

I.3.1.1 Les eaux superficielles :

Chapitre 1 : Analyse des conditions naturelles

Les eaux à usage agricoles sont puisées à partir du barrage Lekhel et acheminées à la station de pompage à travers une conduite d'amenée de Ø 600 mm en acier et long de 200 m, reliée directement à la vidange de fond de la retenue, La station de pompage se trouve en aval du barrage.

a) Les caractéristiques du barrage Lekhel :

Le barrage LEKHEL se trouve à 8.61 km au Ouest - Nord de la ville d'El-Hachimia Il s'agit d'un plan d'eau d'une superficie totale de 5 km² et alimenté par l'Oued Lekhel et tributaire du bassin versant des monts Dirah. Il comprend les ouvrages suivants :

- Une digue de 45 m de hauteur.
- Une crête d'une longueur de 600 m et de 8 m de largeur.
- Un évacuateur de crue (trop plein).
- Une vidange de fond de 5 m et de 260 m de longueur.
- Quatre (04) prises d'eaux – Trois (03) réservées exclusivement à l'irrigation et une autre destinée initialement à l'A.E.P.
- Une tour de prise de 35 m de hauteur et de 4 de diamètre, conçue sur la galerie de la vidange du fond.

Côtes de niveaux :

- Cote de crête minimum 667.75 m.
- Cote normale de la retenue 684.40 m.
- Capacité du barrage : 30 millions m³.
- Volume régularisable : 17 millions m³.

b) Qualité de l'eau à usage agricole :

L'eau du barrage **Lakhel** est une eau brute, alimentée par l'Oued Lakhel long de 18 km, grossit généralement par les crues et tributaire du bassin versant des Monts de Dirah, couvrant une superficie totale 25 km². Il s'agit d'une eau de pluie, riche en azote, en phosphore et plusieurs éléments nutritives, stockées dans le plan, ce favorise le phénomène d'eutrophisation, ce qui conduit à dire que la qualité de l'eau du barrage Lakhel, au vu de l'accumulation du phosphore et l'augmentation des algues, génèrent la diminution de la transparence de cette eau. En parallèle, l'augmentation des quantités des matières organiques (Envasement évalué à 05 Hm³) provoque la diminution de l'oxygène dissoute en profondeur.

Chapitre 1 : Analyse des conditions naturelles

A cette condition, le phénomène de changement de la biodiversité est de mise. La lutte contre ce phénomène serait de procéder au reboisement autour du barrage pour éviter l'érosion et les affaissements des berges et par obligation l'instauration d'un programme contrôlé pour la vidange du barrage (Augmentation du taux d'oxygène à la survie de la faune et la flore).

c) La station de pompage :

- Localisation : En aval du barrage.
- Date de mise en service : 1988.
- Nombre de pompe : 03 pompes + 01 en réserve.
- Type des pompes : axe horizontale.
- Partie mécanique : SIMENS – Belgique.
- Partie pompe : KSB- ALLEMAGNE.
- Débit total := 1605 l/s - Débit pompe : 535 l/s
- HMT : 116 m
- Anti-Bélier : Capacité 25 m³ – 1/3 : Air – 2/3 : Eau

I.3.1.3 bassin d'irrigation :

Le bassin d'irrigation est localisé à la sortie Nord de la commune d'EL-Hachimia Il est implanté selon un choix géographique sur le point le plus haut par rapport à l'élévation des secteurs d'irrigation (Réseau Hydraulique). Il sert de réservoir de stockage de l'eau refoulée à partir de la station de pompage pour ensuite à être distribué dans la périmètre.

Caractéristiques de bassin d'irrigation :

❖ Bassin d'irrigation.

- Localisation : El-Hachimia.
- Capacité : 3000 m³.
- Type : au sol.
- Forme : rectangulaire
- Logeur : 30 m.
- Largeur : 20m.
- Profondeur : 4m.
- Provenance de l'eau : adduction SP.

❖ Côtes de Niveaux

Chapitre 1 : Analyse des conditions naturelles

- Côte de la berme : 767m.
- Côte niveau : 766.5 m.
- Côte de fond : 664 m.

I.3. 1.4 Les eaux souterraines :

La nappe phréatique du périmètre des Arribs s'étend sur une grande superficie de plus de 25 km², englobant en grande partie (3/5) le territoire de la commune d'El-Hachimia agricole, une petite partie (1/5) de la Commune de Sidi Hamza, et le reste (1 /5) se trouve dans la commune d'El-Hachimia. Les eaux sont localisées à une profondeur à moins de 15 m, loin de la couche active du sol, son niveau ne peut en aucun cas influencer le profil du sol ni de provoquer un lessivage.

I.4 Etude géologique :

Le bureau Bulgare, chargé de l'étude du projet de la construction du barrage Lakhel. Après des forages et des puits dans plusieurs zones, ont supposés une composition de strates en cuvettes concentriques, mais avec des objets complexes comme des failles. Les formations du relief se situent dans les couches du Paléogène (ère tertiaire) et ont été apprêtées par l'érosion, ce qui donne que la plaine toute en entière est constituée d'alluvions des Oueds. Les plus anciens dépôts sont des sables et des argiles si on tient compte du point de vue pédologique des types de sols existants dont les moins fertiles se situent dans la région d'el-Hachimia, des sols extrêmement lourds et compacts. Par contre, il y'a lieu de citer les sols se trouvant dans le plateau del-Hachimia, des sols sableux secs et très drainants. Ils sont peu (ou pas du tout) aptes à transporter l'eau depuis les couches profondes par capillarité. En parallèle, les forages exécutés confirment que le sous-sol de la plaine de perimètre se caractérise par la présence de nombreuses carrières de calcaire, de Schiste et de gypse. En définitive, l'étude géologique que le périmètre d'EL-Hachimia est composée dans sa base de marnes et d'argiles calcaires qui

Chapitre 1 : Analyse des conditions naturelles

dans leur plus grande partie recouvertes de formation quaternaire encroutement, gravier, matériaux argileux et sableux et des argiles.

La zone étudiée se caractérise par un relief plat et accidenté avec une pente de (5 à 8) %. Un relief présente du point de vue topographique les caractéristiques de modération cependant coupé par des routes, des points d'eau et des lignes électriques (Lignes ternes).

Le périmètre d'El-Hachimia occupe une zone d'affaissement de terrains bien marqués qui coïncident avec l'axe d'un anticlinal de direction Est-Ouest. Le noyau de l'anticlinal est constitué de roches de l'âge cétaqué inférieurs (Apto-barrémien).

Conclusion :

Le présent chapitre est consacré à définir la nécessité de délimiter la surface d'étude (223Ha) en y tenant compte carrément de la situation géographique de la région de Sidi Hamza, suivie de l'étude approfondie en ce qui concerne les caractéristiques des superficies du plateau d'. Ensuite, l'étude par documentation de la climatologie avec la prise en compte de tous les aléas naturels qui confirment à juste titre la semi-aridité de la région. . En parallèle, une telle définition exige de prendre en compte la connaissance parfaite des ressources en eaux disponibles pour l'irrigation et la connaissance des eaux souterraines (nappe phréatique) dans le but de garantir la maîtrise parfaite de tous les calculs hydriques suivant le descriptif des capacités de pompage et de stockage des eaux . Dans le but de parfaire notre travail, nous avons mis en évidence l'étude géologique de la région.

Chapitre II

Etude hydrologique

Chapitre 2 : Etude Hydrologique

Introduction :

Avant l'implantation du réseau d'irrigation, il est impératif de connaître avec précision le bilan hydrique de la région supposée être la zone d'étude afin de déterminer le déficit sur les cultures pratiquées et de conclure les besoins en eau, nets et brutes pour définir le volume réel des besoins en eau d'irrigation.

Effectivement le bilan hydrique révèle toutes les données de l'année hydrologique sous réserves d'une probabilité n'excédant pas les 80% des données effectives. A cette condition il est nécessaire de prendre en compte une période pluviométrique étalée sur une quarantaine d'année (40 ans) dans la région D'EL-Hachimia, Lieu d'étude de mon projet pour la réalisation d'un réseau hydraulique à mode aspersion. Cette initiative, dans l'étude pluviométrique à 40 années, pour nous permettre d'avoir une moyenne sur le taux de pluviométrie à prendre en compte éventuellement dans le but de connaître avec précision les années de fortes et de faibles précipitations, nécessaires au calcul des besoins en eau. Donc, l'apport à un test d'homogénéisation (test de Wilcoxon) est utile pour faire une étude fréquentielle à loi normale, ou à la loi log normal pour le choix de celle qui convient le plus à la série traitée. Telle est en résumé le but de cette appréciation de taux moyen de pluviométrie spécifique dans la région D'EL-Hachimia

II.1Présentation de la station pluviométrique :

Toutes les données suivantes sont recueillies auprès de la station météorologique d'EL-Hachimia relevant de l'Office National de la Météorologie (O.N.M).

Les caractéristiques se résument ainsi :

Tableau II.1 : Coordonnées de la station météorologique El Hachimia.

Nom de la station	Coordonnées UTM		Altitude (m)	Période d'observation	Nombre d'années observées
	Latitude	Longitude			
El Hachimia	36° 14' E	3° 50' N	700	1977-2016	40

L'Office National Météorologique (ONM)

La série des précipitations de la station de «El Hachimia» est donnée au tableau ci-dessous :

Chapitre 2 : Etude Hydrologique

Tableau II.2 : Répartition mensuelle et annuelle des pluies

année	Jan	fev	Mars	avril	mai	Juin	juil	aout	sep	oct	nov	dec	annuel
1977	12.03	40.2	57.9	7.8	57.5	22.01	0.8	14.4	53.8	15	30.7	1.8	313.94
1978	33.6	70.9	26.5	81.9	58.5	20.7	47.4	14.4	14.1	1.1	73	24.6	466.7
1979	35.18	10.4	0	81	33.5	0	0	2.6	46.9	51.1	25.5	38.1	324.28
1980	51.5	31.2	48	91.2	45.2	9.2	0	6.1	4	6.1	63.9	13.8	370.2
1981	33.4	133.8	43.4	38.4	6.4	15.4	0	9.5	2.3	54.2	51.8	5	393.6
1982	64.07	22.3	45.6	60.6	32.1	0.3	0	1.5	69.9	51.9	46.2	12.4	406.87
1983	6.7	59.1	31.1	61.8	11.3	5.1	0	36.3	7.2	15.6	54.7	124.3	413.2
1984	143.7	68.1	38.2	38.4	47.8	11.7	1.5	2	13.5	19.5	5.5	64.1	454
1985	0	34.2	13.1	30.3	7.8	2.8	19.3	25.6	30	60.6	80.9	41	345.6
1986	53.6	55.9	26	42	20.4	13.8	0	0	0.2	3.9	13.4	24.4	253.6
1987	41	35.2	67.7	7	54.8	1.8	2.8	0	3.1	45.2	30.1	81	369.7
1988	51.4	30.7	140.5	15.1	4.8	9.7	0	0.6	35.1	19.8	38.8	57.6	404.1
1989	70.7	83.8	9.5	9.1	8.4	4	5.3	4.3	12.8	45.9	49.7	83.7	387.2
1990	15.8	22.7	43.7	45.5	23.5	10.5	0	0	6.6	29.7	42.9	24.2	265.1
1991	23.9	20.3	62.2	92.4	15.6	22.4	17.4	42.1	23.7	16.6	24	230.4	591
1992	38	0	38.4	58.5	52.1	0	68	0.9	29.2	19.2	0	14.9	319.2
1993	29.9	112.4	104.2	36.3	32.8	6.5	0	8.8	12	25.5	38.2	78.6	485.2
1994	81.3	8.9	61.5	111.1	107	17.1	8.5	2.1	5.9	66	11.8	6.1	487.3
1995	15	23.6	15.65	25.3	38.4	7	3	11.2	14.4	40.3	81	32.3	307.15
1996	5.6	46	1.7	44.8	8.1	0.7	0.1	18.2	68.2	14.4	18.5	84	310.3
1997	170.2	39.3	101.9	18.9	3.5	17.6	0	36.2	91.3	61.8	32.1	36	608.8
1998	58.5	93.5	26.6	68.3	50.8	12.4	13.05	8.5	12.6	57.9	8.9	25	436.05
1999	33.9	14.2	10.5	56.7	22.1	19.6	3.5	24.5	20.1	13.1	23	40.4	281.6

Chapitre 2 : Etude Hydrologique

2000	11.9	57.4	16.9	45.6	133.9	4.5	0	4	47.6	59.5	71.3	47.5	500.1
2001	42.3	28.2	90.9	0	33.7	4.1	0	10.9	45.8	43.6	83.1	41.3	423.9
2002	3.4	1.3	12.7	26.6	34	0.3	0	2	38.7	16.2	25.5	132.2	292.9
2003	148.3	25.3	5	49	8	2.5	0	2.1	33	81.8	34.8	53.4	443.2
2004	22.7	26.8	14.5	14.1	20.4	0.5	7.5	77.3	78.1	3.6	10.3	12	287.8
2005	205.1	88.2	7.7	105.4	16	13.6	10.2	40.9	21.1	10.5	136.3	185.8	840.8
2006	72.1	16.1	38.7	59	131.7	4	3.2	4.5	60.4	67.8	40.7	123.1	621.3
2007	26	57.7	25.3	21.6	10.5	10.5	11.6	3.8	48.5	23.4	35.3	84.7	358.9
2008	116	61.1	30.3	58.9	69.6	12.7	4.6	2.7	17.8	60.8	41.2	91.5	567.2
2009	6	54.3	178.6	101.2	24.1	18.2	0	7.5	34.2	0	29	56.5	509.6
2010	11.6	17.5	20.2	31.1	66.9	24.6	5.7	2.5	65.8	82.4	72.8	39.1	440.2
2011	97.1	23.9	74.9	90	20.8	2.5	1	13.9	78.5	36.9	53.8	60.1	553.4
2012	42	86	62.2	23.1	45.7	19.8	0	32.7	106.1	9.8	103	63.6	594
2013	37.7	116.4	60.9	116.2	100.7	25.9	0	10.5	6.1	63.3	91.9	30.3	659.9
2014	35.2	38.8	97	0.6	9.4	56.5	0.4	2.9	37.4	18.3	38	109.5	444
2015	67.1	102.2	35.5	2	17.8	15.8	0	0.8	38.8	49.5	34.5	0	364
2016	50,6	51,4	112,1	31,3	68,7	3,4	0,3	0	23	9,7	27,6	49,9	428,05
Moy	51.3	50.9	46.4	48.9	37.32	10.8	6.4	12.39	33.44	32.8	42.96	60.85	434.59

II.2 Vérification de l'homogénéisation de la série pluviométrique :

Dans le cadre de l'étude hydrologique, nous avons vitrifié toutes les données recueillies auprès de la station météorologique El Hachimia afin de faire à comparatif selon les formules du test d'homogénéisation pour conclure des résultats qui m'ont servies de base de calcul. De ce fait, il est utile de signaler que l'analyse hydrologique a été basée sur l'exploitation de toutes les données nécessaires pour effectuer le test.

Chapitre 2 : Etude Hydrologique

A l'effet de l'existence de plusieurs tests, notre cas est effectué suivant le **test des rangs** ou **test de Wilcoxon** car il est supposé être le plus puissant des tests non paramétriques qui se basent sur le principe suivant :

La première phase consiste à prendre en compte la série d'origine de taux réel de pluviométrie annuel englobant la période effective de quarante (40) années (Station météorologique El Hachimia).

La série original est divisée en deux (02) séries X et Y avec $Y > X$ dans le but de classé cette série en ordre décroissant pour localiser les valeurs, correspondent à X ou celles de Y en rapport a N_1 valorisant la taille de Y, supérieure à N_2 relatif à la taille de X.

Ensuite, l'utilisation des formules du test d'homogénéisation pour connaitre si la série est homogène ou pas, en tenant compte de la probabilité supposée a 95% dans la formule de test de Wilcoxon, d'où la relation suivante :

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

$$W_x = \sum (\text{Rang}_x) \dots (\text{II.1})$$

W_x : Somme des rangs des sous série (x)

$$W_{\min} = \left[\left(\frac{(N_1 + N_2 + 1) \times N_1 - 1}{2} \right) - 1,96x \left(\frac{N_1 \times N_2 (N_1 + N_2 + 1)}{12} \right)^{0,5} \right] \dots (\text{II.2})$$

$$W_{\max} = [(N_1 + N_2 + 1) \times N_1 - W_{\min}] \dots (\text{II.3})$$

Chapitre 2 : Etude Hydrologique

Le tableau suivant détaille le calcul selon test d'homogénéisation :

Tableau II.3 : Test d'homogénéité de Wilcoxon.

N	série d'origine	série- Y	série -X	TRRI	Y U X
1	313.94	313.94	436.5	840.80	X
2	466.7	466.7	281.6	659.90	X
3	324.28	324.28	500.1	621.30	X
4	370.2	370.2	423.9	608.80	Y
5	393.6	393.6	292.9	594.00	X
6	406.87	406.87	443.2	591.00	Y
7	413.2	413.2	287.8	567.20	X
8	454	454	840.8	553.40	X
9	345.6	345.6	621.3	509.60	X
10	253.6	253.6	358.9	500.10	X
11	369.7	369.7	567.2	487.30	Y
12	404.1	404.1	509.6	485.20	Y
13	387.2	387.2	440.2	466.70	Y
14	265.1	265.1	553.4	454.00	Y
15	591	591	594	444.00	X
16	319.2	319.2	659.9	443.20	X
17	485.2	485.2	444	440.20	X
18	487.3	487.3	364	436.10	X
19	307.15	307.15	428,05	428.05	X
20	310.3	310.3		423.90	X

Chapitre 2 : Etude Hydrologique

21	608.8	608.8		413.20	Y
22	436.05			406.90	Y
23	281.6			404.10	Y
24	500.1			393.60	Y
25	423.9			387.20	Y
26	292.9			370.20	Y
27	443.2			369.70	Y
28	287.8			364.00	X
29	840.8			358.90	X
30	621.3			345.60	Y
31	358.9			324.30	Y
32	567.2			319.20	Y
33	509.6			313.90	Y
34	440.2			310.30	Y
35	553.4			307.10	Y
36	594			292.90	X
37	659.9			287.80	X
38	444			281.60	X
39	364			265.10	Y
40	428,05			253.60	Y

Chapitre 2 : Etude Hydrologique

La répartition des valeurs du tableau ci-dessus, donne les résultats suivants :

Tableau II.4 : Résultats du test de Wilcoxon

N_1	N_2	W_{min}	W_x	W_{max}
21	19	316.63	318	462.37

Donc : $316.63 < W_x < 462.37$

Les conditions des calculs contenus dans la formule de **Wilcoxon** précisent l'homogénéité de la série des précipitations moyennes annuelles de la station D'EL Hachimia

II.3 Etude de l'échantillon et choix de la loi d'ajustement :

II.3.1 Loïs d'ajustement :

L'étude en général exige l'apport des lois d'ajustement étant donné que la pluviométrie repose sur diverses lois statistiques d'où on utilise dans le cadre de notre projet, les lois d'ajustements qui garantissent les meilleures adaptations en référence à notre choix d'utiliser :

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

En raison, de leurs critères d'ajustements graphiques, de leurs tests d'adéquation et leurs allures de points sur des papiers à probabilité, ce qui nous a permis en priorité de faire ce choix sur la base de la formule de probabilité empirique $F[X(k)] = (k-0.05) / (n+0.90)$ appliqué comme indice de calcul dans le logiciel **HYFRAN** et selon les lois d'ajustements : Loi Normale et Loi log-normale.

II.3.1.a) Ajustement à la loi normale (gauss) :

L'ajustement des séries selon la loi normale (loi de Gauss) s'adapte parfaitement pour parvenir à des résultats précis des pluies moyennes annuelles. En effet sa fonction de répartition s'effectue sous la forme suivante :

$$F(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u \text{Exp} \left(\frac{-1}{2 \times \mu^2} \right) \dots \dots \dots \text{(II .4)}$$

- $F(u)$: Fréquence au non dépassement
- u : est la variable réduite de gauss.

Chapitre 2 : Etude Hydrologique

Elle est donnée par

$$U = \frac{X - \bar{X}}{\delta} \dots\dots\dots (\text{II .5})$$

La transformation $X = \bar{X} + \delta U$ est l'équation de la droite de Henry sur papier à probabilité Gauss.

.Les résultats de l'ajustement de la série des pluies moyennes annuelles de la station D'EL Hachimia sont regroupées dans le tableau ci-dessous avec présentation graphique sur le papier Gauss au-dessous :

Chapitre 2 : étude Hydrologique

Tableau II.5 : Les résultats d'ajustement à la loi normale(Gauss)

Ajustement Normal					
Station : El Hachimia					
Résultats de l'ajustement Normale (Maximum de vraisemblance)					
Nombre d'observations : 40					
Paramètre :					
mu : 433.097					
sigma : 125.146					
Quantiles :					
q = F(X) (probabilité au non-dépassement)					
T = 1/ (1-q)					
T	Q	XT (mm)	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)	
10000.0	0.9999	898.5	56.29	788.2	1009
2000.0	0.9995	844.9	50.65	745.6	944.2
1000.0	0.9990	819.9	48.06	725.7	914.1
200.0	0.9950	755.5	41.52	674.1	836.9
100.0	0.9900	724.3	38.45	648.9	799.7
50.0	0.9800	690.2	35.20	621.2	759.2
20.0	0.9500	639.0	30.58	579.0	698.9
10.0	0.9000	593.5	26.86	540.8	646.2
5.0	0.8000	538.4	23.10	493.1	583.7
3.0	0.6667	486.9	20.71	446.4	527.5
2.0	0.5000	433.1	19.79	394.3	471.9
1.4286	0.3000	367.5	21.13	326.1	409.0
1.2500	0.2000	327.8	23.10	282.5	373.1
1.1111	0.1000	272.7	26.86	220.0	325.3
1.0526	0.0500	227.2	30.58	167.3	287.2
1.0204	0.0200	176.0	35.20	107.0	245.0
1.0101	0.0100	141.9	38.45	66.53	217.3
1.0050	0.0050	110.7	41.52	29.29	192.1
1.0010	0.0010	46.33	48.06	47.88	140.5
1.0005	0.0005	21.27	50.65	78.03	120.6
1.0001	0.0001	-32.34	56.29	142.7	78.02

Chapitre 2 : étude Hydrologique

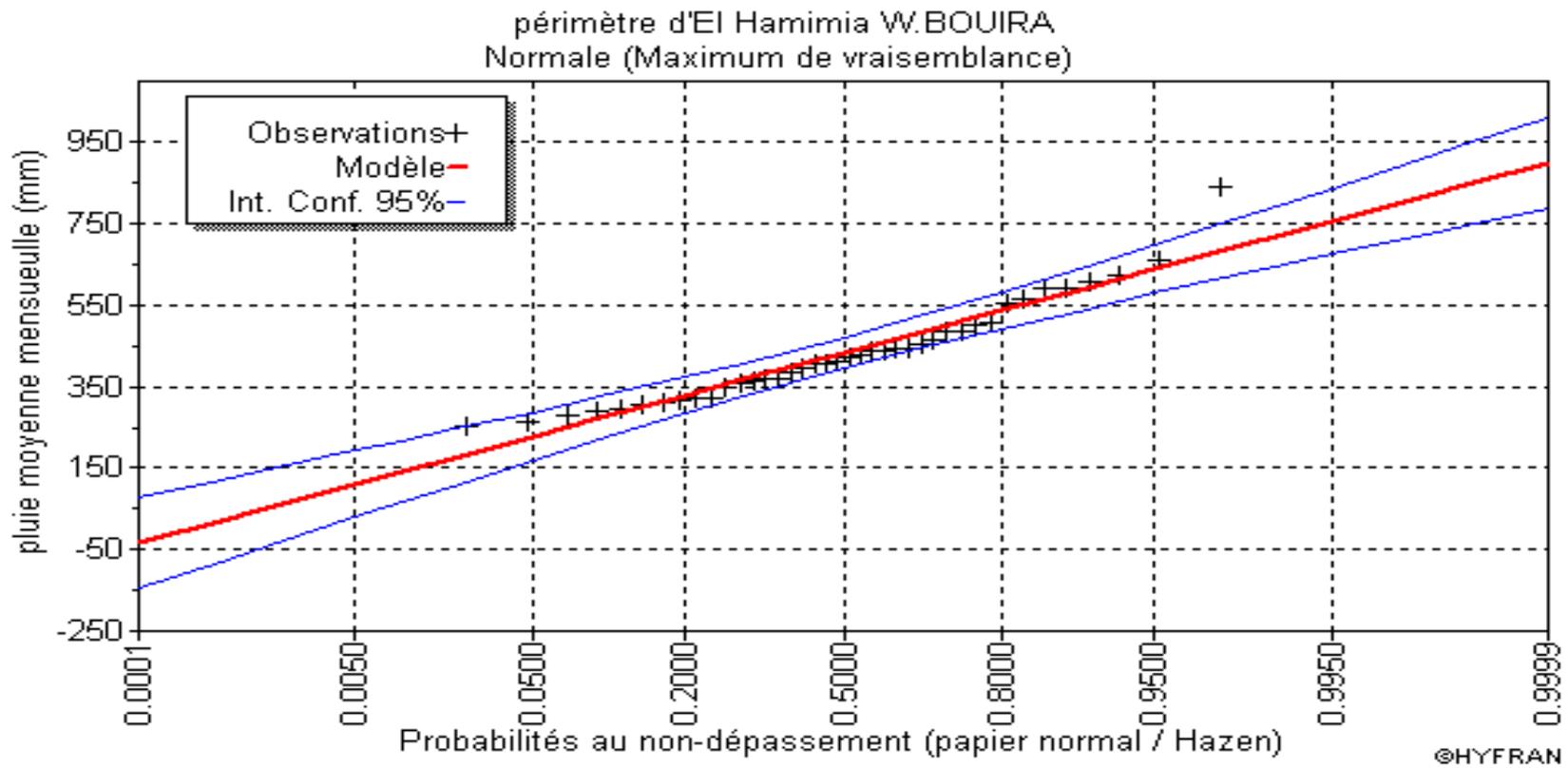


Figure III.2 : Allure des points sur le papier à probabilité d'ajustement à la loi normale(Gauss).

Chapitre 2 : étude Hydrologique

II.3.1.b) Ajustement à la loi log-normale (Galton) :

Les résultats de l'ajustement de la série des pluies moyennes annuelles de la station El Hachimia sont regroupés dans le tableau ci-dessous avec présentation graphique sur le papier de Galton :

Tableau II.6 : Résultats de l'ajustement à la loi log- normale(Galton).

Ajustement Log-Normal					
Station : El Hachimia					
Résultats de l'ajustement Normale (Maximum de vraisemblance)					
Nombre d'observations : 40					
Paramètre :					
mu : 6.00					
sigma : 0.28					
Quantiles :					
q = F(X) (probabilité au non-dépassement)					
T = 1/ (1-q)					
T	Q	XT (mm)	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)	
10000	0.9999	1162	144.0	879.6	1444
2000	0.9995	1033	115.2	806.8	1258
1000	0.9990	977.1	103.4	774.5	1180
200	0.9950	848.0	77.52	696.1	1000
100	0.9900	791.7	67.02	660.3	923.1
50	0.9800	734.4	56.91	622.9	846.0
20	0.9500	656.2	44.17	569.6	742.8
10	0.9000	593.6	35.10	524.8	662.4
5	0.8000	525.8	26.74	473.4	578.2
3	0.6667	469.5	21.40	427.5	511.5
2	0.5000	417.0	18.17	381.4	452.6
1.4286	0.3000	361.0	16.79	328.0	393.9
1.25	0.2000	330.7	16.82	297.7	363.7
1.1111	0.1000	292.9	17.32	259.0	326.9
1.0526	0.0500	265.0	17.84	230.1	300.0
1.0204	0.0200	236.8	18.35	200.8	272.8
1.0101	0.0100	219.7	18.59	183.2	256.1
1.005	0.0050	205.1	18.75	168.3	241.8
1.001	0.0010	178.0	18.83	141.1	214.9
1.0005	0.0005	168.4	18.78	131.6	205.2
1.0001	0.0001	149.7	18.55	113.3	186.0

Chapitre 2 : étude Hydrologique

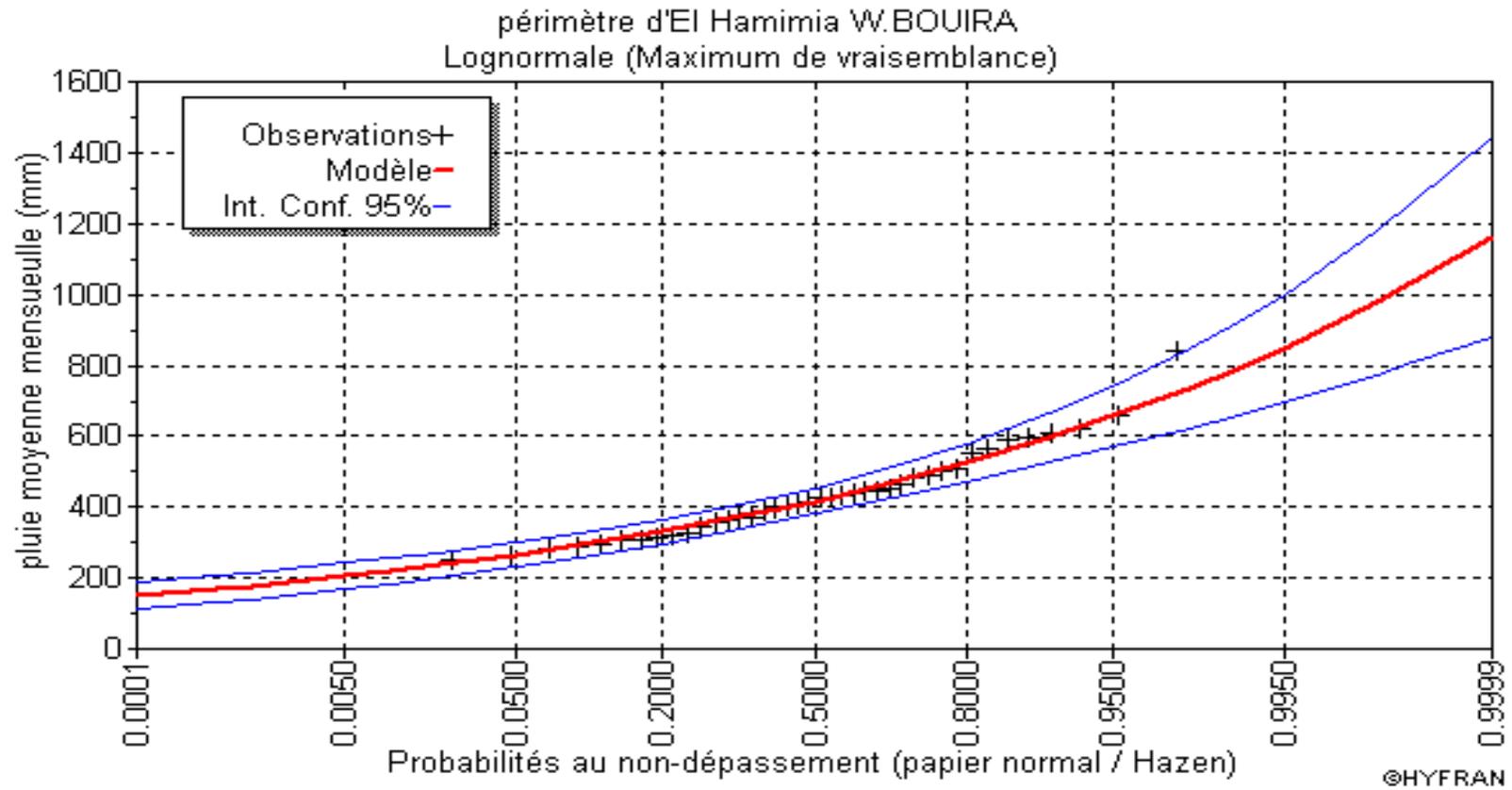


Figure III.3 : L'allure des points sur le papier probabilité à la loi log normal.

Chapitre 2 : Etude Hydrologique

II.3.2. Test de validité d'un ajustement :

L'ajustement obtenu par voie du logiciel **HYFRAN** représente un calcul correct sans erreurs par comparaison entre l'adéquation et les lois d'ajustements suivant le test de validité de *Khiccarré* ' χ^2 '

Nous avons classés par ordre décroissant la série originale de N valeurs, et réparties selon la loi F(X), c'est la densité de probabilité correspondant à la loi théorique (Loi Pearson), afin de déterminer les paramètres de validation du test en y divisant cette série à un certain nombre de classe (intervalle) K dont chacune ne contient aucune valeur expérimentale avec la mise en évidence du nombre V_i , qui est le nombre théorique des valeurs de la série N valeurs, affectées à la classe i (variations) par la loi de répartition, donnée par la relation suivante :

$$v_i = N \int_{x_{i+1}}^x f(X) dX = N [F(X_i) - F(X_{i+1})] \dots\dots\dots (II.5)$$

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

$$\chi^2 \text{ calculée} = \sum_{i=1}^k \frac{(n_i - v_i)^2}{v_i} \dots\dots\dots (II.6)$$

- n_i : nombre d'observations contenues dans la classe i .
- v_i : nombre d'observations théoriques calculés dans la classe i .
- $\gamma = k - 1 - m$
- Avec :
- k : nombre de classes.
- γ : degré de liberté.
- m : Nombre de paramètres, dont dépend la loi de répartition ; $m=2$: pour la loi de **Galton et Gauss**.

Ensuite, nous avons cherché dans la table de Pearson (**Annexe01**) la probabilité de dépassement correspondant au nombre de degré de liberté, définie ci-dessus par λ dont la formule d'ajustement de probabilité ne serait satisfait si elle est supérieure 0,05

II.3.2.a) Test de validité de l'ajustement à la loi Normale :

Chapitre 2 : Etude Hydrologique

$$P_{i,80\%} = P_{i,moy} \times \frac{P_{80\%} (annuel)}{P_{50\%} (annuel)}$$

Le test de validité de **Khi carrée** pour l'ajustement à la loi Normale est fait à l'aide du logiciel HYFRAN.

Les résultats obtenus sont les suivants :

- Khi carré = 3.6 = χ^2 calculée
- Probabilité p (χ^2 calculée) = 0.6083
- Degrés de liberté : $\gamma=5$
- Nombre des classes k= 8

II.3.2.b) Test de validité de l'ajustement à la loi Log-Normale :

Les résultats obtenus par la loi log-normale sont les suivants :

- Khi carré = 2.4 = χ^2 calculée
- Probabilité p (χ^2 calculée) = 0.7915
- Degrés de liberté : $\gamma=5$
- Nombre des classes k= 8

Le test de **Khi** carré montre que les deux lois présentent une même adéquation Sur la table de **Pearson** χ^2 théorique = 9,488 ; pour : $\alpha = 5\%$ et $\gamma=4$

Donc : $\chi^2_{calculée} < \chi^2_{théorique}$ (pour les deux lois).

L'adéquation de la loi est bien définie, ce qui résulte que l'ajustement est correct avec une certaine probabilité : **1- α soit 95%.**

Suivant le graphique, la loi log-normale est la plus précise

II.3.3 Détermination de l'année de calcul :

A partir des résultats obtenus (Loi Log-normale) nous retenons que les estimations de la pluviométrie moyenne annuelle dans la région El Hachimia sont comprises entre 75% et 90%. De cette condition, la probabilité à garantir une irrigation est arrêtée selon une fréquence de 80% des pluies. L'année de calcul est obtenue en appliquant la formule suivante :

Chapitre 2 : Etude Hydrologique

$$P_{i,80\%} = P_{i,moy} \times \frac{P_{80\%} (annuel)}{P_{50\%} (annuel)} \dots\dots\dots \text{II.7}$$

après le tableau de l'Ajustement à la loi log normale, nous avons obtenus

$$P_{80\%} = 525.8\text{mm} \text{ et } P_{50\%} = 417 \quad \text{d'où : } (p_{80\%}/p_{50\%}) = 1.26$$

On remarque que $(p_{80\%}/p_{50\%}) > 1$ donc l'année de calcul est obtenue selon la loi suivante :

$$P_{80\%} = P_{i,moy} \times \frac{P_{20\%(annuelle)}}{P_{50\%(annuelle)}} \dots\dots\dots \text{(II.8)}$$

Les valeurs retirées du tableau de l'Ajustement à la loi log normale, donne ce qui suit :

$$P_{20\%} = 330.7 \text{ mm d'où } (p_{20\%} / p_{50\%}) = 0.79$$

D'où l'année de précipitations de probabilité à fréquence de 80% est répartie comme suit :

Tableau II.7 : Reconstitution de l'année de probabilité à fréquence de 80%

Mois	jan	fév	mar	avr	mai	juin	juil	aout	sep	oct	nov	déc
Pi moy	64.07	22.3	45.6	60.6	32.1	0.3	0	1.5	69.9	51.9	46.2	12.4
Pi 80%	50.61	17.62	36.0 2	47.87	25.36	0.24	0	1.18	55.22	41	36.5	9.8

Chapitre 2 : Etude Hydrologique

Conclusion :

Le chapitre II est destiné à définir les choix impératifs techniques avant la mise en place d'un réseau d'irrigation, En priorité, la connaissance parfaite du bilan hydrique, nécessaire à déterminer le volume réel des besoins en eau d'irrigation à l'aide de plusieurs formules empiriques. Ensuite, l'étude s'est effectuée sur la base d'une longue période de précipitations enregistrées durant une quarantaine d'années dans la région d'El Hachimia et ce, dans le but de dégager le taux de pluviométrie moyen sévissant dans la zone d'Etude. En premier, nous avons présenté la station météorologique d'El Hachimia avec la mise en évidence de toutes les données de cette série de pluviométrie, suivie d'un test d'homogénéisation afin de faire un comparatif pour y confronter les résultats qui m'ont servies de base de calcul.

Cette vérification est définie sur plusieurs tableaux représentatifs des années de pluviométrie, les tests et tous les calculs y afférents. En définitive, le test de validité a révélé que les deux lois utilisées étaient adéquates à l'ajustement de notre série pluviométrique, et que notre choix s'est porté graphiquement sur la loi log-normale (Galton). Ainsi, le test de validation de l'ajustement après l'étude de l'échantillon et le choix de la loi d'ajustement à mettre en œuvre, prouve que cette loi est donc utile à nous avoir orienter pour déterminer l'année de calcul et la connaissance parfaite des années de fortes et de faibles précipitations, nécessaires au calcul des besoins en eau. En tous cas, ce travail reconstitue l'année de probabilité à fréquence de 80% du taux réel et effectif de la pluviométrie, ce qui nous a permis aussi de calculer l'E.T.P (Evapotranspiration Potentiel) suivant les années de sécheresse et les besoins en eaux probables aux cultures pratiquées selon des critères de choix (la série de pluviométrie et les formules empiriques de calcul) opérées sur plusieurs étapes (Vérification de l'homogénéisation, ajustement de la série de lois et vérification de la validité de ces lois).

Chapitre III

Aptitude culturelle

Chapitre 3 : Aptitude culturale

Introduction :

Les principaux critères retenus pour une classification des sols sont : la texture, l'hydromorphie, la présence et la profondeur de la nappe, la porosité, la salinité (conductivité électrique) et le calcaire actif.

Suivant la classification proposé en 1953 par le Bureau d'étude en USA (**Réclamation United States Département Of The Interior**), adoptée et recommandée par la **F.A.O** en **1979** et dont les critères retenus au niveau de périmètre, donnent la classification des sols suivante :

III.1 Les différentes classes d'aptitude des sols :

Paramètres retenus à la classification

- Profondeur de sol.
- Texture.
- Salinité.
- Topographie.
- Perméabilité.
- Drainage.
- Calcaire actif.

Chapitre 3 : Aptitude culturale

III.1.2 Les caractéristiques des sols :

Tableau III.1 Aptitude culturales de sol de la zone d'étude.

Classe d'aptitude à l'irrigation	classe I	Classe III	classe IV	classe V
Paramètre de classification				
Profondeur de sol (cm)	>120	40à80	40à80	<40
Salinité (mmohs/cm)	Pas de problème de salinité<1 Calcaire actif <5%	La salinité variede4à8 -Teneur en calcaire actif≤7%	Présente dans les endroits à texture fine 8÷12calcaire actifentre7et 12%	Varie de 12÷16 Teneur en calcaire actif>12%
Texture	Texture moyenne (sablo argileuse limoneuse)	Sablo limoneuse (à forte teneur en sable) argilo sableuse et argilo limoneuse	Texture fine argileuse ou très légère sableuse présent de croûtes calcaires	Affleurement de la dalle calcaire par endroits. charge caillouteuse >50%
Topographie	Plane	Pente faible	Par endroit la pente et fort	Pente supérieur à 20 %
Perméabilité	(2-6) bonne	Pour les sols à texture fine (0.2-0.5) texture grossier (12.5-25)	Variable	Très faible
Drainage	Ne nécessite un drainage	Nécessite un drainage	Nécessite un drainage	Nécessite un drainage

Chapitre 3 : Aptitude culturale

Aptitude calculée	Bonne aptitude pour toutes les cultures maraîchères céréalières industrielles et arbustives	Moyenne aptitude pour les cultures maraîchères céréalières et fourragère et peu aptes aux cultures industrielles et arbustives	Faible aptitude aux cultures maraîchères et fourragère et inapte a l'arboriculture	Inaptes à tous les cultures
Observation	Leurs aptitude à l'irrigation est bonne aucune contrainte majeure pour la mise en valeur	Labours profonde apport de matière organique plantation de brises vents	Lessivage localisé des engrais organique et minéraux labour profonde et assainissement de surface	Inapte à l'irrigation

III.2 Les types de sols du périmètre :

On peut classer les sols en quatre (04) classe essentielles :

- La classe des sols bruns méditerranéens.
- La classe des vertisols.
- La classe des sols peu évaluées.
- La classe des sols calci-magnésique.

Les sols aptes à l'irrigation sont les deux (02) premiers, en rapport leur dominance.

III.2.1 Classe des vertisols :

Ce sont des sols caractérisés par une texture lourde, enrichie par un pourcentage important de minéraux argileux de type (**Montmorillonite**).

La formation de ces sols est influencée par l'humidité abondante une couleur **Gris Cendré** par la présence des minéraux argileux et de minéralisation de l'humus.

Ils se trouvent au sud de la route Nord-ouest d'EL-Hachimia Ils occupent des abaissements micro reliefs et sont dispersées sous forme de secteurs plus ou moins grand, l'épaisseur du profil est de **(45 – 130) cm**.

Souvent, ces sols sont engorgés d'eau en cause la remontée de la nappe phréatique en période hivernale , due au défaut de curage et de reprofilage de l'émissaire d'évacuation des eaux excédentaires (pluie et eau d'irrigation). L'amélioration de la propriété de ses sols,

Chapitre 3 : Aptitude culturale

nécessite le maintien du niveau de l'eau à une profondeur de (1.5 – 2) m, par l'entretien du fossé de drainage afin de faciliter l'écoulement des eaux en surplus et réussir la pratique de toutes les cultures en particulier les cultures céréalières et maraichères dont la pomme de terre est la culture dominante. Les types de ces sols sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau III.2 les caractéristiques des sols de types vertisols

Les Caractéristiques de sol	
Densité apparente (D_a)	1.83
Point de flétrissement H_{pf} (%)	15.56
Capacité de rétention H_{cc} (%)	31.90

Source : SDA EL-Hachimia

III.2.2 Classe des bruns méditerranées :

Ce sont des sols riches en oxyde de fer d'où leur couleur générale brun a brun rouge, et le complexe argileux comporte une proportion importante d'autres minéraux que la kaolinite formée sur des matériaux calcaires ou fortement calciques et présentent une saturation élevée en calcium mais ils sont à faible doses en calcaire. Ce sont des sols caractérisés par une texture homogène dans le profil.

Ces sols représentent 70% de la superficie la zone d'étude (. Ils sont localisés au nord de la route (W 127) El-Hachimia – Sour –EL-Ghozlane, La profondeur est de (100 – 150) cm.

On peut pratiquer les cultures maraichères, céréales et curbitacées.

Tableau III.3 les caractéristiques des sols bruns méditerranées :

Les Caractéristiques de sol	
Densité apparente (D_a)	1.90
Point de flétrissement H_{pf} (%)	26.26
Capacité de rétention H_{cc} (%)	41.10

Source : SDA EL-Hachimia

Tableau III.4 Superficies des sols (en ha) par classe d'aptitude à l'irrigation et au Drainage.

Classe des sols	Surface(Ha)
Les vertisols	44.6
Sols Bruns méditerranées	156.1

Chapitre 3 : Aptitude culturale

Sol argileux classe V	22.3
Total	223

Source : OPIB Hachimia

Tableau III.5 Les espèces culturales pratiqués antérieurement dans la zone d'étude.

N°	Espèces : Arboriculture	N°	Espèces : Cultures maraichères	N°	Espèces : Céréales et fourrages
1	Poirier	7	Pomme de terre	23	Luzerne
2	Abricotier	8	Carotte	27	Sorgho
3	Figuier	9	Navet	25	Mais
4	Olivier	10	Epinard	26	avoine
5	Poirier/Cognassier	11	Laitue		Blé dur
6	Pécher/Prunier	12	Pastèque	28	Blé tendre
		13	Melon	29	Orge
		14	Pois		
		15	Tomate		
		16	Ail		
		17	Oignon		
		18	Chou-fleur		
		19	Haricot vert		
		20	Concombre		
		21	Artichaut		
		22	Betterave		

Source : OPIB Hachimia

Tableau III.6 Degré d'aptitude culturale dans la zone d'étude.

Type de sol	Cultures	Degré d'aptitude culturale
		Apte pour
Les vertisols	Arboriculture	1-2-3
	Cultures maraichères	7-8-9-10-11-12-13- 14

Chapitre 3 : Aptitude culturale

	Céréales et fourrages	23-24-27-28-29
bruns méditerranéens	Arboriculture	1-2-3-4-5-6
	Cultures maraichères	7-9-10-11-12-14-15-16-17-18-20-21-22
	Céréales et fourrages	27-28-29

Source : OPIB Hachimia

Tableau III.7 La répartition du nombre d'exploitants par type de statut foncier.

TYPE	EXPLOITANS	SUPERFICIE(HA)	%SUPERFICIE
PRIVE	77	547	24.5
E.A.I	02	05	0.22
E.A.C	95	1369	61.1
FERME PILOTE	01	317	14.1
TOTAL	174	2238	100

Source OPIB Hachimia

Tableau III.8 Occupation culturale du périmètre (réalisation).

Cultures (HA)	Années									
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Pomme de terre	185	186	188	179	190	178	160	150	173	165
Autres maraichages	13	14	6	8	8	5	12	20	22	25
Assolement Céréale	25	23	29	37	25	40	51	53	24	33

Source OPIB Hachimia

III.3 Rotation des assolements :

En agriculture, la succession des cultures sur une même parcelle reste la solution efficace dans l'agriculture biologique. Par contre, la pratique actuelle de l'agriculture classique avec l'utilisation abusive des produits phytosanitaires (engrais chimiques solubles, produits de traitement, pesticides et herbicides), reste en quelque sorte un support de rendement mais constitue un réel danger sur l'écosystème du sol (détérioration de la litière, disparition de la microfaune, dégâts dans la couche de l'humus, perte de la couche minérale avec des effets de salinité intense).

Chapitre 3 : Aptitude culturale

Les rotations et assolements en agriculture biologique devront répondre aux impératifs de base suivants :

La mise en place de plantes adaptées au milieu (climat, altitude...) sous réserves du respect de la structure du sol avec un labour approprié et sans défonçage , ce qui conduit dans cette action à pouvoir renouveler et transformer les réserves de matières organiques et minérales du sol l'air azoté et la possibilité du maintien d'une population saine d'adventices à un stade raisonnable et parvenir à préserver les conditions environnementales des lieux .

De ces impératifs, le respect des principes généraux de base en ce qui concerne les types d'assolements, exigent l'utilisation d'engrais verts qui mobilisent et solubilisent les réserves minérales du sol et les mettent à la disposition des cultures à la condition de ne jamais laisser le sol nu ou à cultiver des plantes exigeantes en éléments nutritifs et risquant de laisser un sol abîmé. Si on les cultive, on le fera si possible après un engrais vert semé en automne et laissé tout l'hiver ; on pourra également, bien entendu, cultiver ces plantes exigeantes après une prairie temporaire luzerne.

En définitif, le maintien de cet équilibre de la structure du sol, passent techniquement par la mise en place de plantes qui donnent beaucoup d'humus au sol en cause, elles sont riches en matières cellulosiques (céréales, si le pailles vont se restituer au sol, végétaux à racines développées). En, parallèle, les plantes qui donnent des quantités importantes de matières organiques se décomposent rapidement; ce sont celles qui ont des parties aériennes développées telles que les légumineuses (Azote) , les plantes sarclées pour la lutte efficace contre certains adventices (chardons, chiendent...) et les cultures plus salissantes (céréales) , les plantes fourragères et les prairies temporaires ont distinguées à être des améliorants de la structure et enfin d'exclure les plantes naturelles qui n'entrent pas vraiment dans la rotation.

Chapitre 3 : Aptitude culturale

Tableau III.9 : Calendrier d'exploitation, assolement (Rotation des cultures).

	1 ^{ère} année													2 ^{ème} année													3 ^{ème} année															
	S (ha)	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J		A	S (ha)	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J		J	A	S (ha)	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	
1 ^{ère} année	600	Laitue		Blé										2 ^{ème} année	600	Haricot					P.T (S)							3 ^{ème} année	600	Choux					Carotte							
	375	Choux				P.T (S)									375	laitue		Blé											375	Oignon					Tomate							
	260	Haricot					Tomate								260														260	laitue		blé										
	140	oignon				Carotte									140	Choux					Carotte								140	Haricot					P.T (S)							
	125												Pastèque		125	Oignon					Tomate								125													

Chapitre 3 : Aptitude culturale

Conclusion :

A travers de ce chapitre, on peut déduire que le type de sol dominant notre zone d'étude est représenté par les sols bruns méditerranéens et les vertisols, qui convient à toutes les cultures (arbores culture, maraichères, céréales,.....ets), avec l'instauration de l'assolement rotation, en vue de garantir l'état physico-chimique des sols et de lutter contre les ravageurs et les maladies cryptogamiques (mildiou).

Chapitre IV

Calcul des besoins en eau des cultures

Chapitre IV : Calcul des besoins en eau des cultures

Introduction :

Le but principal de ce chapitre est déterminé les besoins en eau des cultures ainsi que le volume nécessaire alloué pour le mois de pointe et pour l'ensemble de l'année de calcul.

Ces derniers sont importantes à connaître, car ils peuvent nous indiquer si la quantité d'eau est suffisante ou pas.

IV.1 Besoins en eau des cultures :

Les besoins en eau d'irrigation d'une culture est équivalent à la valeur moyenne de l'évapotranspiration nécessaire à sa croissance optimale.

Plus précis, les besoins en eau d'irrigation sont définis comme étant le niveau d'évapotranspiration d'une culture saine (maladie) et poussant dans une parcelle d'un hectare dans des conditions optimales permettant un bon rendement dans la production.

IV.2 Evaluation des besoins en eau des plantes cultivées :

La détermination des besoins en eau d'une culture nécessite la connaissance de divers paramètres concernant la plante, les données climatiques et celles pédologiques de la région.

Les besoins en eau d'irrigation des cultures reposent sur le calcul en priorité du bilan hydrique, qui exprime différence entre les besoins en eau maximum des cultures calculés par période (mensuelle) et les besoins globaux de la surface d'étude.

IV.3 L'évapotranspiration :

L'évapotranspiration représente la quantité d'eau perdue sous forme de vapeur à partir d'une surface couverte de végétation. Cette quantité est généralement exprimée par unité de surface et par unité de temps, $m^3/ha/jour$, en $m^3/ha/mois$, ou en $m^3/ha/an$. Bien entendu, l'évapotranspiration peut également s'écrire en $mm/jours$ ou par mois ou par an.

On distingue : l'évapotranspiration de référence (ET_0), l'évapotranspiration potentielle (ETP) et l'évapotranspiration réelle (ETR).

IV.3.1 L'évapotranspiration potentielle :

Est définie comme l'ensemble des pertes en eau d'un couvert végétal abondant, bien alimenté en eau, lorsque l'énergie (évaporation de l'atmosphère) est le seul

Chapitre IV : Calcul des besoins en eau des cultures

facteur qui limite cette évaporation. On peut définir l'ETP comme l'évapotranspiration d'un couvert végétal présentant un développement foliaire maximum (au stade de pleine croissance) couvrant bien le sol, ce dernier étant à la capacité au champ.

IV.3.2 L'évapotranspiration réelle :

Pendant une période déterminée définie suivant : un jour, un mois, ou tout le cycle végétatif, chaque parcelle prélève, par transpiration et par évaporation directe, une certaine quantité d'eau appelée évapotranspiration réelle ETR : celle-ci pourra bien sûr être inférieur ou égal à ETP si les conditions de celle-ci sont réunies ou non.

- $ETR = ET_0 \times K_c$

- ET_0 : l'évapotranspiration de référence

- K_c : correspond au coefficient cultural, fonction de type de culture et de son état végétatif.

IV.4 Les méthodes d'évaluation de L'évapotranspiration :

On distingue généralement deux (02) méthodes :

- Les méthodes directes.
- les méthodes indirectes.

IV.4.1 Les méthodes directes :

IV.4.1.1 l'évapotranspiration ou cuve lysimétrique :

Un appareil qui sert à mesurer l'évapotranspiration dans un sol nu ou généralement sur un lieu planté (couvert végétal).

IV.4.1.2 Le bac évaporant (bac Colorado) :

Un appareil simple qui permet de mesurer directement l'évapotranspiration d'une nappe d'eau libre. Sous réserve qu'il soit correctement installé.

IV.4.2 Les méthodes indirectes :

Ces méthodes de calcul de l'ETP se font suivant des formules ne comportant que des données climatiques.

Chapitre IV : Calcul des besoins en eau des cultures

IV.4.2.1 La formule de BLANEY et CRIDDLE :

A la suite de plusieurs expérimentations, BLANEY et CRIDDLE, il est révélé que la température et la durée de jour sont les facteurs déterminants pour le calcul de l'ETP (évapotranspiration potentielle), proposés selon la formule suivante :

$$\bullet \text{ ETP} = \text{K} (0.46t + 8.13) \text{ P} \dots (\text{IV.1})$$

Dans le quelle :

- ETP : Evapotranspiration potentielle en mm/jour.
- t : température moyenne (en degré Celsius) durant la période considérée (généralement le mois).
- P : pourcentage de la durée moyenne du jour pendant la même période, par rapport à la durée moyenne de jour pour l'année.
- K : coefficient dépendant du stade végétatif de la culture et de la température moyenne (de la zone climatique).

IV.4.2.2 La formule de TURC :

Si l'humidité relative est supérieur à 50%, l'évapotranspiration potentielle est donnée par :

$$\bullet \text{ ETP} = 0.40 (\text{I}_g + 50) \times \text{T}/(\text{T}+15) \text{ en mm/mois.} \dots \dots (\text{IV.2})$$

Dans le quelle :

- ETP : évapotranspiration mensuelle (mm/ mois).
- I_g : radiation globale en ($\text{cal}/\text{cm}^2/\text{jour}$).
- T : température moyenne mensuelle ($^{\circ} \text{C}$).

Remarque :

Le coefficient 0.40 est réduit à 0.37 durant le mois février.

Si l'humidité relative de l'air est inférieure à 50%, l'évapotranspiration potentielle est donnée par :

$$\bullet \text{ ETP} = 0.40 (\text{I}_g + 50) \times \text{T}/(\text{T}+15) \times 1 + / (50 + \text{H}_r) / 70 \dots \dots (\text{IV.3})$$

Avec ;

Chapitre IV : Calcul des besoins en eau des cultures

$$\bullet \text{ Ig} = \text{Iga} (0.18 + 0.62) \text{ h/H}$$

Dans le quelle :

- T : température moyenne mensuelle (° C).
- Ig : radiation globale en (cal/cm²/jour).
- Hr : l'humidité de l'air en (%).
- Iga : radiation maximale théorique.
- H : durée astronomique de jour en (heur/mois).
- h : durée de l'insolation de la station considérée en (heur/mois).
- $\frac{h}{H}$: L'insolation relative en (heur).

IV.4.2.3 La formule de PANMEN :

Il est supposé que la formule de **PANMEN**, donne les estimations les plus significatives de l'ETP, dans les différents climats mais reste, que l'inconvénient majeur se situe à l'exigence d'un nombre important de données climatiques à introduire dont certaines sont souvent indisponibles au niveau de la même station. donc, la formule est la suivante :

$$\bullet \text{ ETP} = p'(t)(R_n/L)\sigma E_a / P(t)+q) \dots\dots(\text{IV.4})$$

Paramètre :

• $p'(t)$: valeur de dérivée de la fonction de pression partielle de vapeur d'eau saturante en fonction de la pression de vapeur d'eau en fonction de la température, pour la température de l'air T.

- R_n : rayonnement net (climatique).
- E_a : pouvoir évaporant de l'air, fonction du vent et de déficit de saturation de l'air.
- L : chaleur latente de vaporisation (2.5.10⁶ j/kg).
- σ : Constante psychométrique (0.65 h la/°C).

IV.4.3 Calcul de l'évapotranspiration :

L'évapotranspiration de référence est calculée à l'aide d'un logiciel appelé **CRAPWAT 8.0**, fondé sur la méthode de PANMAN et MONTHIEL et modifié, ensuite recommandée pour consultation par les experts de la FAO tenue à Rome en Mai 1990.

Chapitre IV : Calcul des besoins en eau des cultures

Pour exploiter le logiciel cité ci-dessus on doit fournir les données climatiques mensuelles chiffrées à la station météorologique d'EL-Hachimia telles que :

- les températures moyennes en (°C).
- l'humidité relative de l'air exprimé en (%).
- l'insolation journalière en heure.
- la vitesse de vent en m/s.

Les résultats de l'évapotranspiration de référence ET₀ calculée à l'aide du logiciel CRAPWAT 8.0 sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau IV.1 calcul d'ETP.

Mois	T _{min} °C	T _{max} °C	Humidité (%)	Vent m/s	Insolation heure	Radiation MJ/m ² .jour	ET ₀ panman Mm/J
Janvier	0.90	20.50	71.00	4.60	7.5	11.20	2.71
Février	-1.20	22.00	65.00	4.70	7.6	13.70	3.64
Mars	0.80	21.60	75.00	4.10	8.8	18.20	3.43
Avril	5.50	28.30	69.00	3.30	12.5	26.10	5.32
Mai	5.10	33.50	66.00	3.00	14.5	30.80	6.99
Juin	8.00	39.00	32.00	3.10	13.5	29.90	9.10
Juillet	14.80	40.20	40.00	3.05	15.75	32.70	9.33
Aout	17.00	40.00	41.00	3.30	14.9	30.00	9.13
Septembre	14.00	36.50	55.00	3.20	10.5	21.30	6.61
Octobre	7.30	33.30	51.00	3.10	10.8	18.00	5.49
Novembre	5.10	25.50	62.00	4.40	6.47	10.70	3.85
Décembre	-0.40	18.00	87.00	3.90	6.5	9.50	1.66

Chapitre IV : Calcul des besoins en eau des cultures

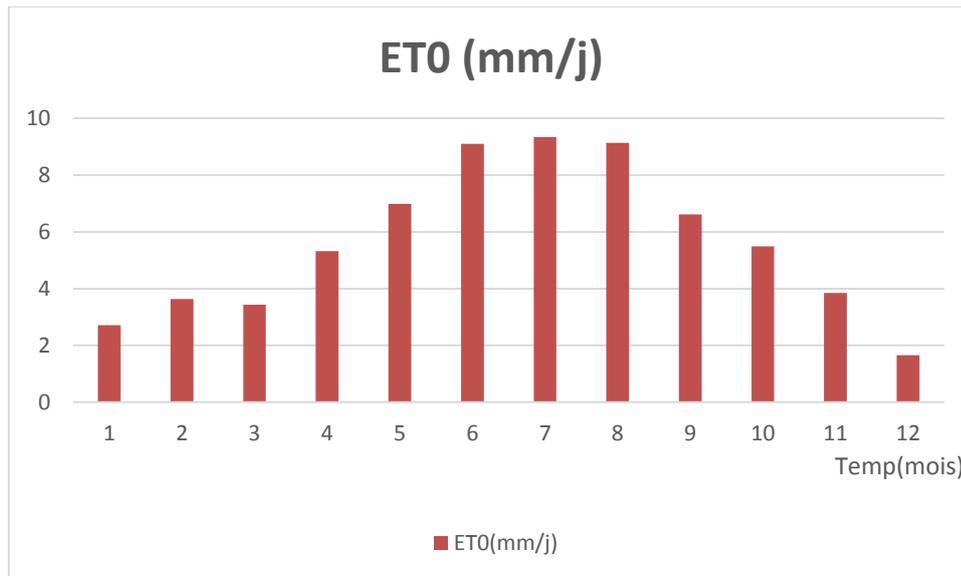


Figure IV.1 Graphique de l'évapotranspiration (ETO)

IV.5 Le bilan hydrique :

Le bilan hydrique d'une culture donnée est défini par la différence entre les besoins en eau des cultures déterminés par le climat, les caractéristiques végétales (ETM) et la somme des apports effectifs des précipitations.

Le calcul des volumes d'eau d'irrigation s'effectue d'une période à une autre durant tout le cycle végétatif, selon la formule qui suit :

$$B = k_c \times ETP - (P_{\text{eff}} + \text{RFU}). \dots\dots(\text{IV.5})$$

- **ETP** : évapotranspiration potentielle de référence en mm.
- **Kc** : le coefficient culturel de la culture considérée.
- **Peff** : pluie efficace en mm.
- **RFU** : la réserve facilement utilisable disponible au début de la période.

IV.5.1 Le coefficient culturel (K_c) :

Les valeurs du coefficient culturel (K_c) de chaque culture sont déterminées en fonction du stade végétatif de la plante, du vent et de la valeur moyenne de l'humidité de l'air qui caractérise la surface d'étude.

Chapitre IV : Calcul des besoins en eau des cultures

Tableau IV.2 Le Coefficient cultural (Kc) des différentes cultures.

culture	Sep	oct	Nov	déc	jan	fév	mar	avr	mai	juin	juil	aout
Blé	-	-	-	0.7	0.85	0.95	1.05	1.05	1.05	-	-	-
p. terre	-	-	-	-	-	-	0.75	1.1	1.2	0.75	-	-
Tomate	-	-	-	-	-	-	0.5	0.8	1.05	0.75	-	-
Carotte	-	-	-	-	-	-	0.45	0.75	1.05	0.9	-	-
Laitue	1	0.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.8
Choux	0.75	1.05	1.05	0.9	-	-	-	-	-	-	-	-
Pastèque	0.85	-	-	-	-	-	-	-	-	0.6	0.7	0.65
Haricot	0.8	1.1	0.95	0.95	0.7	-	-	-	-	-	-	-
Oignon	1,1	1,1	0,9	0,85	-	-	-	-	-	-	-	0.7

Source : bulletin FAO d'irrigation et drainage n°33, tableau 18

IV.5.2 Les profondeurs d'enracinement :

Tableau IV.3 Les profondeurs d'enracinements en m des différentes cultures.

culture	Sep	oct	Nov	déc	jan	fév	mar	avr	mai	juin	juil	aout
Blé	-	-	-	0.3	0.4	0.5	0.6	0.6	0.7	-	-	-
p. terre	-	-	-	-	-	-	0.1	0.25	0.35	0.40	-	-
Tomate	-	-	-	-	-	-	0.2	0.7	1	1	-	-
Carotte	-	-	-	-	-	-	0.1	0.2	0.25	0.3	-	-
Laitue	0.2	0.25		-	-	-	-	-	-	-	-	0.1
Choux	0.2	0.25	0.3	0.4	-	-	-	-	-	-	-	
Pastèque	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	0.25	0.3
Haricot	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	-	-	-	-	-	-	-
Oignon sec	0.3	0.4	0.5	0.6	-	-	-	-	-	-	-	0.3

IV.6 Cycle végétatif des cultures :

La détermination du cycle végétatif des différentes cultures, devra impérativement s'assurer par le calcul des besoins en eau d'irrigation, résumés dans le tableau ci-dessous :

Tableau IV.4 Cycle végétatif des cultures

Culture	Sep	oct	nov	déc	jan	fév	mar	avr	mai	juin	Juil	aout
Blé				←							→	
p. terre (s)							←				→	

Chapitre IV : Calcul des besoins en eau des cultures

IV.8 Estimation des besoins en eau des cultures :

IV.8.1 Estimation des besoins en eau des blés :

Tableau IV.5 besoins en eau des blés

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
ET₀ (mm/mois)	198.3	164.7	115.5	49.8	81.3	109.2	102.9	159.6	209.7	273	279.9	273.9
Kc	0	0	0	0.7	0.85	0.95	1.05	1.05	1.05	0	0	0
ETM	0	0	0	34.86	69.105	103.74	108.045	167.58	220.185	0	0	0
P (mm)	33.44	32.8	42.96	60.85	51.3	50.9	46.4	48.9	37.32	10.8	6.4	12.39
P_{eff}(mm)	26.88	26.4	34.54	48.9	41.2	40.9	37.3	39.3	30	8.68	5.14	9.96
H (mm)	0	0	0	300	400	500	600	600	700	0	0	0
RFU (mm)	0	0	0	59.2	78.94	98.67	118.4	118.4	138.15	0	0	0
Besoins net (mm)	0	0	0	0	0	0	0	9.88	71.785	0	0	0
Besoins brute (mm)	0	0	0	0	0	0	0	11.362	82.55275	0	0	0
Débit (l/s/ha)	0	0	0	0	0	0	0	0.08	0.5879	0	0	0

Chapitre IV : Calcul des besoins en eau des cultures

IV.8.2 Estimation des besoins en eau des pommes de terre :

Tableau IV.6Besoins en eau des pommes de terre

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
ET₀ (mm/mois)	198.3	164.7	115.5	49.8	81.3	109.2	102.9	159.6	209.7	273	279.9	273.9
Kc	0	0	0	0	0	0	0.75	1.10	1.20	0.75	0	0
ETM (mm/mois)	0	0	0	0	0	0	77.175	175.56	251.64	204.75	0	0
P (mm)	33.44	32.8	42.96	60.85	51.3	50.9	46.4	48.9	37.32	10.8	6.4	12.39
P_{eff}(mm)	26.88	26.4	34.54	48.9	41.2	40.9	37.3	39.3	30	8.68	5.14	9.96
H (m)	0	0	0	0	0	0	100	250	350	400	0	0
RFU (mm)	0	0	0	0	0	0	19.73	49.3	69.07	78.94	0	0
Besoins net (mm)	0	0	0	0	0	0	39.8	116.52	172.3	126.995	0	0
Besoins brute (mm)	0	0	0	0	0	0	45.85	134.00	198.146	146.045	0	0
Besoins brute (m³)	0	0	0	0	0	0	458.56	1340.03	1981.46	1460.45	0	0
Débit (l/s/ha)	0	0	0	0	0	0	0.3266	0.9544	1.4113	1.04	0	0

Chapitre IV : Calcul des besoins en eau des cultures

IV.8.3 Estimation des besoins en eau des tomates :

Tableau IV.7 besoins en eau des tomates

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
ET₀ (mm/mois)	198.3	164.7	115.5	49.8	81.3	109.2	102.9	159.6	209.7	273	279.9	273.9
Kc	0	0	0	0	0	0	0.50	0.80	1.05	0.75	0	0
ETM (mm/mois)	0	0	0	0	0	0	51.45	127.68	220.185	204.75	0	0
P (mm)	33.44	32.8	42.96	60.85	51.3	50.9	46.4	48.9	37.32	10.8	6.4	12.39
P_{eff}(mm)	26.88	26.4	34.54	48.9	41.2	40.9	37.3	39.3	30	8.68	5.14	9.96
H (m)	0	0	0	0	0	0	200	700	1000	1000	0	0
RFU (mm)	0	0	0	0	0	0	39.470904	138.148164	197.35452	197.35452	0	0
Besoins net (mm)	0	0	0	0	0	0	14.15	48.90	52.036	0	0	0
Besoins brute (mm)	0	0	0	0	0	0	16.27	56.245	59.84	0	0	0
Besoins brute (m ³)	0	0	0	0	0	0	162.725	562.45	598.42	0	0	0
Débit (l/s/ha)	0	0	0	0	0	0	0.1159	0.4006	0.4262	0	0	0

Chapitre IV : Calcul des besoins en eau des cultures

IV.8.4 Estimation des besoins en eau des carottes :

Tableau IV.8 besoins en eau des carottes

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
ET₀ (mm/mois)	198.3	164.7	115.5	49.8	81.3	109.2	102.9	159.6	209.7	273	279.9	273.9
Kc	0	0	0	0	0	0	0.45	0.75	1.05	0.90	0	0
ETM (mm/mois)	0	0	0	0	0	0	46.305	119.7	220.185	245.7	0	0
P (mm)	33.44	32.8	42.96	60.85	51.3	50.9	46.4	48.9	37.32	10.8	6.4	12.39
P_{eff}(mm)	26.88	26.4	34.54	48.9	41.2	40.9	37.3	39.3	30	8.68	5.14	9.96
H (m)	0	0	0	0	0	0	100	200	250	300	0	0
RFU (mm)	0	0	0	0	0	0	19.73	39.47	49.338	59.206	0	0
Besoins net (mm)	0	0	0	0	0	0	9.005	60.66	150.71	187.68	0	0
Besoins brute (mm)	0	0	0	0	0	0	10.355	69.764	173.32	215.83	0	0
Besoins brute (m ³)	0	0	0	0	0	0	103.5	697.64	1733.21	2158.33	0	0
Débit (l/s/ha)	0	0	0	0	0	0	0.073	0.4968	1.2344	1.5372	0	0

Chapitre IV : Calcul des besoins en eau des cultures

IV.8.5 Estimation des besoins en eau des Laitues :

Tableau IV.9 besoins en eau des laitues

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
ET₀ (mm/mois)	198.3	164.7	115.5	49.8	81.3	109.2	102.9	159.6	209.7	273	279.9	273.9
Kc	1	0.9	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.8
ETM (mm/mois)	198.3	148.23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	219.12
P (mm)	33.44	32.8	42.96	60.85	51.3	50.9	46.4	48.9	37.32	10.8	6.4	12.39
P_{eff}(mm)	26.88	26.4	34.54	48.9	41.2	40.9	37.3	39.3	30	8.68	5.14	9.96
H (m)	200	250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
RFU (mm)	39.47	49.33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19.73
Besoins net (mm)	151.68	82.35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	209.16
Besoins brute (mm)	174.43	94.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	240.53
Besoins brute (m³)	1744.37	947.13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2405.34
Débit (l/s/ha)	1.242	0.6745	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.7132

Chapitre IV : Calcul des besoins en eau des cultures

IV.8.6 Estimation des besoins en eau des vignes :

Tableau IV.10 besoins en eau des choux

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
ET₀ (mm/mois)	198.3	164.7	115.5	49.8	81.3	109.2	102.9	159.6	209.7	273	279.9	273.9
Kc	0.75	1.05	1.05	0.9	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0
ETM (mm/mois)	148.725	172.935	121.275	44.82	0	0	0	0	0	0	0	0
P (mm)	33.44	32.8	42.96	60.85	51.3	50.9	46.4	48.9	37.32	10.8	6.4	12.39
P_{eff}(mm)	26.88	26.4	34.54	48.9	41.2	40.9	37.3	39.3	30	8.68	5.14	9.96
H (m)	200	250	300	400	0	0	0	0	0	0	0	0
RFU (mm)	39.47	49.33	59.20	78.94	0	0	0	0	0	0	0	0
Besoins net (mm)	121.84	107.06	37.39	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Besoins brute (mm)	140.12	123.12	43.005	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Besoins brute (m ³)	1401.21	1231.23	430.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Débit (l/s/ha)	0.998	0.87	0.3063	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Chapitre IV : Calcul des besoins en eau des cultures

IV.8.7 Estimation des besoins en eau pour les pastèques :

Tableau IV.11 besoins en eau des pastèques

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
ET₀ (mm/mois)	198.3	164.7	115.5	49.8	81.3	109.2	102.9	159.6	209.7	273	279.9	273.9
Kc	0.85	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.60	0.7	0.65
ETM (mm/mois)	168.555	0	0	0	0	0	0	0	0	163.8	195.93	178.035
P (mm)	33.44	32.8	42.96	60.85	51.3	50.9	46.4	48.9	37.32	10.8	6.4	12.39
P_{eff}(mm)	26.88	26.4	34.54	48.9	41.2	40.9	37.3	39.3	30	8.68	5.14	9.96
H (m)	400	0	0	0	0	0	0	0	0	200	250	300
RFU (mm)	78.941	0	0	0	0	0	0	0	0	39.47	49.33	59.20
Besoins net (mm)	82.46	0	0	0	0	0	0	0	0	155.12	151.31	118.73
Besoins brute (mm)	94.83	0	0	0	0	0	0	0	0	178.388	174.01	136.54
Besoins brute (m ³)	948.38	0	0	0	0	0	0	0	0	1783.88	1740.16	1365.46
Débit (l/s/ha)	0.675	0	0	0	0	0	0	0	0	1.2705	1.239	0.97

Chapitre IV : Calcul des besoins en eau des cultures

IV.8.8 Estimation des besoins en eau des Haricots :

Tableau IV.12 besoins en eau des haricots

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
ET₀ (mm/mois)	198.3	164.7	115.5	49.8	81.3	109.2	102.9	159.6	209.7	273	279.9	273.9
Kc	0.8	1.1	0.95	0.95	0.7	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0
ETM (mm/mois)	158.64	181.17	109.725	47.31	56.91	0	0	0	0	0	0	0
P (mm)	33.44	32.8	42.96	60.85	51.3	50.9	46.4	48.9	37.32	10.8	6.4	12.39
P_{eff}(mm)	26.88	26.4	34.54	48.9	41.2	40.9	37.3	39.3	30	8.68	5.14	9.96
H (m)	100	150	200	250	300	0	0	0	0	0	0	0
RFU (mm)	19.73	29.60	39.47	49.3	59.206	0	0	0	0	0	0	0
Besoins net (mm)	131.76	135.03	45.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Besoins brute (mm)	151.52	155.28	52.45	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Besoins brute (m³)	1515.24	1552.8	524.19	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Débit (l/s/ha)	1.079	1.106	0.37	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Chapitre IV : Calcul des besoins en eau des cultures

IV.8.9 Estimation des besoins en eau des oignons :

Tableau IV.13 besoins en eau des oignons

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
ET₀ (mm/mois)	198.3	164.7	115.5	49.8	81.3	109.2	102.9	159.6	209.7	273	279.9	273.9
Kc	1.1	1.1	0.9	0.85	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.7
ETM (mm/mois)	218.13	181.17	103.95	42.33	0	0	0	0	0	0	0	191.73
P (mm)	33.44	32.8	42.96	60.85	51.3	50.9	46.4	48.9	37.32	10.8	6.4	12.39
P_{eff}(mm)	26.88	26.4	34.54	48.9	41.2	40.9	37.3	39.3	30	8.68	5.14	9.96
H (m)	300	400	500	600	0	0	0	0	0	0	0	300
RFU (mm)	59.206	78.94	98.67	118.4	0	0	0	0	0	0	0	59.206356
Besoins net (mm)	132.043	95.54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	181.77
Besoins brute (mm)	151.85	109.89	0	0	0	0	0	0	0	0	0	209.03
Besoins brute (m³)	1518.5	1098.98	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2090.35
Débit (l/s/ha)	1.0815	0.782	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.488

Chapitre IV : Calcul des besoins en eau des cultures

IV.9 Répartition des cultures dans les ilots :

Tableau IV.14 : Répartition des cultures dans les ilots

les ilots	surface (ha)	Repartition de culture dans les ilots
ilot1	10.6	p. terre
ilot2	10	Laitue
ilot3	10.8	Choux
ilot4	11.1	Oignon
ilot5	6.65	Pastèque
ilot6	13.1	Pastèque
ilot7	10.4	Carotte
ilot8	14.9	Blé dur
ilot9	8.94	Haricot
ilot10	11.2	Haricot
ilot11	11.9	Tomate
ilot12	17.5	Tomate (6.9ha) +p. terre (5.5ha) +Carotte (5.1 ha)
ilot13	17.1	p. terre
ilot14	11.2	Tomate
ilot15	12.6	Blé dur
ilot16	17.2	Blé dur
ilot17	15.3	Blé dur
ilot18	10.2	Blé dur

IV.10 Estimation des volumes d'eau d'irrigation :

Le volume des besoins en eau égale le besoin de la culture en m³ multiplié par la surface de la culture.

Chapitre IV : Calcul des besoins en eau des cultures

On trouve les résultats dans le Tableau IV.15 :

Tableau IV.15 volumes d'eau d'irrigation

Les cultures	surface de la culture ha	Besoin brute de la culture m ³ /ha	les volumes des besoins en eau m ³
Blé dur	70	93.91475	6574.0325
p. terre	33	5240.5	172936.5
Tomate	30	1323.595	39707.85
Carotte	20	4692.68	93853.6
Laitue	10	5096.84	50968.4
Choux	10	3062.49	30624.9
Pastèque	20	5837.88	116757.6
Haricot	20	3592.23	71844.6
Oignon	10	4707.83	47078.3
			630345.7825

Remarque : A noter que les calculs des différents besoins montrent que les consommations sont élevées au mois de **Septembre** qui représente la période de pointe avec un total de **B = 712.75 mm** soit **B = 7127.5m³/ha**.

IV.11 Calcul de débit spécifique :

Les débits spécifiques sont définis selon les besoins en eau de chaque culture, évalués sur la base d'une répartition culturale. Ce qui donne que le débit est calculé en tenant compte de besoins mensuels, la fréquence d'irrigation, la dose d'arrosage et le Coefficient d'efficacité globale du système d'irrigation pour définir les débit spécifiques de chaque culture suivant la formule qui suit :

$$q = \frac{B_m}{T \times t \times 3,6 \times K} \quad (\text{l/s/ha}) \dots(\text{IV.7})$$

Bm : Besoin mensuel maximum net, exprimé en m³/ha.

Chapitre IV : Calcul des besoins en eau des cultures

- **T** : Temps d'irrigation par jour.
- **t** : Nombre de jours du mois d'irrigation, exprimée en jour est égale à 26 J.
- **K** : Coefficient d'efficience globale du système d'irrigation ≈ 0.75 .

Tableau IV.16 Besoins nets (mm) en eau d'irrigation.

Mois Culture	Sep	oct	Nov	déc	Jan	Fév	mar	Avr	Mai	juin	juil	aout
Blé dur	0	0	0	0	0	0	0	9.88	71.785	0	0	0
p. terre	0	0	0	0	0	0	45.85	134	198.146	146.045	0	0
Tomate	0	0	0	0	0	0	16.27	56.245	59.84	0	0	0
Carotte	0	0	0	0	0	0	10.355	69.764	173.32	215.83	0	0
Laitue	174.43	94.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	240.53
Choux	140.12	123.12	43.005	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pastèque	94.83	0	0	0	0	0	0	0	0	178.388	174.01	136.54
Haricot	151.52	155.28	52.45	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Oignon	151.85	109.89	0	0	0	0	0	0	0	0	0	209.03
B total (mm)	712.75	482.99	95.455	0	0	0	72.475	269.889	503.091	540.263	174.01	586.1
B_{brut} (mm)	819.66	555.43	109.77	0	0	0	83.34	310.37	578.55	621.3	200.11	674.01

Chapitre IV : Calcul des besoins en eau des cultures

Le mois de pointe c'est le mois de **Mai** avec un besoins total de **B = 712.75 mm** c'est -à-dire **B = 7127.5 m³/ha**.

$$q = (7127.5 \times 10^4) / (20 \times 26 \times 3600 \times 0.75) = 5.076 \text{ l/s/ha.}$$

Le débit spécifique est considérable donc son calcul exigé d'introduire les besoins de chaque culture durant le mois de pointe pour déterminer le débit spécifique moyen, ce qui donne :

Le débit spécifique pour le Laitue : B = 147.43 mm

$$q = (147.43 \times 10^4) / (20 \times 26 \times 3600 \times 0.75) = 1.05 \text{ l/s/ha.}$$

Le débit spécifique pour le Choux : B = 140.12 mm

$$q = (140.12 \times 10^4) / (20 \times 26 \times 3600 \times 0.75) = 0.998 \text{ l/s/ha.}$$

Le débit spécifique pour la Pastèque : B = 94.83 mm

$$q = (94.83) / (20 \times 26 \times 3600 \times 0.75) = 0.675 \text{ l/s/ha.}$$

Le débit spécifique pour le Haricot : B = 151.51 mm

$$q = \frac{151.51 \times 10^4}{20 \times 26 \times 3600 \times 0.75} = 1.079 \text{ l/s/ha.}$$

Le débit spécifique pour l'Oignon : B = 151.85

$$q = \frac{151.85 \times 10^4}{20 \times 26 \times 3600 \times 0.75} = 1.08 \text{ l/s/ha}$$

Le débit spécifique moyen :

$$q = \frac{1.05 + 0.998 + 0.675 + 1.079 + 1.08}{5} = 0.976 \text{ l/s/ha.}$$

Considérant les débits moyens de chaque culture, additionnés donnant le débit spécifique est de : **q = 0.976 l/s/ha.**

Chapitre IV : Calcul des besoins en eau des cultures

III.12 Débit caractéristique :

C'est le débit maximum en rapport à la pression de service dans le réseau d'irrigation.

Il est égal à: $Q \text{ caractéristique} = Q_{sp} \times \text{surface}$

Surface totale = 223 ha

$Q \text{ caractéristique} = 0.976 \times 223 = 217.65 \text{ l/s.}$

$Q \text{ caractéristique} = 217.65 \text{ l/s.}$

Remarque :

En effet le débit caractéristique semble au-dessus des capacités de pompage ($Q_{stp} = 1605 \text{ l/s}$) composée de 04 pompes (03 opérationnelles et une de réserve) dont chacune une avec un débit $q_s = 535 \text{ l/s}$ d'où le plein régime est de $Q_{stp} = 1605 \text{ l/s}$ donc le déficit $Q_d = 262.5 \text{ l/s}$ est comblé par l'instauration d'un **tour d'eau** (répartition en deux (02) zones) chaque zone irriguée 1 jour /2 soit (750 ha par jour) avec une fréquence d'irrigation de 16 h .

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons mis en évidence les besoins en eau d'irrigation des cultures mises en place (maraichères et céréalières) sur la surface d'étude de **223 ha**.

Les besoins nets en eau d'irrigation, réservés à l'irrigation de la surface d'étude sont de l'ordre de **630345.7825 m^3** , prélevés à partir du barrage LEKHEL d'une capacité totale de **30 Hm^3** , dont le volume régularisé fixé techniquement à **17 Hm^3** selon un taux de simultanéité de 60%.

De ces résultats on conclue que la capacité de barrage suffit largement à alimenter la surface d'étude (223 ha), ce qui nous a permis de procéder aux calculs des différents débits pour trouver le débit caractéristique arrêté à

$Q \text{ caractéristique} = 117.65 \text{ l/s.}$

Chapitre V

Etude des techniques d'irrigation des cultures

Chapitre V : Etude des techniques d'irrigation des cultures

Introduction

Ce chapitre représente des illustrations et schémas que nous avons mis en évidence pour montrer les avantages et les inconvénients de chacune de ses techniques.

Le choix de la méthode d'irrigation dépend d'un grand nombre de facteurs techniques, économiques, et sociologiques.

- Les facteurs techniques incluent :

Le type de culture, le type de sol, la topographie et la qualité de l'eau.

- Les facteurs socio-économiques incluent :

La structure des exploitations, les coûts d'investissement, les frais de fonctionnement et d'entretien et les disponibilités en main d'œuvre.

Cependant, en règle générale, le choix définitif de la méthode d'irrigation au niveau de l'exploitation sera fait par chaque exploitant en tenant compte des facteurs technico-économiques..

- Description des différents modes et techniques d'irrigation

Les principaux techniques d'irrigation existant sont :

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

V.1 Les techniques d'irrigation de surface :

V.1.2 Irrigation par ruissellement :

Dans ce type d'irrigation, deux cas essentiels se présentent :

Premier cas : l'eau est généralement distribuée par rigoles, elle ruisselle sur le sol et s'y infiltre verticalement. Il s'agit d'un ruissellement en nappe ou déversement. On recense dans cette catégorie plusieurs pratiques telles que :

- L'arrosage par planche
- L'arrosage par rigoles de niveau
- L'arrosage par rigoles en pente ou rases
- L'arrosage par plans inclinés
- L'arrosage par ados
- L'arrosage a la raie ou par sillon

Chapitre V : Etude des techniques d'irrigation des cultures

Deuxième cas : l'eau ne ruisselle pas sur l'ensemble de la surface du sol mais coule dans des fossés, rigoles ou raies et pénètre par infiltration latérale et verticale jusqu'aux racines des plantes.

Par ailleurs, la mise en place d'un réseau de colature est indispensable pour évacuer les eaux excédentaires.

V.1.3 Irrigation par submersion :

L'eau submerge le terrain et s'y infiltre pour garantir l'arrosage. En ce qui concerne la culture rizière ; il y a lieu de citer le maintien d'une lame d'eau pour la submersion de tout l'espace cultivée sous réserves de changer à chaque fois l'eau stagnée, évacuée par voie de colatures (submersion alternée).

La submersion peut se faire par plusieurs procédés dont les bassins dépendants et indépendants, bassins en terrasse ou a billons, les raies et cuvettes en arboriculture.

V.1.4 Irrigation mixte :

Il s'agit d'un ruissellement suivi d'une submersion. Les techniques utilisées en ce genre d'irrigation sont :

V.1.4.1 L'épandage de crue :

Cette méthode consiste à améliorer ou à provoquer des inondations artificielles le déversement des eaux sur l'espace cultivé. La technique d'irrigation par épandage de crue diffère des autres techniques, principalement par la pratique du ruissellement sur l'espace ciblé, alors que les autres techniques d'irrigation représentent la distribution de l'eau selon les besoins des plantes.

V.1.4.2 Les raies courtes (bouchées ou bouclées)

Les raies courtes sont d'usage surtout dans la culture maraichère. Elles sont utilisées dans des terrains à pente quelque peu élevée.

La rigole d'alimentation dessert simultanément un certain nombre de raies courtes séparées par des buttes (billons et bouchées) pour les remplir sous réserves de régulariser le débit pour éviter le débordement.

Pour réduire les débordements, il faut mettre en communication deux raies voisines sans boucher leurs extrémités. On obtient alors des raies courtes bouclées, ou communicantes.

V.1.5 Avantages et inconvénients des techniques d'irrigation de surface :

Avantage :

- Coût d'investissement relativement faible.
- Besoins en énergie nuls.
- Techniques peu sûres
- Insensibilité au vent (Evaporation intensive) .
- Possibilité de lessivage (engorgement des eaux)

Inconvénients :

- Frais de Main-d'œuvre
- Techniques peu sûres
- Insensibilité au vent (Evaporation intensive) .
- Possibilité de lessivage (engorgement des eaux)

V.2 Les techniques d'irrigation souterraine :

V.2.1 Généralités :

En irrigation de sub-surface, l'utilisation de l'eau se fait sous la surface du sol elle peut consister en :

- Un contrôle de la nappe au moyen d'un réseau d'assainissement qui peut fonctionner à l'envers par l'admission d'eau d'irrigation ; ce réseau peut être constitué par des fossés profonds ou des drains enterrés ; cette technique, qui intéresse des terrains humides relativement plats.
- La mise en place de dispositifs permettant l'humectation souterraine par grand volume un sol proche des diffuseurs, récipients poreux dont une forme traditionnelle est constituée par le « canari » en terre cuite ; cette technique est surtout employée en cultures maraichères sur de petites surfaces.

Chapitre V : Etude des techniques d'irrigation des cultures

V.2.2 Conditions d'application de la technique :

L'irrigation souterraine ne peut être efficace que si plusieurs conditions sont simultanément respectées :

La présence d'un horizon imperméable (nappe perchée temporaire) ou d'une nappe permanente, pas trop profonde, est indispensable ; sinon il y aura des pertes excessives par infiltration profonde.

- Les horizons supérieurs du sol doivent être suffisamment perméables pour assurer une répartition régulière de la nappe et de la frange capillaire.
- Les parcelles doivent être pratiquement planes pour garantir une répartition homogène de l'eau dans les collecteurs et limiter les pertes latérales.
- Il faut des ressources en eau et en énergie proches de la parcelle et suffisantes.
- La nappe à recharger ne doit pas être salée.
- Il ne doit pas y avoir de risques de colmatage des drains par des ocres ferriques (sols riches en matières organiques et en fer ferreux).

Dans le domaine pédologique. Malgré les contraintes énoncées ci-dessus, les milieux hydro morphes aptes à recevoir l'irrigation souterraine restent assez nombreux : plaines et terrasses alluviales, plateaux avec dépôts éoliens, plaines littorales, etc.

V.2.3 Avantages et inconvénients de l'irrigation souterraine :

La technique d'irrigation souterraine à l'aide de réseaux d'irrigation se caractérise à la fois par des avantages et des inconvénients très nets vis-à-vis des autres techniques d'arrosage.

Avantage :

Son intérêt tient à plusieurs points :

- économie d'eau
- Pertes de charges nulles
- Main d'œuvre inconséquente
- Absence de lessivage
- Non-utilisation des produits phytosanitaires (herbicides)
- Efficience agronomique (Rendement conséquent)
- Coût faible de l'Energie

Inconvénients :

Les limites de cette technique sont de plusieurs ordres :

Chapitre V : Etude des techniques d'irrigation des cultures

- Coût de réalisation (onéreux)
- Spécificité et qualité du sol
- Topographie (sols plats)
- Utilisation d'une eau saine et pure

V.3 L'irrigation par sous pression :

Il s'agit d'une technique moderne dont la réalisation impérative d'un réseau hydraulique appropriée et conçu selon des normes scientifiques basées sur des critères de choix en rapport à toutes conditions climatiques, topographiques, géologiques , pédologiques et hydrogéologiques ainsi le connaissance parfaite de l'origine de la ressource existante et disponible et l'étude préalable de son bassin versant . Cette technique exige une infrastructure cohérente avec apport à des motopompes si l'eau utilisée est acheminée par voie de pompage. Donc, il s'agit d'un ensemble d'équipements hydrauliques à fonctionnement simultané , exigeant la présence de tout un personnel qualifié et chargé à exécuter des tâches spécifiques pour le bon déroulement des phases de production de l'eau et de la distribution .

V.3.1 l'irrigation par aspersion :

L'eau est acheminée aux cultures sous forme de pluie artificielle, grâce au différents asperseurs alimentés en eau sous pression.



Chapitre V : Etude des techniques d'irrigation des cultures

Figure. V.1 : l'irrigation par aspersion.

Les avantages :

- Provoque une forte oxygénation de l'eau.
- Economie d'eau.
- Favorise les conditions ambiantes autour des plants.
- Possibilité d'automatisation du système d'irrigation.
- Frais dérisoires de la main d'œuvre.

Les inconvénients :

- Coût élevé de l'investissement (achat du matériel).
- Tassement du sol (engins agricoles)
- Développement de mauvaises herbes.
- Déplacement permanent du matériel de surface (Rampe d'irrigation)
- Contrainte au vent (irrigation perturbée)
- Qualité de l'eau.

V.3.2 l'irrigation par pivot :

Le pivot est une machine d'irrigation automatique arrosant un cercle actionné par l'énergie électrique, l'eau est distribuée par des travées alignées bout à bout et tournant de manière synchronisée autour d'un point central.



Figure. V.2 : l'irrigation par pivot

Les avantages :

Permet de reproduire au mieux la pluie.

Adaptée au terrain en relief accidenté (en pente ou vallonné).

Evite tout ruissellement et dégradation du sol.

Permet de lutter très efficacement contre le gel.

Permet une économie d'eau important particulièrement pour la région aride et semi-aride.

Adapté au sol léger très perméable.

Assure une répartition homogène de l'eau d'irrigation.

Assure une meilleure oxygénation de l'eau d'irrigation.

Les inconvénients :

- Répartition déficiente de l'eau par grand vent.
- Risque d'accident mécanique.
- Dépense d'énergie.
- Difficulté d'arroser l'angle en parcelles rectangulaire.
- Frais d'établissement élevé.

V.4 L'irrigation localisée (goutte à goutte) :

L'irrigation localisée apporte l'eau nécessaire directement au pied des végétaux. Ce sont des systèmes très utilisés en maraichage, en arboriculture et en horticulture. Le plus connu de ces principes est sans doute le «goutte à goutte », d'autres systèmes existent également tels que les tubes poreux alignés sur le sol ou mini-asperseurs. Ces derniers sont utilisés notamment en arboriculture (Mekki, 1988). L'eau est acheminée aux cultures au moyen de tuyaux munis de goutteurs et s'écoule par ceux-ci sous forme de gouttes avec un faible débit.

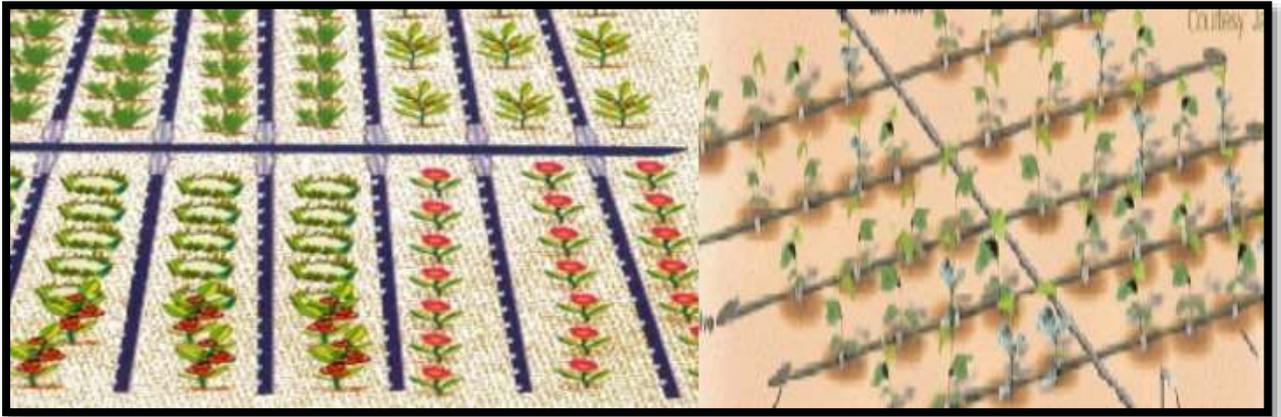


Figure. V.3 : Système d'irrigation localisée

V.4.1 Composition d'une installation goutte à goutte :

a) Point de fourniture d'eau :

Une crépine filtrante peut être nécessaire si la ressource en eau, constituée par un petit barrage (lac collinaire) ou un cours d'eau, contient de la matière organique ou des particules en suspension, mais non si elle est relativement propre (Veschambre&Vaysse, 1980).

b) L'unité de tête :

Cette unité est reliée au point de fourniture d'eau elle permet de réguler la pression et le débit, de filtrer l'eau et d'y introduire des éléments fertilisants. Parfois, des régulateurs de pression et des filtres secondaires sont placés en tête des porte-rampes ou même des rampes.

Pour introduire des éléments fertilisants, on utilise le plus souvent un réservoir que l'on remplit d'engrais solubles, azote en particulier : c'est un petit récipient sous pression avec une entrée et une sortie.

V.4.2 Conduites et rampes :

a) La conduite principale :

C'est la conduite qui relie au point de fourniture d'eau les divers porte-rampes. Elle peut être en amiante ciment, en PVC rigide ou en acier galvanisé comme en irrigation par aspersion. Pour les petites installations, du polyéthylène haute densité peut également être utilisé.

Chapitre V : Etude des techniques d'irrigation des cultures

b) Le porte-rampes :

C'est la conduite qui alimente les rampes d'un seul côté ou des deux côtés. Ils peuvent être soit en polyéthylène moyenne densité (PE), soit en chlorure de polyvinyle rigide (PVC).

c) Les rampes :

Ce sont les conduites qui généralement en PEBD (polyéthylène basse densité), et sont équipés de distributeurs. Les distributeurs y sont fixés avec un espacement prédéterminé.

d) Les distributeurs :

Les distributeurs constituent la partie essentielle de l'installation. C'est à partir d'eux que l'eau sort, à la pression atmosphérique, en débits faibles et réguliers (quelques l/h). Il existe de nombreux types différents, des ajutages ou des mini diffuseurs dont le débit est un peu plus important (quelques dizaines de l/h).

Les Avantages :

Meilleur développement des cultures dû à l'humidification permanent de la couche active de sol .

- Economie d'eau et de la main d'œuvres (système fixe).
- Réduction des mauvaises herbes.
- Réduction de l'évaporation.
- Economie d'engrais.
- Possibilité d'automatisation.

Les inconvénients :

- Investissement Onéreux (achat matériel).
- Risque d'obstruction des goutteurs.
- Nécessité d'une main d'œuvre spécialisée.
- Apte seulement pour les cultures en ligne (arboricoles et maraîchères).

V.5 Choix de la technique d'arrosage :

Pour pouvoir choisir la technique d'irrigation convenable , il est nécessaire de savoir les contraintes de chaque type d'arrosage .

Une analyse multicritères du choix des techniques d'arrosage basée sur les différents contraintes , résume le choix adéquat pour le zone considérée.

Tableau IV. 1 : Analyse multicritères de choix de technique d'arrosage

Contraintes	Irrigation de surface		Irrigation par Aspersion	Irrigation localisée
	Par Rigole	Par Planche		

Chapitre V : Etude des techniques d'irrigation des cultures

Contraintes				
naturelle	+	+	++	++
Evaporation	+++	+++	++	+++
▪ Vent	++	++	++	+++
▪ Texture (limono-argileuse)	++	++	+++	++
Perméabilité (moy)				
▪ Pente (<0.5%)	+++	+++	+++	+++
▪ Qualité d'eau d'irrigation (bonne)	+++	+++	+++	+++
Contraintes agronomique				
Maraîchage				
céréales	+++	++	++	+++
arbres	x	x	+++	x
C. technique	+++	+	x	+++
Personnel qualifié	+++	+++	+++	+++
économie d'eau	x	x	++	+++

Remarque :

- x : Déconseillé.
- + : Adapté avec réserve.
- ++ : Adapté.
- +++ : Très Adapté.

D'après l'analyse multicritères de choix de technique d'arrosage et en tenant, compte des facteurs (sol – climat - plante) de notre zone d'étude, on a choisi la technique d'irrigation par Aspersion a une pression de service égale 5 à 6 bar au niveau de la prise d'irrigation.

IV.6 L'asperseur :

Introduction :

En irrigation par aspersion, l'eau parvient aux cultures d'une façon qui imite la chute naturelle de la pluie, grâce à l'utilisation de divers appareils de projection alimentés sous pression, choisis et disposés de façon à obtenir la répartition la plus uniforme possible de la pluviométrie sous forme des pluies artificielles .

L'arrosage des pelouses des villes et des potagers ,puis s'est répandue véritablement en grandes cultures après les années 1930 avec l'arrivée sur le marché de matériel de pompage de plus en plus perfectionné et de la tuyauterie légère ,aucun nivellement de la surface à irriguer n'est nécessaire ,mais la pente du terrain doit en principe dépasser les 10 % ,l'irrigation par aspersion est utilisée pour l'arrosage des divers cultures fourragères

Maraichères, florales, céréales, vergers, vignes.

IV.6.1 Aspersion simple :



Figure V.4 :1'aspersion simple

La plupart des asperseurs agricoles sont actionnés par un batteur, du type à impact rotatif lent, à buse unique ou double. L'asperseur projette en l'air des jets d'eau, qui se répandent sous la forme de gouttes de pluie sur une superficie circulaire du champ. Ces asperseurs existent en divers débits, dimensions de buses, pressions de service, et diamètres du cercle mouillé (ou diamètre de couverture), en cercle complet ou partiel. Ils sont classifiés en basse, moyenne et haute pression ;

- Asperseur de très basse pression : (10 à 100 KPa ou 0,1 à 1 bars).
- Asperseur de basse pression : (100 à 200 KPa ou 1 à 2 bars).
- Asperseur de moyenne pression : (20 à 40 KPa a ou 2 à 4 bars).

Chapitre V : Etude des techniques d'irrigation des cultures

- Canon d'arrosage à haute pression : (au-dessus de 400 KPa ou >4 bars). (6)

IV.6.2 Les micro-asperseurs :

Ce sont de petits asperseurs en plastique de faible capacité avec des débits inférieurs à 0.3 m^3 par heure. Leurs principales caractéristiques sont : leur vitesse rapide de rotation, moins d'une minute par rotation ; le très petit diamètre des gouttes d'eau et le faible angle du jet d'eau au-dessus de la buse. Ils n'ont qu'une buse d'environ 2 mm de diamètre. Ils ont un débit de 0.15 à $0.25 \text{ m}^3/\text{h}$ sous 20 mce de pression. Ils arrosent un cercle complet d'un diamètre de 10 à 12 m. Montés sur des piquets métalliques ou plastiques de 60 cm de hauteur plantés dans le sol. (4)

IV.6.3 Aspersion par machines à irriguer :

Les machines à irriguer sont employées pour l'arrosage des grandes exploitations, il existe plusieurs types dont on peut citer :

IV.6.3.1 L'enrouleur :

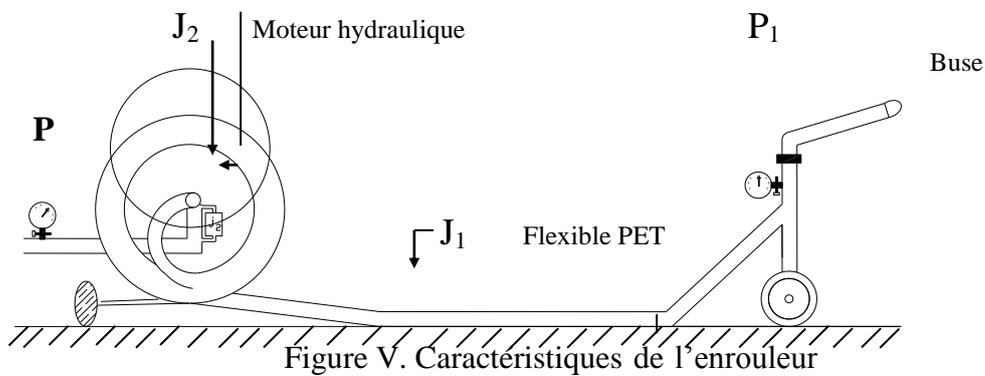


Figure V. 5 : l'enrouleur

Le système d'irrigation par aspersion à enrouleurs à rampes repliables est un système mécanisé complètement automatique, aisé à transporter d'un champ à l'autre. La rampe d'aspersion, montée sur un chariot muni de roues à une hauteur de 1,3 à 2,5 m au-dessus du sol, est traînée à l'extrémité du champ jusqu'à 400 m du corps principal de l'engin (un bâti surmonté d'un tambour) qui reste près de la borne. Le chariot est relié au bâti par un long tuyau en PE posé sur le sol. Pendant le fonctionnement, le tuyau s'enroule sur le tambour fixé sur le corps principal

Chapitre V : Etude des techniques d'irrigation des cultures

en tractant vers l'arrière le chariot avec la rampe mobile qui irrigue une bande de terrain, jusqu'à ce que toute la longueur du champ soit couverte. Les rampes repliables d'aspersion sont des systèmes compacts opérant à basse et moyenne pression (3 à 4,5 bars). La superficie irriguée par tour (secteur) est de l'ordre de 0,4 à 2 ha selon la dimension de l'unité. Ces systèmes sont utilisés pour l'irrigation des fourrages, céréales, pommes de terre, arachides ainsi que la plupart des cultures industrielles de plein champ ; ils sont beaucoup employés pour l'irrigation supplémentaire des céréales (blé et orge) durant les mois d'hiver



$$\begin{array}{ccccccc}
 P & = & P_1 & + & J_1 & + & J_2 \\
 \text{Pression} & & \text{Pression} & & \text{perte de charge} & & \text{perte de charge} \\
 \text{nécessaire} & & \text{nécessaire} & & \text{dans le flexible} & & \text{dans le moteur} \\
 \text{entrée enrouleur} & & \text{au canon} & & & & \text{hydraulique}
 \end{array}$$

Figure V.6 ; la rouleur.

IV.6.3.2 Les rampes automotrices articulées :

Le système d'irrigation par aspersion à rampes automotrices est constitué d'une seule conduite d'arrosage de diamètre relativement grand, composée de tuyaux en acier léger galvanisé ou aluminium à haute résistance, suspendus au-dessus du sol par de longues structures métalliques et/ou des câbles et posés sur des tours mobiles sur roues actionnées par un moteur électrique.

Ce système nous propose deux variantes qui sont :

IV.6.3.3 Les rampes pivotantes :

Le pivot central linéaire est un autre type courant de système portatif pouvant irriguer des champs de forme rectangulaire ou carrée au moyen d'un canal de fourniture de l'eau parallèle à

Chapitre V : Etude des techniques d'irrigation des cultures

la direction de déplacement de la ligne d'arrosage, ou à l'aide d'un tuyau d'alimentation souple. Ce procédé nécessite aussi un système de guidage permettant à la machine de ne pas dévier de sa trajectoire normale.

Conclusion :

Les possibilités économiquement d'irrigation à grande échelle ont déjà été exploitées. D'autre part, comme la demande s'accroît pour des ressources hydriques limitées, l'utilisation judicieuse des surfaces disponibles et des ressources souterraines est aujourd'hui fondamentale. En conséquence, l'irrigation est devenue un domaine très technique nécessitant la compilation de nombreuses données sur les ressources globales, la qualité du sol et l'état des nappes phréatiques, une tâche qui dépasse souvent les moyens d'une exploitation agricole privée. Un des grands domaines de recherche aujourd'hui est le développement de techniques qui préservent les terres déjà irriguées

Toutes les eaux d'irrigation, quelle que soit leur source, contiennent du sel qui s'infiltre dans les nappes phréatiques. Lorsque l'écoulement est médiocre et que la nappe phréatique est proche du niveau des racines, la concentration en sel empêche la croissance des plantes. On sait aujourd'hui qu'un bon système de drainage qui maintient le niveau de la nappe phréatique bien en dessous du niveau des racines et permet à l'eau d'évacuer le sel de la couche arable est une composante essentielle de tout système d'irrigation efficace.

Dans notre cas le réseau qu'on projettera vise à irriguer une parcelle plantée des cultures maraîchères, donc le choix le plus judicieux est l'irrigation par aspersion.

Chapitre VI

Dimensionnement de réseau d'irrigation

Chapitre 6 : Dimensionnement de Réseau d'irrigation

Introduction :

Dans ce chapitre ont consacré le dimensionnement du projet d'Etude en vue de la réalisation d'un réseau d'irrigation , projeté sur une partie choisie englobant une superficie de 223 Ha sur les 2800Ha qui constituent l'actuel réseau hydraulique du périmètre à réseau hydraulique sous pression , constitué de conduites enterrées, qui font acheminer l'eau pompée à partir de la station de pompage après un transit à travers un bassin de régulation qui régularise la distribution aux.

Différentes exploitations agricoles dont chacune dispose d'une prise d'eau (Borne) ou bouche d'arrosage qui sert De source d'alimentation Pour l'irrigation.

Le dimensionnement du réseau d'irrigation a pour but la détermination de différents paramètres hydrauliques afin d'assurer de parvenir à concevoir un ensemble d'ouvrages hydrauliques, conçu selon des normes techniques spécifiques et fonctionnant de façon simultanée en vue de permettre par différentes phases de fonctionnement.

VI.1 Description du Schéma de distribution :

Le principe de distribution repose sur trois (03) phases distinctes mais à fonctionnement simultané allant de l'aspiration (alimentation en eau à partir du barrage Lakhel d'une capacité de 30 Hm, via une conduite d'amenée Ø 1200 mm). La deuxième phase constitue de refouler cette eau par voie mécanique (02, motopompes à moyen débit = 02 pompes fonctionnelles et une de réserve , via une conduite de refoulement Ø 600 mm) . La troisième phase représente le stockage de cette eau dans un bassin de régulation d'une capacité de 3000 m³, destiné à être distribué dans un réseau hydraulique couvrant une superficie de 223 Ha, représente le réseau étudié par mes soins dans le cadre de sa conception sur ce mémoire de fin d'études que nous allons présenter. En général le fonctionnement de toutes les opérations, justifie l'existence que de trois (03) phases dites : A.R.D (Amenée, Refoulement et Distribution) .

Chapitre 6 : Dimensionnement de Réseau d'irrigation

VI.2 Choix Du Trace :

Le choix du tracé des conduites de distribution est opéré selon plusieurs paramètres techniques topographiques, géologiques et géographiques à respecter pour garantir un écoulement gravitaire contrôlé.

- Topographie du terrain.
- Pédologie (Structure, texture, capacité de rétention et l'humidité relative).
- Climatologie de la zone étudiée (ETP et ETR).
- Type de cultures à irriguer.
- Choix du système (sous pression).
- Recherche du profil en long de la conduite pour l'acheminer dans un tracé dépourvu de contre-pentes.
- Minimisation de la longueur du projet (réduction du coût du projet).
- Obligation d'éviter les traversées via des obstacles naturels ou artificiels (Terrain marécageux, canaux et les oueds).

VI.3 La méthodologie de dimensionnement :

La détermination des diamètres des diverses conduites et leurs longueurs, est basée sur des éléments et des hypothèses étudiés :

- Tracé du réseau (Longueurs de tronçons)
- Débits effectifs dans chaque tronçon.
- Surface des îlots de chaque tronçon.
- Pertes de charges totales dans chaque tronçon.
- Choix de la côte du point de distribution à la tête du réseau.
- Choix des côtes naturelles du terrain et l'emplacement des bornes.
- Préservation du cadre foncier initial des parcelles cadastrées se trouvant dans l'espace d'étude.

Les diamètres choisis dans la conception du réseau, est effectuée, en tenant compte de :

- Le calcul de la pression de service dans notre projet est assuré par une pression variée entre **(05-06)**bars, normalisée à provoquer un bon fonctionnement du système d'irrigation mis en place dans la technique d'aspersion.
- Le coût global d'investissement du projet

Chapitre 6 : Dimensionnement de Réseau d'irrigation

VI.4 Implantation des bornes d'irrigation :

Le choix de l'emplacement de chaque borne, reste en priorité le premier paramètre technique à respecter dans le cadre de l'Etude en rapport à la conception du réseau destiné à distribuer l'eau dans plusieurs points d'irrigation.

La réduction dans le nombre de bornes à utiliser pour réduire en parallèle le coût d'investissements et la possibilité de faciliter aux agriculteurs l'utilisation de prises d'eaux proches de leurs parcelles afin de provoquer des conditions de travail favorables avec en prime l'utilisation d'un matériel de surface (des canalisations mobiles) accessible à leurs bourses .

On admet généralement que l'implantation des bornes répond aux critères suivants :

- Une prise par îlot d'exploitation (parcelle cadastré)
- La borne est composée de quatre (04) prises d'eaux dont chacune serait utilisée par un seul irrigant

La borne devrait être mise en place de préférence au centre de l'îlot d'exploitation) à grandes surfaces et à la limite de l'exploitation à surfaces réduites.

La conception du réseau en rapport à la pression de service retenue, le fonctionnement simultané des prises d'eau et le volume destiné à la distribution, retient la mise en place de 86 hydrants (prises d'eaux ou bornes sur toute la surface du secteur de la zone d'étude.

VI.4.1 Choix du type de la borne mise en place :

Elle dépend de la surface :

- Pour la surface >10 ha = Une borne à quatre (04) prises.
- Pour la surface < 10 ha= Une borne à deux (02) prises.

VI.4.2 Débit aux bornes :

Le calcul des débits aux bornes, est basé sur :

- la superficie à couvrir par hectares
- le débit spécifique (Q_s) en l/s/ha

VI.5 Dimensionnement du réservoir :

Notre réservoir est situé à EL Hachimia à une altitude de 164 m. Le réservoir est reçoit L'eau refoulé par la station de pompage qui se fonctionne 20h/24h. Pour dimensionner ce réservoir on utilise la formule suivante :

Volume du réservoir :

$$V_r = \frac{a \cdot Q_{max}}{100}$$

Avec : V_r : capacité en (m^3)

Chapitre 6 : Dimensionnement de Réseau d'irrigation

a : fraction horaire du débit maximum journalier (%).

$Q_{\max j}$: La consommation maximale journalière (m^3/j).

$Q_{\text{départ}} = 217.65(l/s) = 17704.96(m^3/s)$

a) Calcul la fraction horaire a :

Tableau VI.1 : Evaluation du volume résiduel du réservoir :

Heure	Arrive au R	Depart vers le réseau	Surplus	Deficit	Residus
	%	%	%	%	%
0-1	5	4,17	0,83	--	3,32
1-2	5	4,17	0,83	--	4,15
2-3	5	4,17	0,83	--	4,98
3-4	5	4,17	0,83	--	5,81
4-5	5	4,17	0,83	--	6,64
5-6	5	4,17	0,83	--	7,47
6-7	5	4,17	0,83	--	8,3
7-8	5	4,17	0,83	--	9,13
8-9	5	4,17	0,83	--	9,96
9-10	5	4,17	0,83	--	10,79
10-11	5	4,17	0,83	--	11,62
11-12	5	4,17	0,83	--	12,45
12-13	5	4,17	0,83	--	13,28
13-14	5	4,17	0,83	--	14,11
14-15	5	4,17	0,83	--	14,94
15-16	5	4,17	0,83	--	15,77
16-17	5	4,17	0,83	--	16,6
17-18	0	4,17	--	4,17	12,43
18-19	0	4,17	--	4,17	8,26
19-20	0	4,17	--	4,17	4,17
20-21	0	4,17	--	4,17	0
21-22	5	4,17	0,83	--	0,83
22-23	5	4,17	0,83	--	1,66
23-24	5	4,17	0,83	--	2,49
Total	100%	100%	16,6	16,7	--

D'après le tableau $a=16,6\%$

Donc $V_r = 16,7 * 17704.96 / 100 = 2956.72 m^3$

La capacité normalisée sera $V_r = 3000 m^3$

b) Les dimensions du réservoir (hauteur, longueur, largeur) :

On prend :

- Une hauteur de 5 mètres.

Chapitre 6 : Dimensionnement de Réseau d'irrigation

- La géométrie de ce réservoir est rectangulaire.
- La longueur est 30 m.
- La largeur est 20 m.

VI.6 Dimensionnement de la conduite enterrée à mode gravitaire :

Après la détermination des débits (pression de service) aux bornes, nous entamons le dimensionnement des différentes conduites à placer dans les tronçons à relier les conduites secondaire à servir d'emplacement aux dix-huit (18) bornes retenues dans le cadre de notre projet pour l'irrigation de 223 Ha Nécessitant l'apport de ce calcul complexe par l'utilisation du logiciel EPANET. Il permet de vérifier les vitesses admissibles suivant le **(tableau VI-3)** et les pressions de service dans chaque borne. Les résultats sont résumés dans le tableau :

Tableau VI.2 les vitesses admissibles

Diamètre (mm)	Seuil des vitesses admissibles (m/s)	
	Vitesse min (m/s)	Vitesse max (m/s)
100	0,20	1.80
125	0,25	1.85
150	0,25	1.95
200	0,35	2
250	0,40	2
300	0,40	2
350	0,40	2
400	0,50	2
500	0,50	2
600	0,50	2
700	0,50	2
800	0,50	2

Le calcul de débit des bornes est résumé dans le tableau ci-après

Tableau VI.3 Calcul des débits des bornes.

point	x	y	z	qs (l/s/ha)	surface (ha)	nb de prise	Qborne(l/s)
P0	569871	4011051	693				

Chapitre 6 : Dimensionnement de Réseau d'irrigation

N1	570105	4010931	701				
B1	570194	4011029	701	0.976	10.60	2	10.3456
N2	570332	4010782	701				
B2	570445	4010893	703	0.976	10.00	2	9.76
B3	570280	4010721	700	0.976	10.80	2	10.5408
N3	570486	4010682	705				
B4	570729	4010660	703	0.976	11.10	4	10.8336
N4	570594	4010438	703				
B5	570712	4010481	702	0.976	6.56	2	6.40256
N5	570733	4010342	704				
B7	570789	4010110	705	0.976	13.10	4	10.1504
N6	570944	4010230	707				
B6	571161	4010226	708	0.976	10.40	2	12.7856
B8	571118	4009896	713	0.976	14.90	4	14.5424
N7	571352	4009927	710				
B9	571555	4009882	709	0.976	8.94	2	8.72544
B10	571420	4009665	714	0.976	11.20	4	10.9312
N8	569867	401090	694				
B11	57001	4010636	699	0.976	11.90	4	11.6144
N9	570253	4010634	700				
B12	570365	4010407	704	0.976	17.50	4	17.08
N10	570107	4010382	689				
B13	570306	4010060	706	0.976	17.10	4	16.6896
N11	570495	4010128	706				
B14	570512	4009831	708	0.976	11.2	4	10.9312
N12	570709	4009980	708				
B15	570742	4009783	710	0.976	12.6	4	12.2976
N13	570898	4009861	709				
B16	571061	4009561	715	0.976	17.2	4	16.7872
N14	570836	4009330	715				
B17	571026	4009194	718	0.976	15.3	4	14.9328
B18	570662	4009381	715	0.976	10.2	2	9.9552

VI.6.1- Calcul des diamètres des conduites :

On fait la détermination des diamètres calculée, pour cela on utilise la formule suivante :

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q}{\Pi * V}}$$

Au début, on va fixer la vitesse en **1.15m/s**, dans ce cas on a déterminé le calcul du diamètre.

Faut normalise les résultats en fonction de la dimension commerciale des conduites,
puis

On vérifie la nouvelle vitesse :

Chapitre 6 : Dimensionnement de Réseau d'irrigation

$$V = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * D^2}}$$

Tableau VI.3 : Diamètres des différents tronçons : Vérification des vitesses admissibles et des Pertes de charges de chaque borne.

On fait la détermination des diamètres, pour cela on utilise la formule suivante :

Tableau VI.4 Calcul du diamètre normalisé :

Tronçon		Altitude (m)		Longueur	Q	C _{calculée}	D _{normalisée}
Début	La fin	Début	La fin	m	m ³ /s	mm	mm
Réservoir	P ₀	764	693	2833	0.2177	480.68	500
P ₀	N1	693	701	271	0.11	333.90	350
P0	N8	693	694	151	0.11029	342.17	350
N1	B1	701	701	133	0.01035	104.80	125
N1	N2	701	701	270	0.09472	317.10	350
N2	B2	701	702	159	0.00976	101.79	125
N2	B3	701	700	81.6	0.01054	105.78	125
N2	N3	701	700	187	0.07432	280.88	300
N3	B4	705	703	245	0.01083	107.24	125
N3	N4	705	703	267	0.06354	259.71	300
N4	B5	703	702	130	0.00640	82.44	100
N4	N5	703	704	165	0.05714	246.28	250
N5	B7	704	703	242	0.01015	103.80	125
N5	N6	704	707	236	0.04700	223.37	250
N6	B6	707	708	216	0.01279	116.50	150
N6	B8	707	713	382	0.01454	124.25	150
N6	N7	707	710	496	0.01966	144.45	150
N7	B9	710	709	207	0.00873	96.24	100
N7	B10	710	714	270	0.01093	107.72	125
N8	B11	694	699	306	0.01161	111.04	125
N8	N9	694	700	459	0.09867	323.65	350
N9	B12	700	704	278	0.01708	134.65	150
N9	N10	700	689	296	0.08159	294.31	300
N10	B13	689	706	382	0.01669	133.11	150
N10	N11	689	706	453	0.06490	262.49	300
N11	B14	706	710	297	0.01093	107.72	125
N11	N12	706	708	250	0.05397		250

Chapitre 6 : Dimensionnement de Réseau d'irrigation

						239.36	
N12	B15	708	710	203	0.01230	114.26	125
N12	N13	708	709	222	0.04168	210.35	250
N13	B16	709	715	344	0.01679	133.49	150
N13	N14	709	708	518	0.02489	162.55	200
N14	B17	708	718	233	0.01493	125.91	150
N14	B18	708	715	182	0.00996	102.80	125

On donne les résultats de simulation par l'Epanet dans le tableau suivant :

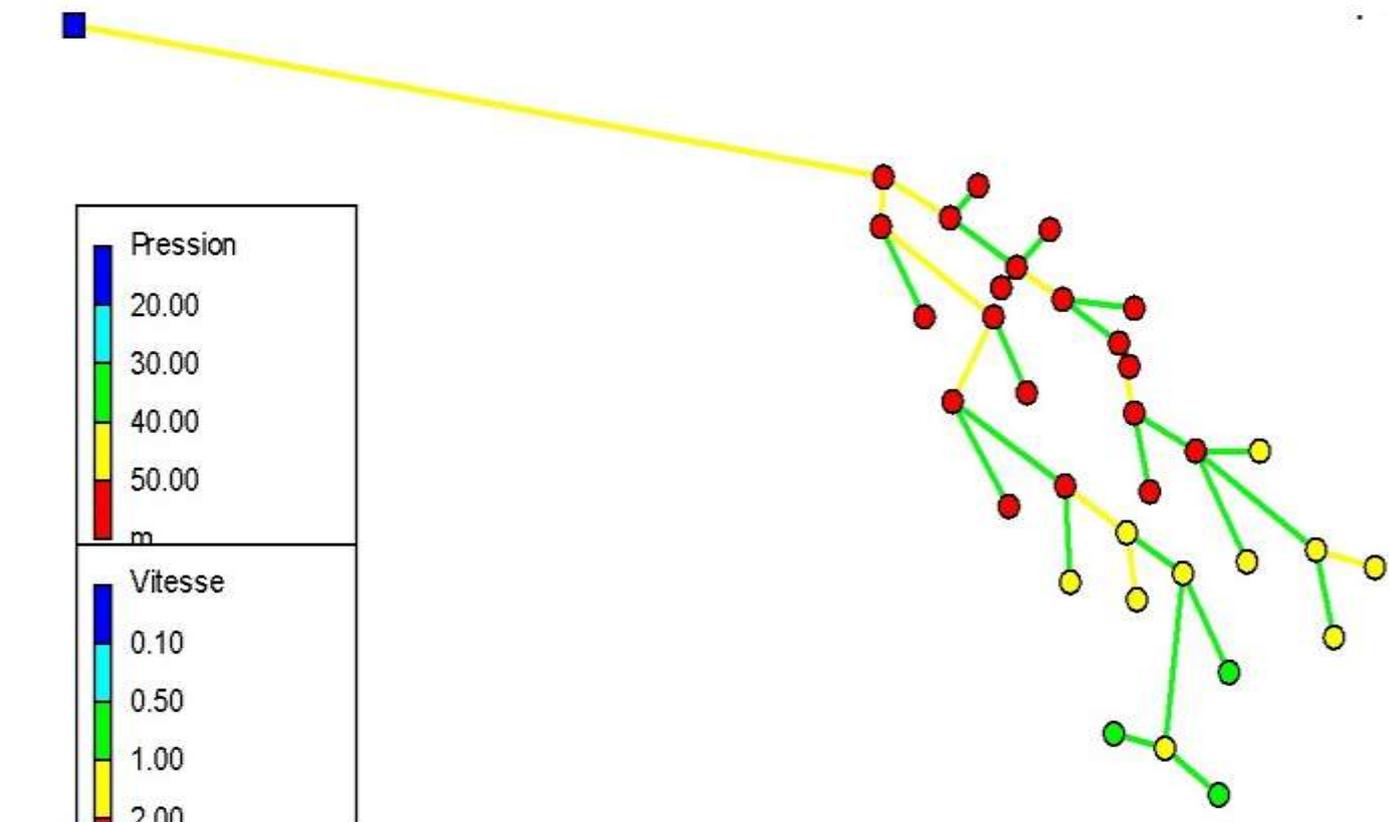
Tableau VI.5 Calcul la vitesse, perte de charge et la pression

les traçants	Vitesse	Pert de Charge Unitaire	Pression	
unité	m/s	m/km	m	
Tuyau cn1-n2	0.98	2.36	Nœud N1	60.89
Tuyau cn2-n3	1.05	3.24	Nœud N2	60.25
Tuyau cn3-n4	0.90	2.40	Nœud N3	55.64
Tuyau cn4-n5	1.16	4.91	Nœud N4	57
Tuyau cn5-n6	0.96	3.38	Nœud N5	55.19
Tuyau cn6-n7	0.63	1.98	Nœud N6	51.39
Tuyau cn3-b4	0.88	6.81	Nœud N7	47.41
Tuyau cb4-b5	0.81	7.73	Nœud B1	60.06
Tuyau cn6-b8	0.82	4.75	Nœud B4	55.97
Tuyau cn6-b6	0.72	3.72	Nœud B5	57
Tuyau cn7-b9	1.11	13.92	Nœud B8	43.58
Tuyau cn7-b10	0.89	6.93	Nœud B9	45.53
Tuyau cr-p0	1.09	1.88	Nœud B10	41.54
Tuyau cp0-n1	1.09	2.88	Nœud B6	49.59
Tuyau cn2-b2	0.80	5.59	Nœud P0	69.67
Tuyau cn1-b1	0.84	6.24	Nœud B2	58.36
Tuyau cn5-b7	0.83	6.02	Nœud B7	54.73
Tuyau cn2-b3	0.86	6.47	Nœud B3	60.72
Tuyau cp0-n8	1.14	3.15	Nœud N8	68.19
Tuyau cn8-n9	1.02	2.54	Nœud N9	61.03
Tuyau cn9-n10	1.15	3.84	Nœud N10	70.89
Tuyau cn10-n11	0.91	2.47	Nœud N11	52.77
Tuyau cn11-n12	1.09	4.34	Nœud N12	49.69
Tuyau cn12-n13	0.84	2.64	Nœud N13	48.1
Tuyau cn8-b11	0.95	7.78	Nœud N14	47.54

Chapitre 6 : Dimensionnement de Réseau d'irrigation

Tuyau cn9-b12	0.97	6.46	Nœud B11	60.81
Tuyau cn10-b13	0.95	6.19	Nœud B12	55.23
Tuyau cn11-b14	0.89	6.93	Nœud B13	51.53
Tuyau cn12-b15	1.00	8.68	Nœud B14	46.72
Tuyau cn13-b16	0.95	6.25	Nœud B15	45.93
Tuyau cn13-n14	0.78	3.01	Nœud B16	39.95
Tuyau cn14-17	0.84	5.00	Nœud B17	36.38
Tuyau cn14-b18	0.78	5.36	Nœud B18	39.57

Figure VI.1 Résultat de la simulation hydraulique a l'aide du logiciel Epanet



VI.6.2-Dimensionnement les diamètres des bornes :

Les diamètres des en fonction des débits sont détaillés comme suit :

Chapitre 6 : Dimensionnement de Réseau d'irrigation

Tableau VI.6 Les diamètres des en fonction des débits

debit fourni (l/s)	diametre de la borne
$Q \leq 11.1$	D= 65 mm
$22.22 \leq Q \leq 33.33$	D=150 mm
$11.1 \leq Q \leq 22.22$	D=100 mm

VI.6.3 Le choix du type de la borne :

Tableau VI.7 Le choix du type de la borne

type	Entrée	Sortie (prise)
A2	1entée Φ 80,100	2 sorties Φ 6 5
A4	2entées Φ 80,100	4 sorties Φ 6 5
B	2entées Φ 80, 100,125	2 sorties Φ 100
C	2entées Φ 80, 100,125	1 sorties Φ 150

On donne les diamètres ; les types d'entrée et sortie du bornes et du prises en fonction de surface des ilots dans le tableau suivant :

Tableau VI.8 Le choix du type d'entrée et sortie des bornes

borne N°	Surface d'ilot (ha)	débit de borne (l/s)	Type (borne)	Φ borne (mm)	nombre de prise (sotie)	Φ prise (mm)
B1	10.60	10.3456	A2	65	2	65
B2	10.00	9.76	A2	65	2	65
B3	10.80	10.5408	A2	65	2	65
B4	11.10	10.8336	A2	65	2	65
B5	6.56	6.40256	A2	65	2	65
B6	13.10	12.7856	A4	100	4	100
B7	10.40	10.1504	A2	65	2	65
B8	14.90	14.5424	A4	100	4	100
B9	8.94	8.72544	A2	65	2	65
B10	11.20	10.9312	A2	65	2	65
B11	11.90	11.6144	A4	100	4	100
B12	17.50	17.08	A4	100	4	100
B13	17.10	16.6896	A4	100	4	100
B14	11.2	10.9312	A2	65	2	65

Chapitre 6 : Dimensionnement de Réseau d'irrigation

B15	12.6	12.2976	A4	100	4	100
B16	17.2	16.7872	A2	65	2	65
B17	15.3	14.9328	A4	100	4	100
B18	10.2	9.9552	A2	65	2	65

VI.7 Dimensionnement d'un système d'irrigation par aspersion :

L'installation d'un système à mode d'aspersion semi-mobile, composé de canalisations principales, secondaires et tertiaires, souterraines et un matériel de surface (rampes mobiles) sur prise d'eau à la parcelle.

Pour justifier l'efficacité du dimensionnement, l'exemple suivant sur un îlot d'exploitation est pris en compte pour servir d'expérimentation dans la pratique d'une culture maraichère sur une superficie de **17.5 ha**.

VI.7.1 Détermination du diamètre d'ajutage, le nombre d'asperseurs à utiliser et le nombre de rampes à mettre en place :

VI.7.1.1 Le diamètre de l'ajutage :

La perméabilité du sol $K = 10 \text{ mm/h}$.

Tableau IV-9 Vitesse d'infiltration pour chaque type de sol

Nature de sol	Vitesse d'arrosage mm/h
Sablonneux	50
Limono - sablonneux	25
Limons	15
Argileux	5

On pose $p \leq K$ tel que p : pluviométrie de la buse.

Le diamètre de la buse se calcul par la relation suivante :

$$p = \frac{1.5 \times d}{1.04} \dots \dots \dots \text{VI(1)}$$

La vitesse du vent de la zone est faible.

D'où :
$$d = \frac{1.04 \times 10}{1.5} = 6.93 \text{ mm}$$

D'après la fiche technique de l'asperseur (voir l'annexe N°), le diamètre de la buse normalisée le plus proche est de **7 mm**

VI.7.1.2 La portée de jet :

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

Chapitre 6 : Dimensionnement de Réseau d'irrigation

$$L = 3 \times d^{0.5} \times h^{0.25} \dots\dots VI(2)$$

Ou d : le diamètre de la buse en (mm).

h : la pression à la buse (m)

$$L = 3 \times 7^{0.5} \times 55.23^{0.25} \Rightarrow L = 21.637 \text{ m.}$$

VI.7.1.3- Ecartement entre les rampes et les arroseurs :

Les normes américaines recommandent l'écartement maximum suivant :

- la longueur des lignes d'arrosages : **1.3 à 1.02 L.**
- La longueur des arroseurs sur la rampe : **0.8 à 0.5 L.**

es valeurs maximales correspondent à des conditions de vent peu violent (< 10 Km/h).

Les valeurs minimum correspondent à des conditions de vitesse de vent assez dures (> 15Km/h).

Donc on prend des valeurs maximales :

- $E_l = 1.3 \times 21.637 = 28.13 \text{ m}$
- $E_a = 0.8 \times 21.637 = 16.50 \text{ m}$

Donc on prend : $E_l = 24 \text{ m}$ et $E_a = 24 \text{ m}$

VI.7.1.4 Débit de l'asperseur :

Le débit d'un asperseur se calcul, par la relation suivante :

$$q = 0.95 \times (\pi \times d^2 / 4) \times \sqrt{2 \times g \times h} \dots\dots\dots VI(3)$$

$$D'où : q = 0.95 \times (\pi \times (7 \times 10^{-3})^2 / 4) \times \sqrt{2 \times 9.81 \times 55.23} \Rightarrow q = 0.0012 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$q = 0.0012 \times 3600 \Rightarrow q = 4.32 \text{ m}^3/\text{h}$$

Vérification de la pluviométrie de la buse :

Si on admet que l'écartement est proportionnel à L, la pluviométrie horaire P en (mm/h) peut être appréciée via la relation :

$$P = \frac{q}{E_l \times E_a} \dots\dots\dots VI(4)$$

$$D'où : P = \frac{4.32 \times 10^3}{24 \times 32} \Rightarrow P = 5.625 \text{ mm/h.}$$

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

Chapitre 6 : Dimensionnement de Réseau d'irrigation

Le temps T pour donner une dose par un asperseur sans dépasser la capacité d'infiltration se calcul d'après la relation suivante :

$$T = \frac{\text{dose}}{p} \dots\dots\dots\text{VI(5)}$$

Tel que :

La dose est la réserve facilement utilisable RFU en (mm).

$$\text{RFU} = 2/3 \times (\text{H}_r - \text{H}_{pf}) \times h \times d_a$$

Avec

- H_r : humidité au point de rétention.
- H_{pf} : humidité au point de flétrissement.
- h : profondeur racinaire.
- d_a : densité apparente.

Pour le sol argilo-limoneux le réserve facilement utilisable RFU = 60 mm/m

$$\text{RFU}_{\text{Tomate}} = \text{dose} = 132.36 \text{ mm.}$$

Donc le temps nécessaire $T = \frac{132.36}{5.625} \Rightarrow T = 23.53 \approx 23 \text{ heure}$

Donc on pourra adapter 1 positions par jour (**20h /24h**) pour un asperseur, ce qui donne un temps de fonctionnement de **20h**, et le temps restes est pour le déplacement des matériels.

VI.7.1.5 Surface de chaque poste :

La détermination de la surface de poste sur la condition que la pluviométrie de l'asperseur soit inférieure à la vitesse d'infiltration de l'eau dans le sol pour éviter le problème de ruissellement de l'eau sur la surface du sol :

- La surface irriguée par l'aspersion est de 17.5 ha.
- La dose maximale qui peut être appliquée à la culture de (Tomate) est : **D = 132.36 mm.**

• Nombre de poste d'arrosage :

Le nombre de poste nécessaire pour l'arrosage complet de la parcelle en **8 jours**.

Est : $N = 8 \times n$

Tel que :

Chapitre 6 : Dimensionnement de Réseau d'irrigation

- n : le nombre de position d'arrosage d'une journée.
- N : le nombre de poste d'arrosage.

On fait varier (n) par degré croissant et on calcul (N).

○ **La surface théorique du poste :**

La surface théorique de chaque position est calculée par :

$$S_{th} = \frac{S}{N} \text{ en (ha)} \dots\dots\dots \text{VI(6)}$$

Ou S est la surface de la parcelle considérée en hectares.

○ **La durée d'arrosage d'un poste :**

La durée théorique d'un poste est calcul par :

$$T = \frac{t}{n} \text{ en (heurs)} \dots\dots\dots \text{VI(7)}$$

Ou t est la durée maximale journalière d'irrigation, pour notre cas, on prend **t = 20 h**

○ **La pluviométrie :**

La pluviométrie théorique d'arrosage est calculée par :

$$P_{th} = \frac{D}{T} \text{ en (mm/heure)} \dots\dots\dots \text{VI(8)}$$

On construit le tableau suivant pour des valeurs croissant de n, jusqu'à ce que la pluviométrie **P_{th}** dépasse la valeur de vitesse d'infiltration qui égale à **10 mm/h**.

Tableau IV-10 : Calcul de nombre des postes.

N° de poste/Jour	N° de poste d'arrosage	Surface théorique du poste (m ²)	La durée d'arrosage d'un poste (heure)	Pluviométrie (mm/heure)
1	8	21875	20	6.618
2	16	9722.22	10	13.236
3	24	7291.67	6.67	19.844

Chapitre 6 : Dimensionnement de Réseau d'irrigation

4	32	5468.75	5	26.47
---	----	---------	---	-------

On prend comme solution $n = 1$ qui donnera une pluviométrie inférieure à **10 mm/h**.

Donc, le nombre de poste nécessaire pour l'arrosage complet est de 8 postes.

Donc, la surface de poste sera :

$$S_p = \frac{St}{NP} \dots\dots\dots VI(9)$$

$$S_p = \frac{175000}{8} = 21875 \text{ m}^2 \quad \Rightarrow S_p = (155 \times 141) \text{ m}^2$$

IV.7.1.6 Nombre de position des rampes :

Le nombre de position des rampes est calculée par :

$$N_r = \frac{L}{E_l} = \frac{141}{24} = 5.87$$

On prend $N_r = 5$ positions.

Avec :

L : longueur = 85.44 m.

- E_l : espacement entre les rampes = 24 m.

VI.7.1.7 Nombre d'asperseurs :

$$N_{asp} = (\text{Surface à arrosée (m}^2\text{)}) / (\text{implantation} \times \text{nombre de poste})$$

$$\text{Surface} = 565 \times 310 = 175000 \text{ m}^2$$

$$\text{Implantation} = 24 \times 24 = 576 \text{ m}^2$$

Nombre de poste = 8 poste.

$$N_{asp} = \frac{170000}{576 \times 8} = 37$$

On a 37 asperseurs par poste.

VI.7.1.8 la rampe :

- **La longueur de la rampe :**

On prend la longueur de la rampe $L_r = 155$ m.

- **Nombre d'asperseurs par rampe :**

Chapitre 6 : Dimensionnement de Réseau d'irrigation

Le nombre d'asperseur des rampes est calculée par :

$$N_a = \frac{\text{longueur}}{E_a} = \frac{150}{24} = 6 \text{ Asperseur / rampe}$$

- **Le débit de la rampe :**

Le débit de la rampe (Q_r) = le débit de l'asperseur \times le nombre d'asperseur/ rampe

$$Q_r = 4.32 \times 6 = 25.92 \text{ m}^3/\text{h}$$

Donc le débit d'installation $Q_r = 25.92 \text{ m}^3/\text{h} = 7.2 \text{ l/s}$

- **Le diamètre de la rampe :**

Le diamètre de la rampe est calculée par :

$$D_r = \sqrt{\frac{4 \times Q_r}{\pi \times V}} \dots\dots\dots \text{VI(10)}$$

Avec :

- V : la vitesse d'écoulement à travers la rampe.

Ou $V \leq V_{adm}$: $V_{adm} \in [0.5 \div 2.5] \text{ m/s}$.

On prend la vitesse d'écoulement $V \approx 1.5 \text{ m/s}$.

$$D_r = \sqrt{\frac{4 \times 7.2 \times 10^{-3}}{\pi \times 1.5}} = 0.078 \text{ m} \Rightarrow D_r = 80 \text{ mm}$$

Si on prend le diamètre normalisé ($D_r = 80 \text{ mm}$), la nouvelle vitesse sera :

$$V = \frac{4 \times Q}{\pi \times D_r^2} = \frac{4 \times 7.2 \times 10^{-3}}{\pi \times (80 \times 10^{-3})^2} = 1.43 \text{ m/s}.$$

- **Perte de charge :**

L'expression générale des pertes de charges linéaire dans les tubes est calculée généralement par une formule de type Manning :

$$j = \alpha \frac{Q^\beta}{D^\delta} \dots\dots\dots \text{VI(11)}$$

Avec :

- j : perte de charge unitaire en m/m.
- Q : débit en m^3/s .
- D : diamètre de la canalisation en m.

La formule de Manning correspond aux paramètres suivants :

$$a=10.294 \text{ n}^2; \quad b=2; \quad c=5.333$$

Chapitre 6 : Dimensionnement de Réseau d'irrigation

Et la perte de charge totale sera :

$$J = j \times L$$

Ou :

- L : la longueur de la conduite (m).
- j : perte de charge unitaire m/m.

La détermination des pertes de charges pour les différents tronçons on a dans une canalisation assurant un service d'extrémité :

$$j = 0.452 \times 10^{-3} \times D^{-4.76} \times Q^{1.75} \dots \text{VI(12)}$$

Et la perte de charge totale sera :

$$J = j \times L$$

Ou :

- L : la longueur de la conduite (m).
- j : perte de charge unitaire (m/m)

VI.7.1.9 La porte rampe :

- **La longueur de la porte rampe :**

La longueur de la conduite calculée par :

$$L_r = L - (El / 2) \quad \Rightarrow L_r = 310 - (24 / 2) = 298 \text{ m.}$$

- **Débit de la porte rampe :**

$$Q_{\text{porterampe}} = Q_{\text{asp}} \times N_{\text{asp / rampe}} \times N_{\text{rampe}}$$

$$Q_{\text{porterampe}} = 4.32 \times 6 \times 2 \quad \Rightarrow Q_{\text{porte rampe}} = 14.4 \text{ l/s}$$

VI.8 Dimensionnement de la conduite en parcelle :

On a $V \leq V_{\text{adm}}$ avec $V_{\text{adm}} \in [0.5 : 2.5] \text{ m/s}$

On suppose que $V = 1.5 \text{ m/s}$ et on calcul (D_r)

$$D_r = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V}} = \sqrt{\frac{4 \times 14.4 \times 10^{-3}}{\pi \times 1.5}} = 0.122 \text{ m.}$$

Donc on prend $D_r = 125 \text{ mm}$ et la nouvelle vitesse $V = \frac{4 \times Q}{\pi \times D_r}$

Chapitre 6 : Dimensionnement de Réseau d'irrigation

$$V = \frac{4 \times 14.4 \times 10^{-3}}{\pi \times 0.125^2} = 1.17 \text{ m/s}$$

Tableau IV-11 : Résultat de calcul théorique d'aspersion

Paramètre	Canalisation d'approche	Rampe	Porte rampe
Longueur (m)	278	155	298
Diamètre (mm)	200	80	125
Débit (l/s)	17.08	7.21	14.4
Vitesse (m/s)	0.54	1.22	1.17
Perte de charge (m/m)	0.215	2.0804	1.58

Donc

$$J_{\text{tot}} = 0.215 + 2.0804 + 1.58 \quad \Rightarrow \quad J_{\text{tot}} = \mathbf{3.8754 \text{ m/m}}$$

VI.9 Calcul de pression :

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

$$P_{\text{asp}} = P_{\text{borne}} - \Delta H$$

Avec :

- P_{asp} : pression disponible au niveau du dernier asperseur.
- P_{borne} : la pression au niveau de la borne.
- ΔH : perte de la charge totale.

$$P_{\text{asp}} = 55.23 - 3.8754 = 51.354 \text{ m.c.e}$$

H : la pression nécessaire pour le bon fonctionnement d'un asperseur (**3.5 bars**).

$$P_{\text{asp}} = 51.354 \text{ m.c.e} > H = 35 \text{ m.c.e}$$

Donc

La pression disponible est supérieure à la pression de service c.à.d. l'alimentation est assurée par écoulement gravitaire

Chapitre 6 : Dimensionnement de Réseau d'irrigation

Conclusion :

Le dimensionnement du réseau est issu d'un calcul minutieux à l'aide de plusieurs paramètres techniques, l'apport à un logiciel (EPANET), des formules empiriques et le choix des critères dans la conception du réseau de distribution.

Le projet est composé de plusieurs ouvrages hydrauliques, en priorité les différentes conduites de distribution à grand diamètre, conçues avec un matériau spécifique en FONTE. Par contre, les conduites à diamètre réduit sont en PEHD (Polyéthylène à haute densité) à pression nominale de 16 bars (PN 16). En définitive, le réseau de distribution, compte une longueur totale de 12396 ml, dont les **2833 ml**, représente la conduite d'adduction avec un diamètre de **500 mm**, et **9563 ml** sont des conduites de distribution avec un diamètre qui varie entre **(100 à 350) mm**.

Chapitre VII

Estimation du coût final du projet

Chapitre VII : Estimation du coût final du projet

Introduction

L'aménagement d'un périmètre d'irrigation doit faire de réalité l'estimation de cout global de projet et connaitre l'aspect financier (gain et pertes) de ce projet. L'estimation économique du projet nous permettra de choisis un coût d'aménagement idéal, en fonction des différents équipements intervenant dans le projet, à savoir les charges d'investissement et d'exploitation.

VII-1 Calcul du volume des travaux

L'organisation d'un chantier consiste à déterminer et coordonner la mise en œuvre des moyens nécessaires pour accomplir les travaux d'exécution dans les meilleures conditions possibles et les plus brefs délais.

Les étapes des différents travaux de réalisation pour un réseau d'irrigation sont :

- Implantation des tracés des tranchées sur le terrain ;
- Excavation des trachées ;
- Pose des conduites ;
- Epreuve de joint et de canalisation ;
- Remblaiement des tranchées.

VII-1-1 Implantation des tracés des tranchées sur le terrain

On matérialise l'axe de la tranchée sur le terrain avec des jalons placés en ligne droite et espacées de 50 m. On effectue ce travail en mesurant sur le plan leurs distances par des repères fixés où des bornes. La direction des axes et leurs extrémités sont ainsi bien déterminée.

VII-1-2 Excavation des tranchées

Selon les caractéristiques du terrain l'excavation sera réalisée mécaniquement, la profondeur minimale de la tranchée à excaver atteint 2.00 m pour :

- Garder la fraîcheur de l'eau pendant les grandes chaleurs ;
- Ne pas gêner le travail de la terre (exploitation) ;
- Protéger la canalisation contre le gel.

L'excavation des tranchées s'effectue par tronçons successifs en commençant par les points hauts pour assurer un écoulement naturel des eaux d'infiltrations.

L'excavation nécessite donc la détermination de plusieurs paramètres tels que :

Chapitre VII : Estimation du coût final du projet

La profondeur de la tranchée (H), Le largeur de la tranchée (b).

VII-1-2-1 Calcul de la largeur de la tranchée

Le largeur de la tranchée sera calculée en fonction du diamètre de la conduite, on laisse a=30cm d'espace de chaque côté de la conduite.

$$b = D + 2a.$$

b : largeur de la tranchée (m) ;

D : diamètre de la conduite (m) ;

a : distance entre la conduite et le fruit de talus.

La hauteur est de tranchée : $H = D + h_{\text{sabl}} + 0.8$ (m)

$$h_{\text{sabl}} = 0,1 \text{ à } 0,2 \text{ m de lit de sable}$$

La tranchée doit être suffisamment large pour y permettre un travail aisé des ouvriers, tout en respectant les valeurs minimales autorisées, au fond, entre blindage, en respectant la règle suivante :

$$DN \leq 200 \text{ mm} \Rightarrow \text{largeur de la tranchée} = DN + 2 \times 20 \text{ cm}$$

$$DN > 200 \text{ mm} \Rightarrow \text{largeur de la tranchée} = DN + 2 \times 30 \text{ cm.}$$

VII-1-2-2 Calcul du volume de déblai

$$Vd = L .b. H$$

Vd : Volume des déblais de la tranchée en (m³) ;

L : Longueur de la tranchée en (m) ;

H : profondeur de la tranchée (m).

Tableau VII-01 : calcul du volume de déblai pour le réseau

Ø (mm)	Profondeur	Longueur	largeur de la tranchée	Volume
	(m)	(m)	(m)	(m ³)
500	1.4	2833	1.10	4362.82
350	1.25	1151	0.95	1366.8125
300	1.2	1203	0.9	1299.24
250	1.15	708	0,85	692.07
200	1.10	1014	0,60	669.24
150	1.05	1735	0,55	1001.9625
125	1.025	1858.1	0,525	999.890063
100	1.00	400	0,50	200
volume total				10592.035

Chapitre VII : Estimation du coût final du projet

Donc le volume total du déblai est : $V_d = 10592.035 \text{ m}^3$.

VII-1-2-3 Calcul du volume du lit de sable

$$V_s = L.b .e$$

V_s : volume du sable en (m^3) ;

e : épaisseur du sable, $e = 10 \text{ cm}$

Tableau VII-02 : calcul du volume de sable pour le réseau

\varnothing (mm)	Longueur	largeur de la tranchée	Volume
	(m)	(m)	(m^3)
500	2833	1.10	311.63
350	1151	0.95	109.35
300	1203	0.9	108.27
250	708	0,85	60.18
200	1014	0,60	60.84
150	1735	0,55	95.43
125	1858.1	0,525	97.55
100	400	0,50	20.00
		volume total	863.24

Donc le volume du sable : $V_s = 863.24 \text{ m}^3$.

VII-1-2-4 Remblaiement des tranchées

$$V_r = V_d - [V_{cdt} + V_s]$$

Avec : V_r : Volume du remblai en (m^3) ;

V_d : Volume du déblai en (m^3) ;

V_{cdt} : Volume occupée par la conduite (m^3) ;

V_s : Volume du lit de sable (m^3).

Tableau VII-03 : calcul du volume de remblai

\varnothing (mm)	Longueur	V Sable	V Déblai	V Conduite	V Remblai
	(m)	(m^3)	(m^3)	(m^3)	(m^3)
500	2833	311.63	4362.82	882.667895	3168.52
350	1151	109.35	1366.8125	225.88375	1031.58
300	1203	108.27	1299.24	151.0968	1039.87
250	708	60.18	692.07	55.1472705	576.74
200	1014	60.84	669.24	49.749375	558.65
150	1735	95.43	1001.9625	54.479	852.05
125	1858.1	97.55	999.890063	37.3403776	865.00
100	400	20.00	200	3.7994	176.20

Chapitre VII : Estimation du coût final du projet

			Total	8268.62
--	--	--	-------	---------

Donc le volume total du remblai est : $V_r = 8268.62 \text{ m}^3$

VII-1-2-5 Calcul du volume excédentaire

$$V_{exc} = V_d - V_r$$

Tableau VII-04 : calcul du volume excédentaire

Ø (mm)	Volume d	volume r	volume excédentaire
	(m ³)	(m ³)	(m ³)
500	4362.82	3168.52	1194.30
350	1366.8125	1031.58	335.23
300	1299.24	1039.87	259.37
250	692.07	576.74	115.33
200	669.24	558.65	110.59
150	1001.9625	852.05	149.91
125	999.890063	865.00	134.89
100	200	176.20	23.80
		Total	2323.43

Donc le volume excédentaire total est : $V_{exc} = 2323.43 \text{ m}^3$

VII-1-2-6 Le grillage d'avertisseur

Un grillage avertisseur de couleur bleu doit être posé à **30 cm** au-dessus de la génératrice supérieure des conduites d'irrigation, en couvrant et en dépassant le diamètre de **30 cm** de part et d'autre.

Tableau VII-05 : calcul la surface du grillage

Ø (mm)	Longueur	largeur de la tranchée	Surface de grillage
	(m)	(m)	(m ²)
500	2833	1.10	3116.3
350	1151	0.95	1093.45
300	1203	0.9	1082.7
250	708	0,85	601.8
200	1014	0,60	608.4
150	1735	0,55	954.25
125	1858.1	0,525	975.5025
100	400	0,50	200

Chapitre VII : Estimation du coût final du projet

		Total	8632.40
--	--	-------	---------

La surface totale du grillage avertisseur est : **78632.40 m²**.

VII-1-3 Estimation de cout de pose de canalisation de l'adduction

Tableau VII-06 : Estimation du coût de pose de canalisation de l'adduction.

Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire DA	Montant DA	TVA (17%)	Montant
déblai en terrain	m3	10592.035	400	4236814	0,17	4957072.38
lit de sable	m3	863.24	1000	863240	0,17	1009990.8
remblaiement de la tranchée	m3	8268.62	450	3720879	0,17	4353428.43
Le grillage avertisseur	m2	8632.40	35	302134	0,17	353496.78
volume excédentaire	m3	2323.43	200	464686	0,17	543682.62
					TOTAL(DA) TTC	11217671

VII-1-4 Charge d'investissement :

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

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

VII-1-5 Devis estimatif et quantitatif des pièces spéciales

VII-1-5 -1 Devis estimatif et quantitatif des bornes d'irrigation :

Le coût des bornes d'irrigation et les différentes tâches de leurs implantations sont récapitulés dans le tableau suivant :

Chapitre VII : Estimation du coût final du projet

Tableau VII-07 : Devis estimatif et quantitatif des conduites

Ø (mm)	Type de conduite	Longueur(m)	prix(DA)	Prix total(DA)	Prix total(DA)
500	PEHD	2833	6541.57	18532267.8	21682753.3
350	PEHD	1151	3628.25	4176115.75	4886055.43
300	PEHD	1203	2500	3007500	3518775
250	PEHD	708	1688.85	1195705.8	1398975.79
200	PEHD	1014	1081.77	1096914.78	1283390.29
150	PEHD	1735	900.88	1563026.8	1828741.36
125	PEHD	1858.1	810.442	1505882.28	1761882.27
100	PEHD	400	720	288000	336960
				Total TTC	36697533.5

Tableau VII-08 : Devis estimatif et quantitatif des bornes d'irrigation

Désignation	Unité	Quantité	prix unitaire DA	prix total DA
Borne type A (2 prise)	U	11	18500	203500
Borne type A (4 prise)	U	7	21000	147000
Total				350500

VII-1-5 -2 Devis estimatif et quantitatif des vannes et chambres des vannes :

Tableau VII-09 : Devis estimatif et quantitatif des vannes

Vannes				
Désignation	Unité	Quantité	prix unitaire (DA)	prix total (DA)
Vanne D=100mm	U	2	12000	24000
Vanne D=125mm	U	9	13500	121500

Chapitre VII : Estimation du coût final du projet

Vanne D=150mm	U	5	14500	72500
Vanne D=200mm	U	1	18000	18000
Vanne D=300mm	U	4	23000	92000
Vanne D=350mm		2	26000	52000
Vanne D=500mm	U	1	38000	38000
Total				418000

Tableau VII.10 : Facture du matériel de surface (irrigation par aspersion)

Conduites	Type de conduite	Unités de mesure	Quantité (m)	Prix unitaire TTC (DA/m)	Montant TTC
Ø 80	PEHD	U	2352	404.81	952113.12
Ø 100	PEHD	U	620	721.62	447404.4
Asperseur	-	U	294	600	176400
Bouchon Ø 80	-	U	5	1 536.27	7681.35
Bouchon Ø 100	-	U	1	2 391.07	2391.07
Vannes Ø 80	-	U	1	4 500	4500
Té Ø (100/80)	-	U	8	2 984.45	23875.6
Filtre à disque métallique	-	U	1	12 400	12400
La Somme 3					1626765.54

VII-1-5 -3 Devis estimatif et quantitatif des cônes de réduction :

Tableau VII-11 : Devis estimatif et quantitatif de cône de réduction

cône de réduction				
Désignation	Unité	Quantité	prix unitaire (DA)	prix total (DA)
cône de réduction PEHD diamètre 500-	U	2	31412,31	62824.62

Chapitre VII : Estimation du coût final du projet

350mm				
cône de réduction PEHD diamètre 350-300 mm	U	6	28245,76	169474.56
cône de réduction PEHD diamètre 300-250 mm	U	9	25654,22	230887.98
cône de réduction PEHD diamètre 250-200 mm	U	8	19764,43	158115.44
cône de réduction PEHD diamètre 200-150 mm	U	13	15367,13	199772.69
cône de réduction PEHD diamètre 150-125mm	U	9	12635,00	113715
cône de réduction PEHD diamètre 125-100m		2	10500.00	21000
Total(DA)				955790.29

Somme general = $S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5 + S_6 \Rightarrow SG = 11217671 + 36697533.5 + 350500 + 418000 + 1626765.54 + 955790.29$

SG = 51266260.33 DA.

Conclusion

A travers ce chapitre, nous avons calculé le devis estimatif et quantitatif de notre projet d'irrigation pour le périmètre de Ain Smara, avec un coût total d'environ **51266260.3 DA**

Ce coût prend en considération les équipements qui sont relativement onéreux. Cependant, l'aménagement du périmètre est très rentable à long terme.

CONCLUSION GENERALE

Le secteur agricole en Algérie qui est caractérisé par son système de production qui est insuffisant même pour la population locale, dû à la pénurie de l'eau, qui s'accroît lors des années à pluviosité déficitaire, a nécessité des mesures administratives relatives aux quotas d'eau et en suite, le développement de l'utilisation économique de l'eau à l'aide des technologies modernes.

L'irrigation a toujours occupé une place prépondérante dans le tissu agricole, et social à l'Algérie. Cette irrigation connaît des sérieux problèmes, liés essentiellement à la rareté des ressources en eau, et à la détérioration des ouvrages hydrauliques agricoles. Pour ceci l'amélioration de l'irrigation est devenue une nécessité urgente, cette amélioration ne peut être réussie que par un schéma collectif et participatif des différents acteurs.

A la lumière des données collectées, et à l'aide des différents acteurs on a collecté les données de la zone d'étude, la détermination des besoins en eau d'irrigation se fait à partir de la détermination de l'évapotranspiration par la méthode de PENMAN, BLANEY, CRIDDLE et TURC

L'étude du climat (précipitation-température), montre que notre région a un climat humide.

L'étude hydrologique nous a permis de choisir la série pluviométrique annuelle qu'on doit prendre pour le calcul. Et l'analyse de l'eau d'irrigation indique que l'eau utilisée à une salinité faible avec un risque d'alcalinité faible.

Suivant les facteurs qui caractérisent la région, nous avons choisi les cultures adaptées avec les données climatiques.

À la fin de ce travail on a arrivé à :

- Projeter une conduite d'adduction gravitaire de diamètre DN500 sur une longueur de 2833m transportant un débit de 215 l/s.
- Dimensionner un réservoir de distribution d'eau d'irrigation de volume 3000 m³.

BIBLIOGRAPHIQUES

- A. Phocaidès** : Manuel des techniques d'irrigation sous pression (ROME, 2008).
- Abdelaziz LOUAMRI** : Sciences & Technologie D – N°30, Décembre (2009), pp. 43-52 – Algerie.
- B. Molle, D. Baudequin, S. Haidar** : Choix du busage et conduite de l'irrigation par pivots - Prise en compte de la capacité d'infiltration du sol ingénieries - E A T, 1998, p. 57 - p. 69. <hal-00461143>.
- Organisation des nations Unies pour l'alimentation et l'Agriculture** : Irrigation et drainage des terres arides en fonction des problèmes des salinités et d'alcalinités.
- Yvon Dorsstant** : institut interaméricain de coopération pour l'agriculture.
- Jean Robert Tiercelin** : Traité de l'irrigation (Technique et documentation 1998).
- Ministre de l'agriculture et de la pêche maritime de Maroc** : Fonds de développement Agricole (Maroc- avril 2013)
- BULLTIN DE FAO N° 24** : Irrigation et drainage, irrigation des vergers (INAF).
- BOULAINÉ, J** : Pédologie appliquée (Masson, paris, 1980).

Annexe 1

Texture	Humidités pondérales en % du poids sec			Réserve utile volumétrique en mm/m
	à la rétention HCC	du flétrissement HPF	disponible HCC-HPF	
Sableuse	9 (6 à 12)*	4 (2 à 6)*	5 (4 à 6)*	85 (70 à 100)*
Sablo-limoneuse	14 (10 à 18)	6 (4 à 8)	8 (6 à 10)	120 (90 à 150)
Limoneuse	22 (18 à 26)	10 (8 à 12)	12 (10 à 14)	170 (140 à 190)
Limono-argileuse	27 (25 à 31)	13 (11 à 15)	14 (12 à 16)	190 (170 à 220)
Argilo-limoneuse	31 (27 à 35)	15 (13 à 17)	16 (14 à 18)	210 (180 à 230)
Argileuse	35 (31 à 39)	17 (15 à 19)	18 (16 à 20)	230 (220 à 250)

Annexe 3

VALEURS DU COEFFICIENT CULTURAL Kc POUR LES CULTURES PERENNES

Tableau n° 5

CULTURES PERENNES	MOIS (Hemisphere Nord)											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Agrumes	0.64	0.66	0.68	0.70	0.71	0.72	0.72	0.73	0.65	0.67	0.66	0.65
Arbres fruitiers à feuilles caduques	0.17	0.25	0.40	0.65	0.68	0.95	0.90	0.80	0.50	0.30	0.20	0.15
Arbres fruitiers avec couv. herb.	0.65	0.75	0.85	0.95	1.10	1.15	1.10	1.05	0.95	0.90	0.80	0.60
Avocats	0.25	0.40	0.60	0.70	0.77	0.82	0.77	0.70	0.62	0.52	0.42	0.32
Luzerne	0.60	0.75	0.85	1.00	1.10	1.15	1.10	1.05	1.00	0.30	0.80	0.65
Prairies	0.50	0.60	0.75	0.85	0.90	0.92	0.92	0.90	0.88	0.80	0.65	0.55
Noyers	0.10	0.15	0.20	0.45	0.70	0.95	1.00	0.85	0.65	0.65	0.30	0.15
Vigne	0.20	0.25	0.30	0.50	0.70	0.80	0.80	0.75	0.65	0.50	0.35	0.20