

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE -ARBAOUI Abdellah-

DEPARTEMENT D'IRRIGATION ET DRAINAGE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option: IRRIGATION ET DRAINAGE

THEME DU PROJET :

**ETUDE DE L'EXTENSION DU PERIMETRE IRRIGUE
MOUILLAH COMMUNE DE MTOUSSA (W.KHENCHELA) DE
SURFACE 187 ha**

PRESENTE PAR :

KALLI Mohamed Selman

Devant les membres du jury

Noms et Prénoms	Grade	Qualité
M ^r RASSOUL Abdelaziz	M.C.B	Président
M ^m AZIEZ Ouahiba	M.A.A	Examinatrice
M ^r YAHIAOUI Samir	M.A.B	Examineur
M ^r KERID Rachid	M.A.A	Examineur
M ^r HEBBOUCHE Abdelhamid	M.A.A	Promoteur

- Septembre- 2015

REMERCIEMENTS

Avant tout, je remercie le bon dieu qui a illuminé mon chemin et qui m'a armé de courage et de bonne volonté pendant tout mon cursus universitaire, ainsi que mes chers parents qui m'ont soutenu et encouragé tout au long de mes études.

Je tiens à exprimer mes remerciements :

- ✚ A Mon promoteur Mr Hebbouche .A pour ses conseils et précieuses orientations.
- ✚ Aux membres de jury qui ont accepté de m'accorder leurs temps pour lire , juger et apprécier cette étude .
- ✚ A mon grand frère et a ma grande sœur pour leurs aide et conseils sur tout les plans.
- ✚ A tous mes amis et collègues qui m'ont soutenu de près ou de loin .

ملخص:

إن الهدف من انجاز مذكرة نهاية دراستي هو تحديد الأبعاد لشبكة تزويد وتوزيع المياه على مستوى المساحة الزراعية لمنطقة متوسة ولاية خنشلة ، والذي يسعى إلى زيادة المردودية الفلاحية وذلك باستعمال أفضل التقنيات الخاصة بالسقي وتسيير أنجع للموارد المائية. لتحقيق هذا الهدف قمنا باقتراح أنظمة سقي حديثة نذكر منها السقي بالتقطير، استعمالا في الآونة الأخيرة نتيجة للتقدم العلمي والتكنولوجي ولما تتميز به هذه الأنظمة من فوائد خاصة بالاقتصاد المعتبر للمياه.

Résumé :

L'objectif de ce mémoire rentre dans le caractère de la politique actuelle de la gestion des périmètres irriguée, dont l'objectif est d'augmenter le rendement agricole, par l'utilisation des meilleures systèmes d'irrigation, et une meilleure gestion des ressources en eau et cela par l'adoption des systèmes d'irrigation modernes, à savoir : l'irrigation localisée, pour l'équipement de notre extension qui a pour but d'augmenter la surface des terres exploitées donc augmenter le rendement agricole. Ce système présente de multiples avantages, comme l'efficacité de l'eau et l'obtention d'importants rendements.

Abstract :

The aim of this present work has an aspect of the actual policy of the irrigated Areas management in a way to attain a high investment feedback, showing a better efficiency of the irrigation system from one part, and a better management and Potentialities preservation: water resource and ground resources on the other part. This by adoption of modern irrigation system, which their reliability, localized Irrigation, the most developed with the evolution of science and Technology. This system present many advantages like the water efficiency and the high yields of crops.

Chapitre I : Présentation de la région d'étude

Introduction :	2
I.1) Situation administrative de la Commune de M'Toussa :	2
I.2) Situation géographique du périmètre :	2
I.3) Limite du périmètre.....	4
I.4) Etude du milieu physique.....	5
I.4.1) – Le relief :	5
I.4.2) – La géologie :	5
I.4.3) – La géomorphologie :	5
I.4.4) – Le réseau hydrographique :	5
I.4.5) – La végétation :	5
I.5)- Etude socio économique.....	6
I.5.1) –La population de la Commune de M'Toussa :	6
I.5.2) – Situation socio-économique :	6
I.5.3) – Situation de l'Agriculture :	7

Chapitre II : Etude climatologique

<u>Introduction :</u>	8
<u>II.1) – Les précipitations:</u>	9
<u>II.2) – Répartition saisonnière des pluies:</u>	10
<u>II.3) – Les températures:</u>	11
<u>II.3.1) – Les températures absolues:</u>	11
<u>II.3.2) – Les températures supérieures à 35 °C :</u>	12
<u>II.4) – Les vents :</u>	12
<u>II.5) – Le sirocco :</u>	12
<u>II.6)- L'insolation :</u>	13
<u>II.7) – L'humidité relative de l'air:</u>	13
<u>II.8) – La neige et l'enneigement:</u>	13
<u>II.9)- Les gelées et la grêle :</u>	14
<u>II.10)- L'évapotranspiration potentielle :</u>	14
<u>II.11) – La synthèse climatique :</u>	15
<u>II.11.1) – Indice d'aridité de MARTONNE :</u>	15
<u>II.11.3)- La représentation graphique du climat (courbe ombrothermique de Gaussen).....</u>	17

Conclusion.....

Chapitre III : Etude des sols

III.1) Méthodologie :.....	18
III.2) Caractéristiques pédogénétiques des sols :.....	18
III.3) Caractéristiques agronomiques :.....	19
III.3.1.) Les sols vertiques sans niveau compact (type I) :	19
III.3.2) Les sols vertiques à niveau compact (type II) :	19
III.3.3) Les sols vertiques hydromorphes peu affectés par l'épandage des crues (type III) : ..	20
III.3.4) Les sols vertiques hydromorphes affectés par l'épandage des crues (type IV) :.....	20
III.4) Les aptitudes culturales des sols en irrigué :	20
III.5) Les caractéristiques hydrodynamiques des sols :	21
III.5.1) Perméabilité en surface :.....	21
III.5.2) La conductivité hydraulique en profondeur :	22
III.5.3) La densité réelle :.....	22
III.5.4) La densité apparente :.....	22
III.5.5) La porosité totale :.....	22
III.5.6) Les pF.	22
III.6) etude fonciere	23
III.7) les travaux d'amelioration fonciere et d'amenagement.....	24
III.8) recommandations.....	25
Conclusion	25

Chapitre IV : Etude Hydrologique

IV.6) Choix de l'échantillon à analyser :	26
IV.7) Etude de l'échantillon et choix du type de loi d'ajustement :	28
IV.7.1) Ajustement à la loi de Gauss ou loi normale :.....	28
IV.7.2) Test de validité de l'ajustement à la loi choisie :	31
IV.7.3) Ajustement des pluies annuelles à la loi du log-normale (loi de Galton) :	33
IV.7.4) Test de validité de l'ajustement à la loi log-normale (loi de Galton) :.....	35
IV.8) Détermination de l'année de calcul :	36
Conclusion :	37

Chapitre V : Determination des besoins en eau des cultures.

V.1) Etude Agronomique.....	38
V-1-1) Choix Des Cultures :.....	38
V-1-2) Repartition Des Cultures (Temps, Irrigation) :	39
V-1-3) plan d'assolement – rotation :.....	41
V.2) calculs des besoins en eau des cultures.....	41

V-2-1) les besoins en eau unitaires des cultures :	42
V-2-1-1) l'évapotranspiration potentielle (etp) :	42
V-2-1-2) Le coefficient cultural (Kc)	42
V-2-1-3) Calcul des besoins en eau	44
V-2-2) la pluie efficace (pe).....	45
V-2-3) la reserve facilement utilisable (R.F.U).	46
V-2-4) le deficit agricole (Da) :	46
V-2-5) le bilan hydrique (B) :	48
V-2-6) determination des normes d'arrosage et doses d'irrigation :.....	68
V-2-6-1) Dose d'arrosage (Norme d'arrosage) :.....	68
V-2-6-2) Dose d'irrigation (Norme d'irrigation)	68
V-2-7) determination du module d'arrosage :	68
V-2-7-1) Notion du module d'arrosage :	68
V-2-7-2) Facteurs influençant le module d'arrosage.....	69
V-2-7-3) Calcul des doses de lessivage	69
I-7-4)Calcul du module d'arrosage	75

Chapitre VI : Etude du système de distribution

V.1) Schéma d'aménagement :	85
V.1.1) Présentation de la variante :	85
VI.2) Parcelle d'irrigation :	85
VI.2.1) Découpage du périmètre en parcelles d'irrigation :	86
VI.2.3) Modalités de fourniture de l'eau :	87
<u>VI.2.3.1</u>) Distribution continue :.....	87
<u>VI.2.3.2</u>) Distribution par rotation ou par tour d'arrosage :.....	87
<u>VI.2.3.3</u>) Distribution à la demande :	87
VI.3) Calcul des débits des parcelles :	87
VI.4) Choix du type de borne :	88
VI.4.1) Choix de diamètre de la borne :	90
VI.4.2) Pression demandée aux bornes d'irrigation :	91
VI.5) Calcul hydraulique des canalisations :	91
VI.5.1) Caractéristiques de la conduite principale (CP) et le réseau de distribution :.....	91
VI.5.1.1) Choix du type de matériau :	91
VI.5.2) Dimensionnement des canalisations.....	92
VI.5.3) Calcul des pertes de charge:	93
VI.5.4) Réservoirs Mouillah :	94
VI.5.5) Simulation du réseau de distribution par logiciel Epanet :.....	94
Conclusion :	97

Chapitre VII : Etude des techniques d'irrigation.

Introduction :.....	98
VII.1) Les différents technique d'arrosages :	98
VII.1.1) L'irrigation de surface :.....	98
VII.1.2) L'irrigation par aspersion :.....	102
VII.1.3.1) L'irrigation localisée :	103
VII.1.3.2) Composition D'une installation du système goutte à goutte :	104
VII.2) Choix de la technique d'arrosage :.....	108

Chapitre VIII : Dimensionnement d'un réseau d'irrigation

Introduction :.....	110
VIII.1) Dimensionnement hydraulique d'un réseau goutte à goutte :.....	110
VIII.1.1) Données générales :.....	110
VIII.2) Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée :.....	111
VIII.2.1) Influence du taux de couverture du sol :.....	111
VIII.2.2) Dose pratique (Dose nette) :.....	112
VIII.2.3) Fréquence des arrosages :.....	113
VIII.2.4) Durée d'arrosage par mois :	113
VIII.2.5) Durée d'arrosage journalier :.....	114
VIII.2.6) Nombre de poste :.....	114
VIII.2.7) Surface du poste (théorique) :	114
VIII.2.8) Calculs hydrauliques	114
VIII.3) Dimensionnement des canalisations du réseau :.....	116
VIII.3.1) Calcul du diamètre de la rampe et vérification des pertes de charges :.....	117
VIII.3.1) Calcul de diamètre de porte rampe et Vérification des pertes de charges :.....	118
VIII.4) Calcul de diamètre de la conduite d'approche (C. tertiaire) :.....	119
VIII.5) La pression d'eau à la borne de distribution :	119

Liste des planches

Planche N°1 : Plan de situation du périmètre irrigué Mouillah commune de Mtooussa W.Khenchela.

Planche N°2 : Plan des parcelles du périmètre Mouillah

Planche N°3 : Réseau de distribution du périmètre de Mouillah

Planche N°4 : Profil en long du réseau D

Planche N°5 : Plan du réseau goutte a goutte de la parcelle (40) du périmètre Mouillah

Liste Des Tableaux

Chapitre II : Etude climatologique

Tableau n° 01 : La pluviosité mensuelle moyenne (1970-2005).....	09
Tableau n° 02 : pluviosité moyenne par saison.....	10
Tableau n° 03 : Températures maxima, minima et moyennes mensuelles.....	11
Tableau n° 04 : températures maxi et min absolues moyenne mensuelles.....	11
Tableau n°05 : Nombre de jours où la température moyenne mensuelle est Supérieure à 35 °C.....	12
Tableau n° 06 : Caractéristiques des vents.....	12
Tableau n° 07 : nombre de jours de sirocco.....	12
Tableau n°08 : moyenne mensuelle d'insolation en heures.....	13
Tableau n° 09 : humidité relative moyenne mensuelle de l'air.....	13
Tableau n° 10 : la neige et l'enneigement en jours.....	13
Tableau n°11 : Moyenne mensuelle des gelées, de grêle et de d'orage.....	14
Tableau n° 12 : E.T.P selon Penmen modifiée par la F.A.O (1977).....	14

Chapitre III : Etude des sols

Tableau n°14 : récapitulatif des mesures hydrodynamiques.....	22
--	----

Chapitre IV : Etude Hydrologique

Tableau IV.1 : Les caractéristiques de La station de Meskiana	26
Tableau IV.2 : Précipitations moyennes mensuelles (1970-2005).....	27
Tableau IV.3 : Ajustement à la loi de Gauss.....	30
Tableau IV.4 : Table de χ^2	32
Tableau IV.5 : Ajustement des pluies annuelles à la loi-log normale.....	34
Tableau IV.6 : Précipitation moyenne mensuelle de l'année de calcul.....	37

Chapitre V : Détermination des besoins en eau des cultures

Tableau N°1 : Périodes de développement des cultures.....	40
Tableau N°2 : Plan d'assolement et rotation.....	41
Tableau N°3 : coefficients culturales des cultures adoptées.....	43
Tableau N°4 : La pluie efficace en (mm).....	45
Tableau N°5 : Profondeur d'enracinement en (m) des cultures adoptées.....	47

Tableau N°6 : Bilans hydriques mensuels des cultures.....	49
Tableau N°7 : Doses et nombres d'arrosage.....	72
Tableau N°8 : Calcul des modules d'arrosages.....	75

Chapitre VI : Etude du système de distribution

Tableau VI.1 : Les débits au niveau de chaque borne.....	88
Tableau VI.2 : Choix du diamètre de la borne.....	90
Tableau VI.3 : Paramètres des pertes de charge.....	93
Tableau VI.4 : Caractéristiques des réservoirs Mouillah.....	93
Tableau VI.5 : Résumé des calculs (Q, P, PDC, D).....	94
Tableau VI.6 : Etat quantitatif des conduites.....	97

Chapitre VII: Etude des techniques d'irrigation

Tableau VII.1: Analyse multicritères de choix de technique d'arrosage	108
--	-----

Chapitre VIII : Dimensionnement d'un réseau d'irrigation

Tableau VIII.1 : Calculs des diamètres et pertes de charges des rampes.....	118
Tableau VIII.2 : Calcul de diamètre de la conduite tertiaire.....	119
Tableau VIII.3 : Récapitulatif des calculs des diamètres et pertes de charges.....	119

LISTE DES FIGURES

Chapitre. I : Présentation de la région d'étude

Figure I.1 : Carte administrative de la willaya de Khanchela 3

Chapitre. II : Etude climatologique

Figure II.1 : Carte des précipitations annuelles moyennes de l'Est algérien.....10

Figure II.2 : Carte simplifiée des zones bioclimatiques de l'Est algérien.....15

Figure II.3 : Abaque de l'indice d'aridité annuel de De Martonne.....16

Figure II.4 : Climagramme de la station de Meskiana.....16

Figure II.5 : Courbe ombrothermique de la station de Meskiana.....17

Chapitre III: Etude Des Sols

Figure III.1 : Ajustement des pluies annuelles à la loi Normale.....30

Figure III.2 : Ajustement des pluies annuelles à la loi log-Normale.....35

Chapitre IV : Etude Hydrologique

Figure IV.1: Répartition des différentes cultures sur le périmètre. 39

Chapitre V: Détermination des besoins en eau des cultures

Figure V.1 : Schéma des traçons de réseau de distribution.....	94
---	-----------

Chapitre VI : Etude du système de distribution

Figure VI.1. Irrigation par planche de ruissellement.....	99
Figure VI.2 : Irrigation à la raie.	100
Figure.VI.3. Irrigation par submersion.....	101
Figure VI.4 : Exemple d'une installation en aspersion.....	102
Figure VI.5 : Partie essentielle d'une installation localisée.....	104
Figure VI.6 : Dilueur d'engrais.....	105
Figure VI.7 : filtres à gravier.....	105
Figure VI.8 : filtre à tamis.....	105
Figure VI.9 : Exemple d'un goutteur.....	106

Chapitre .VIII: Dimensionnement d'un réseau d'irrigation.

Figure VIII.1 : schéma explicatif d'un réseau de goutte a goutte.....	113
--	------------

Chapitre I : Présentation de la région d'étude

Chapitre I : Présentation de la région d'étude

Introduction :

La présente étude hydro agricole a pour objectif la mise en valeur en irrigué d'une surface de 187 hectares, au lieu-dit *Mouileh*, situé dans la commune de M'Toussa. En fait, il s'agit d'une extension du périmètre ayant déjà fait l'objet d'études de réalisation au début des années 1990.

Le terrain d'assiette d'extension a été délimité des côtés Est et Sud du périmètre initial par le représentant des Services de l'Hydraulique de la Wilaya de Khenchela , après une prospection visuelle des lieux et le principe convenu de choisir des sols les plus favorables et les moins éloignés de la ressource en eau

I.1) Situation administrative de la Commune de M'Toussa :

M'Toussa, deuxième Commune de la Daïra de Aïn Touila, se situe au nord du chef-lieu de la Wilaya de Khenchela, aux limites de la Wilaya de Oum-el-Bouaghi.

I.2) Situation géographique du périmètre :

Le périmètre objet de la présente étude est situé à une dizaine de kilomètres à l'Ouest de M'Toussa, Chef lieu de la Commune, au lieu dit *Mouileh* et encadré par les 5 points de coordonnées suivantes :

A = X : 908.700 Y : 262.500

B = X : 909.00 Y : 262.600

C = X : 907.00 Y : 260.400

D = X : 906.600 Y : 260.700

E = X : 906.500 Y : 262.300

F = X : 908.200 Y : 261.600

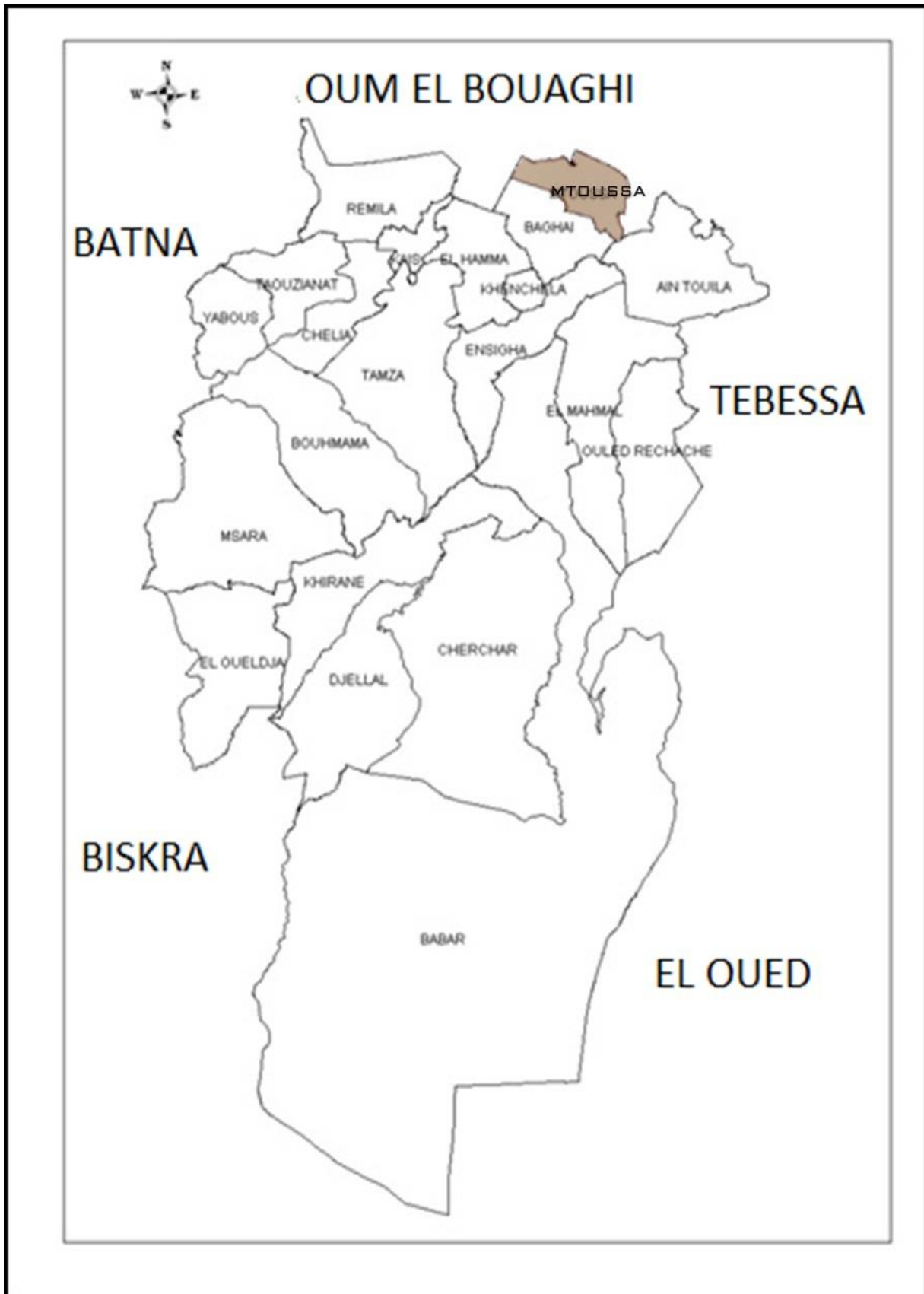


Figure I.1 : Carte administrative de la wilaya de Khanchela

I.3) Limite du périmètre.

Le périmètre est situé au Nord Ouest du chef lieu de la commune de Mtoussa.

Il est constitué :

- Du périmètre initial qui est délimité :

*au Nord par le chemin communal reliant la route nationale (Khenchela Mtoussa) à Baghai.

* au Sud par l'ex voie de chemin de fer (Ain beida-Khenchela) adjacent au périmètre et l'extension

* à l'Est par des terrains privés.

- du périmètre de l'extension délimité :

*à l'Est par Oued Moulah ,

*au Nord par l'ex voie de chemin de fer (Ain beida-Khenchela),

* au Sud et à l'Ouest par des terrains privés.

Afin de choisir les terrains les plus propices aux activités agricoles. Le travail préliminaire et topographique de la zone d'étude a porté sur une zone de 260 ha.

L'étude topographique et agropédologique nous a permis d'exclure les terres, à forte salinités, situées au bord de l'Oued Mouilah.

Ainsi, le périmètre a été délimité pour une surface de 187 ha.

L'enquête parcellaire sur le terrain a permis :

1-de délimiter les parcelles,

2-de déterminer les surfaces des parcelles,

1- d'identifier leur exploitant.

Ces informations nous ont conduit à ne considérer que les terres ayant des exploitants connus nominativement. De ce fait les terres arch. sont exclues et **la surface du périmètre devient égale à 170 ha.**

I.4) Etude du milieu physique

I.4.1) – Le relief :

Constituée principalement de vastes plaines et de dépressions (Garaat), la zone de M'Toussa, avec celle de R'Mila, appartiennent au domaine des hautes plaines intérieures et possèdent des potentialités agricoles et hydriques importantes en couvrant environ 15 % de la surface de la Wilaya de Khenchela.

I.4.2) – La géologie :

La géologie du périmètre est représentée essentiellement par des formations quaternaires.

I.4.3) – La géomorphologie :

La zone d'étude fait partie du domaine des hautes plaines intérieures avec de pentes faibles. Les étendues planes sont constituées de glacis emboîtés de différentes origines (polygéniques) (fig.1) avec quelques lambeaux de dépôts alluvionnaires d'origine indéterminée. Le matériau parental est argileux à limoneux et calcaire sans croûte.

I.4.4) – Le réseau hydrographique :

Prenant naissance dans la zone montagneuse au sud, le réseau hydrographique charrie des quantités importantes d'eau pour les déverser dans la plaine alimentant les dépressions, lieu de formation des Garaat et les nappes souterraines. Les oueds constituant ce réseau sont : O. Baghaï, O. Kaïs, O. Boulefraïs, O. Tamza et O. Mouilleh.

I.4.5) – La végétation :

Le couvert végétal de la plaine est composé principalement d'espèces basses de type herbacé : armoise, atriplex, salsola, jujubier.

I.5) ETUDE SOCIO ECONOMIQUE.

I.5.1) –La population de la Commune de M'Toussa :

Considérée comme commune rurale, la Commune de M'Toussa s'étend sur 118 kilomètres carrés et abrite une population de 6 130 habitants, donnant une densité

démographique de 52 hab/km² ; la classant parmi les communes à plus forte densité au niveau de la Wilaya de Khenchela. La population est répartie de façon égale avec pour moitié en habitat aggloméré et moitié en éparsé, soit 3 050 habitants.

La population de la Commune se caractérise par une population en âge (20-60 ans) de travailler, importante et représente près de 2 619 personnes, soit 43 % du total.

I.5.2) – Situation socio-économique :

Elle est le reflet de toute commune rurale, c'est-à-dire caractérisée essentiellement par l'activité.

- Le secteur tertiaire est très faiblement représenté avec quelques 4 artisans ;
- Le secteur de l'éducation est important par le nombre d'emplois ; les effectifs d'élèves et les infrastructures scolaires. L'enseignement est assuré du primaire au secondaire au niveau de la Commune.

- Enseignement primaire : 5 écoles, 26 classes, 887 élèves, 30 enseignants ;
- Enseignement moyen : 1 établissement, 26 classes, 403 élèves, 21 enseignants ;
- Enseignement secondaire : 1 lycée, 13 classes, 412 élèves, 21 enseignants.

- **Le secteur de la Santé :**

-01 médecin généraliste ;

-01 pharmacien.

-01 maison de jeunes avec 320 adhérents ;

-01 terrain de jeu ;

-02 mosquées.

- **Le secteur du Transport :**

Le Secteur du Transport est actif entre le chef lieu de la Daïra et la Wilaya avec :

03 véhicules pour un total de 57 sièges en 4 rotations :

M'Toussa – Khenchela ;

06 véhicules pour un total de 124 sièges en 9 rotations : M'Toussa – Aïn Touila.

L'infrastructure routière est assez limitée et se présente comme suit :

- une route nationale : Khenchela – Aïn Beïda, traversant le territoire de la Commune, dans le sens sud – nord ;
- une route reliant M'Toussa à Aïn Touila ;
- une route reliant M'Toussa à Baghaï.

I.5.3) – Situation de l'Agriculture :

Les terres agricoles de la Commune se répartissent comme suit :

- Superficie totale : 30 192 hectares ;
- Surface urbaine : 300 hectares ;
- Terres improductives : 4 500 hectares ;
- Forêts : 1 223 hectares ;
- Pacages et parcours : 9 818 hectares ;
- S.A.U. : 14 531 hectares.

La surface agricole utile (SAU) est répartie comme suit :

- Céréales en sec : 13 921 hectares ;
- Céréales en irrigué : 100 hectares ;
- Cultures maraîchères : 67 hectares ;
- Arboriculture fruitière : 263 hectares.

Cette répartition de la SAU suggère la vocation et la tradition céréalière de la Commune de M'Toussa, liée à la nature des sols rencontrés, qui sont d'origine alluvionnaire, profonds et de texture argileuse à argilo-limoneuse.

Conclusion :

Ce chapitre nous a permis de dégager une idée générale sur la situation actuelle du périmètre de **Mouillah** dans la wilaya de **Khanchela**, qui présente des potentialités agricoles importantes.

Le développement agricole de la zone d'étude par le biais de l'irrigation est une condition nécessaire du passage d'une agriculture traditionnelle et extensive à une agriculture moderne et intensive qui insufflera avec certitude un développement économique à toute la région.

Chapitre II : Etude climatologique

Chapitre II : Etude climatologique

Introduction :

L'analyse des conditions climatiques est nécessaire dans l'élaboration d'une étude d'irrigation. La connaissance des différents paramètres climatiques est en effet un des facteurs essentiels qui conditionnent la production végétale et qui est nécessaire pour évaluer le potentiel agricole de la région.

L'objectif est d'analyser les données climatiques observées et mesurées afin d'évaluer les besoins en eaux des cultures pratiquées et de dimensionner correctement les réseaux hydrauliques.

Pour la présente étude, les données climatiques utilisées proviennent de la station météorologique (O .N .M) De Meskiana, située à environ 25Km au sud du périmètre d'étude pour une série d'observation de 35 ans (1970-2005).

II.1) – Les précipitations:

Les pluies ont un effet direct sur l'activité agricole et détermine l'importance du développement et de la production des cultures.

Tableau n° 01 : La pluviosité mensuelle moyenne (1970-2005)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Total
Mm	52.6	40.4	42.4	30.1	42.1	31.6	29.0	38.0	37.0	22.0	13.2	22.0	400.6
Nombre de jours	04	06	10	10	10	08	05	05	05	03	02	03	72.0
Pourcentage mensuel : %	13.1	10.1	10.6	7.5	10.5	7.9	7.2	9.5	2.2	5.5	3.3	5.5	100
Intensité	8.7	10.9	10.6	8.8	4.2	3.9	5.8	7.6	7.4	7.3	6.6	7.3	5.6

La pluviométrie moyenne annuelle calculée pour la période 1970/2005 est de 400.6mm. La moyenne la plus élevée est enregistrée au mois de septembre avec 52.6 mm.

Du point de vue de l'intensité des pluies, c'est également au mois de septembre où l'on observe la plus forte valeur soit 6 mm/jour.

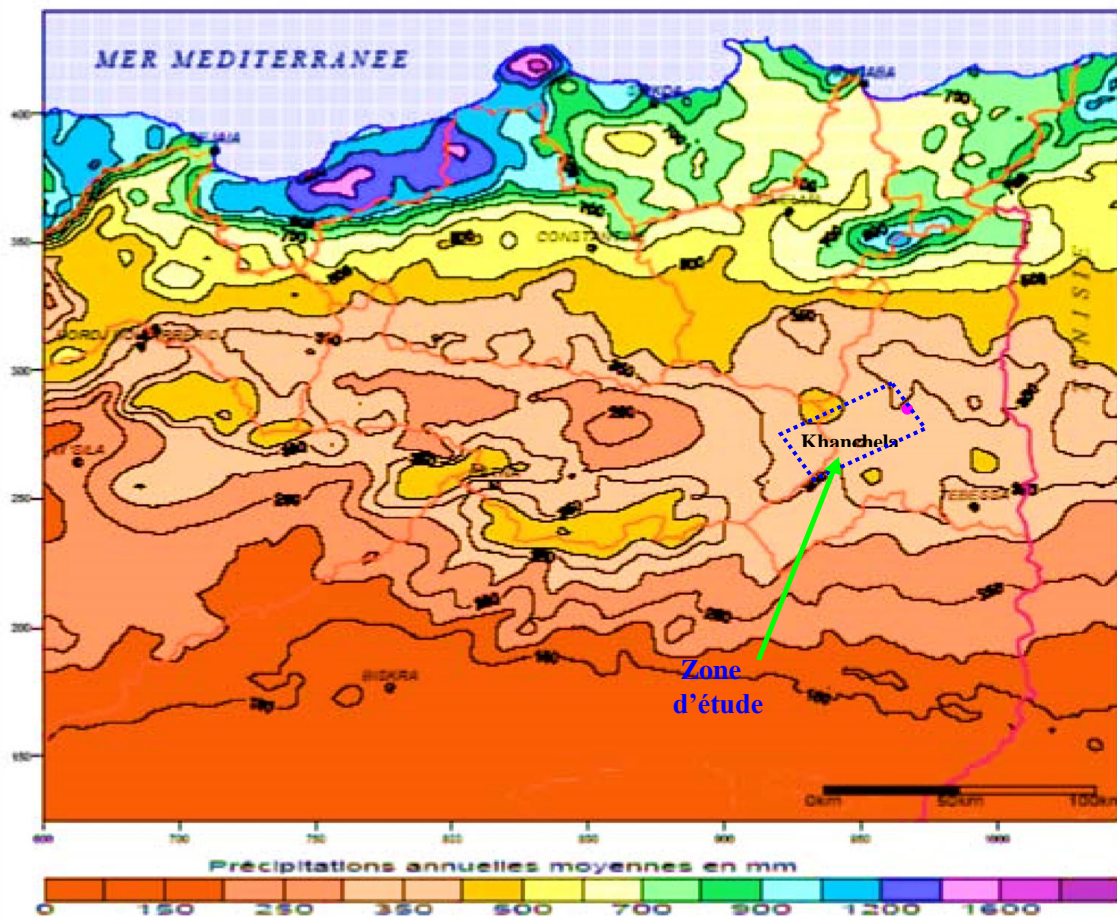
II.2) – Répartition saisonnière des pluies:

Les pluies se répartissent entre les saisons de façon très inégale. C'est en automne que la pluviométrie est la plus importante du point de vue quantité et intensité avec une moyenne de 135.4 mm /mois et 13.5 mm/ jour. L'hiver et le printemps reçoivent des quantités mensuelles

de pluies plus faibles mais assez proche et d'intensité différents. La saison estivale se distingue par une plus faible pluviosité de 57.2 mm et une intensité journalière de 7.15 mm, supérieur à celle de l'hiver.

Tableau n° 02 : pluviosité moyenne par saison.

	Hiver	printemps	Été	Automne	Année
Précipitation moyennes mm	103.8	104.0	57.2	135.4	400.4
%	26.7	33.2	15.0	25.1	100
Jours de pluies	28.0	15.0	08.0	20.0	72.0
Intensité moyenne	3.7	6.9	7.1	6.7	5.5



(A.N.R.H., 1993 : données moyennes de 60 ans, périodes du 1er septembre 1921 au Août1960 et du 1er Septembre 1968 au 31 août 1989).

Figure II.1 : Carte des précipitations annuelles moyennes de l’Est algérien

II.3) – Les températures:

Les températures max supérieures à 20 °C s’étalent du mois mai à octobre et les minima inférieurs à 5 °C sont observés de décembre à mars.

Les valeurs extrêmes sont enregistrées en juillet et en janvier successivement avec une moyenne de 33.8 °C et 0.3 °C.

L'amplitude thermique est plus forte en période estivale où elle atteint 17.2 °C au mois de juillet, et faible en janvier où elle est de 0.8 °C.

Tableau n° 03: Températures maxima, minima et moyennes mensuelles

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Max	27,6	22,2	15,8	12,3	11,1	12,8	18,2	19,1	25,8	30,9	34,6	33,8
Min	15,7	11,9	06,9	3,5	03,0	02,6	04,7	07,2	12,0	16,0	18,9	19,1
M+m/2	21,7	17,1	11,4	07,8	07,0	07,7	11,4	13,1	18,9	23,5	26,7	26,3

Amplitude	11,9	10,3	09,0	08,8	08,0	10,2	13,5	12	13,7	14,9	15,7	14,9
-----------	------	------	------	------	------	------	------	----	------	------	------	------

II.3.1) – Les températures absolues:

La température maximale absolue observée est de 42.3 °C au mois de juillet et la température minima absolue enregistrée est de -9.0 °C au mois de février.

Tableau n° 04 : températures maxi et min absolues moyenne mensuelles

M mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
MM	39.1	33.5	26.9	24.8	22.4	24.7	32.3	33.4	40.5	41.5	42.3	41.7
mm	3.4	0.6	-6.2	-8.3	-8.4	-9.0	-7.3	-5.5	-2.5	4.5	7.8	8.3
M.	28.2	23.2	18.2	11.2	10.0	11.6	16.2	21.2	26.2	30.4	32.3	31.5
m.	15.7	11.4	5.0	2.1	1.1	2.1	5.0	6.4	10.7	16.5	21.0	19.9
Amplitude thermique (MM-mm)	35.7	32.9	33.1	33.1	30.8	33.7	39.6	38.9	43.0	37.0	34.5	33.4

MM : le maximum le plus élevé dans le mois

mm : le minimum le plus bas dans le mois

M : moyenne journalière la plus élevée du mois

m : moyenne journalière la plus basse du mois

Amplitude thermique : MM – mm

II.3.2) – Les températures supérieures à 35 °C :

Les températures supérieures au seuil de 35 °C sont enregistrées pendant 43 jours avec un maximum de 31 jours pour les deux mois juillet et août

Tableau n° 05 : Nombre de jours où la température moyenne mensuelle est supérieure à 35 °C

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Total
Nbr de jours	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	8.0	16.0	15.0	43.0

II.4) – Les vents :

Tableau n° 06 : Caractéristiques des vents

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Direction												
Vitesse m/s	3,1	2,8	2,9	2,1	2,7	3,0	2,6	3,0	3,1	3,0	3,0	2,7
Jours/mois												

Les vents dominants sont de direction sud-ouest et nord-ouest. La vitesse des vents est maximale en avril et mai, mais considérée comme modérée.

II.5) – Le sirocco :

Le vent sirocco se produit généralement pour un total de 6 jours, durant la période avril août avec un maximum de 02 jours en juillet.

Tableau n° 07 : nombre de jours de sirocco :

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Total
Jours/mois	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	2.0	1.0	6.0

II.6.)- L'insolation :

L'insolation totale annuelle de 2952 heures dont les valeurs extrêmes mensuelles sont de 350 pour juillet et 166 pour janvier.

Tableau n°08 : moyenne mensuelle d'insolation en heures:

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Jours/mois	8,8	7,2	6,0	5,7	5,5	5,4	7,9	9,1	8,9	9,3	11,3	9,8

II.7) – L'humidité relative de l'air:

La moyenne annuelle de l'humidité relative est de 58.8% avec un maximum de 75 en janvier et un minimum de 43% au mois d'août.

Tableau n° 09 : humidité relative moyenne mensuelle de l'air :

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
H%	55,8	60,5	99,8	71,6	71,7	67,6	59,5	55,0	53,6	43,7	37,5	40,2

II.8) – La neige et l'enneigement:

La période de neige s'étale en général sur 4 mois (décembre – janvier – février - mars) avec un total de 6 jours et celle de l'enneigement dure 7 jours dont 3 pour le mois de janvier.

Tableau n° 10 : la neige et l'enneigement en jours :

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	total
Neige : Nb.jours	-	-	0,1	0,9	1,5	1,5	0,4	0,1	-	-	-	-	4,5
Enneigement:Nb.jours	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

II.9)- Les gelées et la grêle :

La période gélive s'étale de novembre à avril avec un total de 53 jours. La fréquence est nettement plus élevée pour les mois de décembre – janvier – février.

La grêle peut être observée de février jusqu'en octobre avec un total annuel de 10jours. Le risque est relativement plus élevé en avril mai.

Tableau n°11 : Moyenne mensuelle des gelées, de grêle et de d'orage :

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	total
Gelées:Nb.jours	-	-	2,0	6,7	8,1	8,1	5,2	4,7	1,2				28,1

Grêle:Nb.jours													
Orage:Nb.jours	5,0	1,6	0,3	0,1	0,0	0,0	1,6	1,3	2,6	3,5	2,2	5,6	23,8

II.10)- L'évapotranspiration potentielle :

L' E T P annuelle calculée selon la méthode **Penman** modifiée est successivement 1392.6mm.

L' E T P mensuelle est supérieur à la valeur pluviométrique durant toute l'année. Le déficit annuel climatique calculé est de 994.09 mm.

Tableau n° 12: E.T.P selon Penmen modifiée par la F.A.O (1977):

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	total
ETP Mm	139.2	94.2	55.	35.3	40.0	49.2	88.6	115.	155.3	189.	230.3	199.64	1392.6
Plui e Mm	52.61	40.4	42.	30.1	42.1	31.6	29.0	38.0	37.0	22.1	13.2	22.	400.
Déficit Mm	86.	53.84	13.01	5.24	+2.1	17.68	59.66	77.5	118.31	167.50	217.13	177.54	992.
	6												0

II.11) – La synthèse climatique :

L'intérêt de la représentation synthétique du climat est de permettre le classement du climat d'une zone donnée par rapport aux différents types de climats définis selon leur degré d'aridité. En effet, ce classement est basé sur des indices climatiques associant des éléments météorologiques de l'atmosphère.

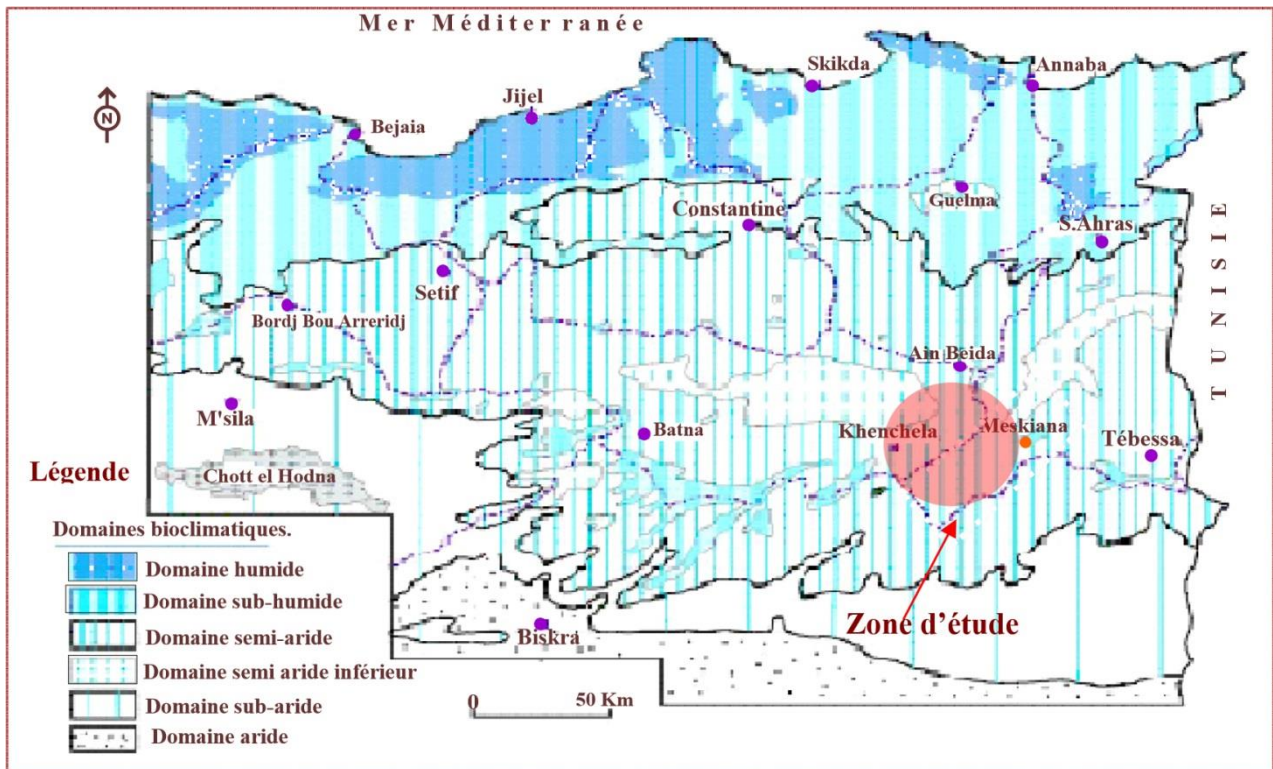


Figure II.3 : Carte simplifiée des zones bioclimatiques de l'Est algérien Côte M., (1998)

II.11.1) – Indice d'aridité de MARTONNE :

Cet indice est calculé par la formule suivante :

$$I_a = P / T + 10$$

I_a : indice de MARTONNE

P : pluviométrie annuelle en mm

T : température moyenne annuelle en C°.

Pour P : 400.65 mm/an et T : 15.5 C°, la valeur I_a est de 15.68 permettant ainsi de classer le climat de la zone comme semi-aride.

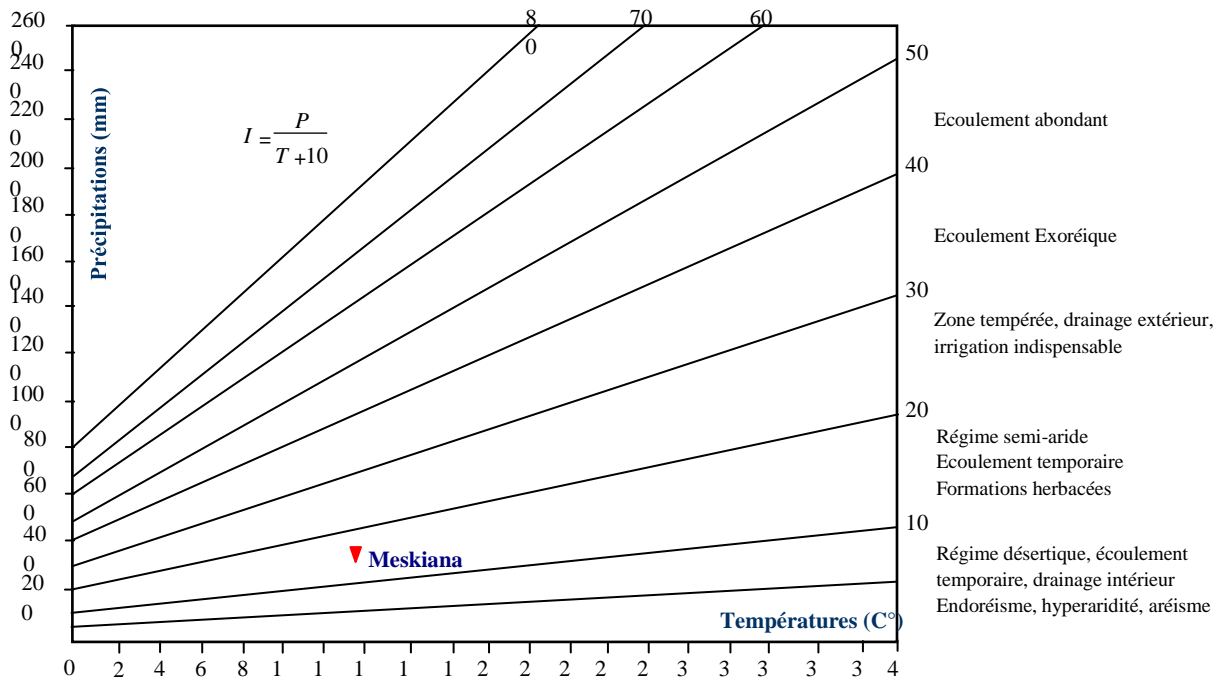


Figure II.4 : Abaque de l'indice d'aridité annuel de De Martonne

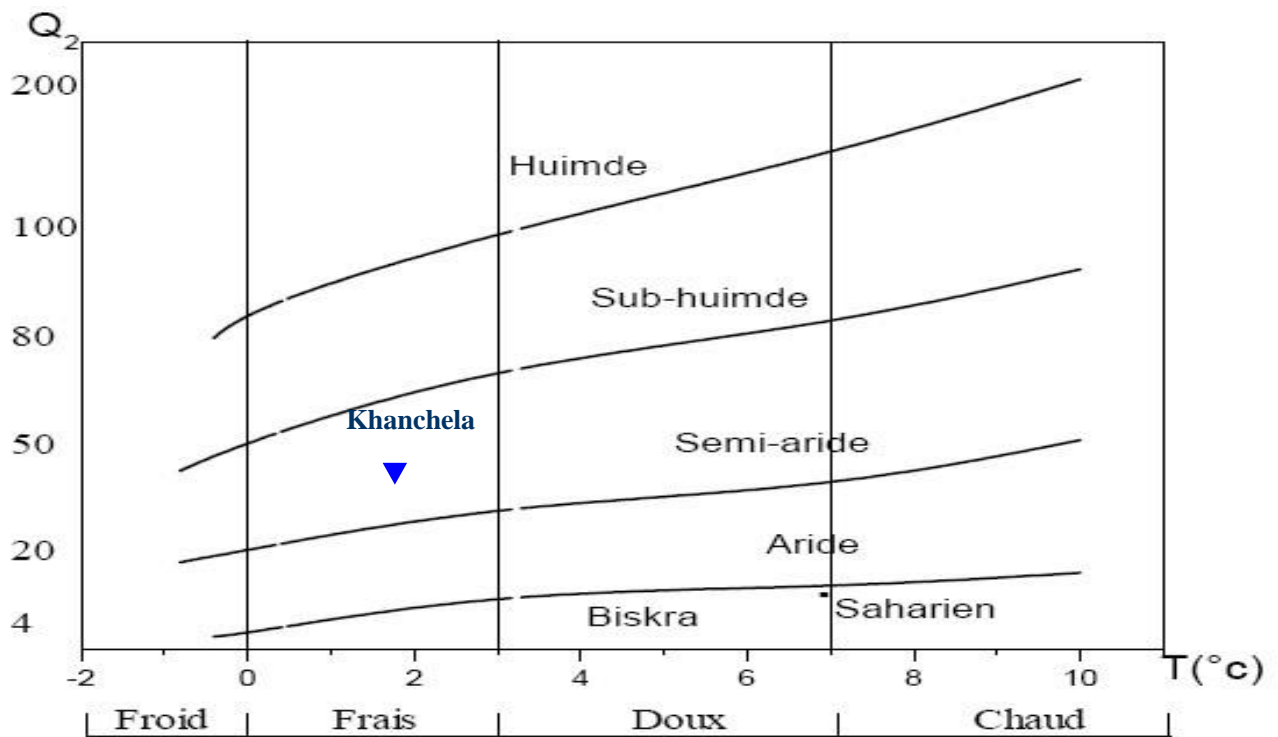


Figure II.5 : Climagramme de la station de Meskiana

II.11.3)- La représentation graphique du climat (courbe ombrothermique de Gaussen)

Elle consiste à représenter sur un même diagramme les fluctuations mensuelles des températures moyennes et de la pluviosité. Le tracé des courbes représentant chacun des deux éléments climatiques (pluviométrie et température), permet de situer, pour une région donnée, la zone sèche de l'année. Elle est représentée par la portion du graphe délimitée par les deux points de rencontre des deux courbes lorsque celle des températures se situe au-dessus de celle des pluies.

Le tracé de la courbe ombrothermique (fig. 2) pour la zone d'étude permet de remarquer une période sèche de 5 mois (mai – septembre)

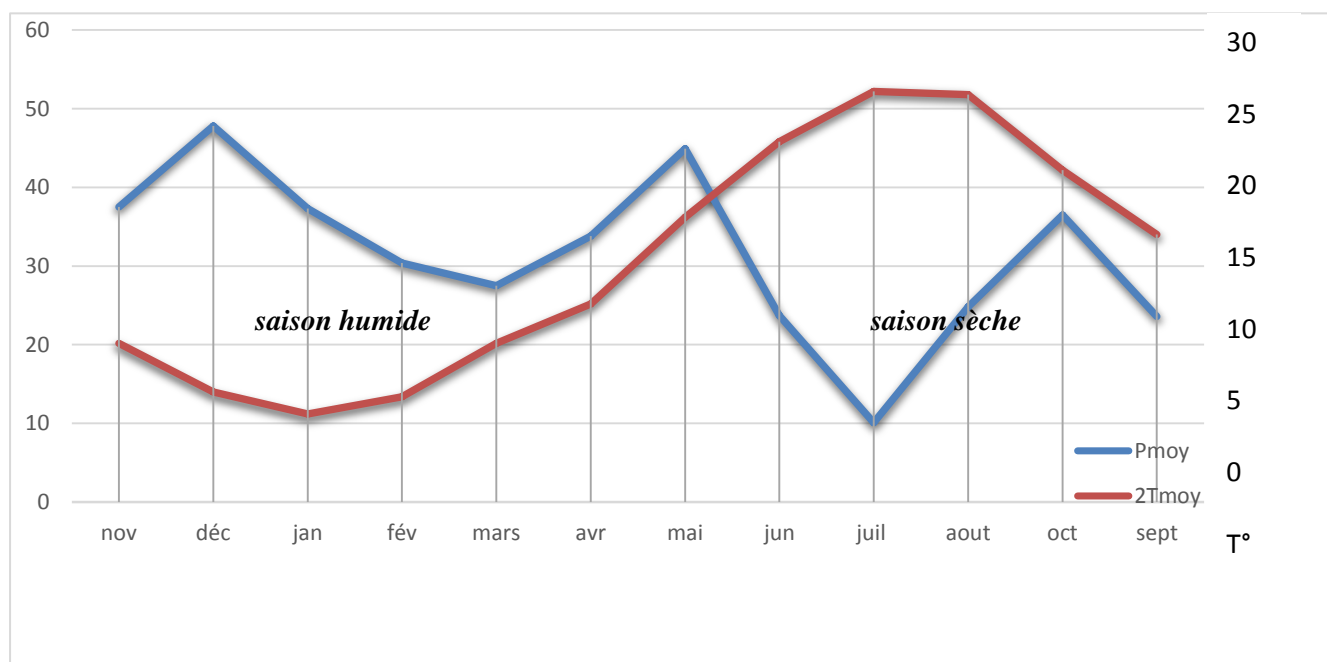


Figure II.6 : Courbe ombrothermique de la station de Meskiana

Conclusion :

On peut conclure que les caractéristiques de notre région est comme suit : -La pluviométrie moyenne annuelle est de 400.6mm/an et une température moyenne annuelle est de 15,3°.

- la saison humide débutant au mois de Novembre qui se termine au mois de Mai, et la saison sèche qui s'étale du mois de Juin jusqu'au mois d'Octobre.

-Finalement on peut dire que le climat de **Mtoussa** est semi-aride et l'irrigation est souvent indispensable.

III – ETUDE DES SOLS.

III – ETUDE DES SOLS.

III.1 – Méthodologie :

Le travail de cartographie a débuté par la collecte des différentes cartes (état major au 1/50 000 et géologique au 1/50 000).

Après reconnaissance sur terrain, la prospection pédologique a commencé et a permis la délimitation exacte de la zone d'étude. Après prospection à la tarière, les zones homogènes (unités cartographiques) sont déterminées et tracées sur carte.

Chaque unité cartographique (type de sols) est représentée par un profil type décrit et analysé. D'autres profils supplémentaires ont été décrits pour confirmation.

III.2 – Caractéristiques pédogénétiques des sols :

Les sols du périmètre sont formés sur des apports alluviaux argileux et calcaires avec des accumulations de sels en profondeur.

Du point de vue pédo génétique, ce sont des sols peu évolués d'origine non climatique, d'apport alluvial avec le caractère vertique très prononcé.

Les sols de la partie sud du périmètre présentent, en plus, des signes d'hydromorphie. Ce sont donc des sols peu évolués d'origine non climatique d'apport alluvial vertique-hydromorphe.

Au nord-ouest, les sols présentent un niveau compact (imperméable) à un mètre de profondeur.

Ceux de la partie sud-ouest du périmètre se caractérisent surtout par la présence de signes d'épandage périodique de crues.

Les sols du périmètre peuvent être ainsi regroupés en quatre types (voir carte des sols), à savoir :

- **type I** : sols peu évolués d'origine non climatique d'apport alluvial vertique sans niveau compact couvrant une surface de : 87.82 hectares ;
- **type II** : sols peu évolués d'origine non climatique d'apport alluvial à niveau compact situé à un mètre de profondeur occupant une surface de : 57.06 hectares
- **type III** : sols peu évolués d'origine non climatique d'apport alluvial vertique hydromorphe peu affectés par l'épandage des crues, couvrant 37.14 hectares.

- **type IV** : sols peu évolués d'origine non climatique, d'apport alluvial verticale hydromorphe, affectés par l'épandage des crues, couvrant 78.11 hectares.

III.3 – Caractéristiques agronomiques :

III.3.1. – Les sols vertiques sans niveau compact (type I) :

Ce sont des sols très profonds, à texture limono argileuse en surface et argilo limoneuse en profondeur. Le pourcentage de limon est supérieur à 40% sur l'ensemble du profil. Le taux de calcaire total est très élevé et se situe aux environs de 30%.

La salinité est observée à partir de 50 centimètres de profondeur avec une valeur inférieure à 2 mmho/cm et dépasse le seuil de 6 mmhos/cm en profondeur.

Le taux de matière organique, plus élevé dans la partie médiane du profil, dépasse rarement la valeur de 2%.

Pour tous les profils, la capacité d'échange cationique (CEC) se caractérise par des valeurs élevées dépassant 40 méq/100 gr de sol.

III.3.2 – Les sols vertiques à niveau compact (type II) :

Ce sont des sols très profonds, à texture argileuse en surface et limoneuse en profondeur. Le caractère limoneux de la texture en profondeur est à la base du niveau compact. Le taux de calcaire total est très élevé dans l'ensemble du profil avec des valeurs supérieures à 27%. La présence de gypse est observée à partir de 100 cm de profondeur. La salinité est de 1,3 mmhos/cm jusqu'à la profondeur de 105 cm, mais au-delà, elle atteint 5,8 mmhos/cm.

III.3.3 – Les sols vertiques hydromorphes peu affectés par l'épandage des crues (type III) :

Ces sols occupent la partie centrale du périmètre à texture argilo limoneuse sur l'ensemble du profil. Ils sont relativement pauvres en matière organique avec un taux inférieur à 1,5% et très pauvres en phosphore. Leur teneur en calcaire totale dépasse légèrement 30%. La CEC est très élevée et se situe à plus de 40 méq/100 gr de sol. La salinité est faible jusqu'à 80 cm de profondeur avec des valeurs inférieures à 2 mmhos/cm, mais au-delà elle atteint 5,6 mmhos/cm.

III.3.4 – Les sols vertiques hydromorphes affectés par l'épandage des crues (type IV) :

Ils se situent dans la partie sud-ouest du périmètre et présentent les mêmes caractéristiques physico-chimiques que les sols du type III. Leur texture est argileuse à argilo limoneuse. Ils sont relativement pauvres en matière organique et très pauvre en phosphore assimilable. Leur CEC varie de 30) 45 méq/100 gr de sol. Jusqu'à 100 cm de profondeur, la salinité est faible avec une valeur inférieure à 2 mmhos/cm. Mais au-delà elle dépasse 5mmhos/cm. En surface, ces sols présentent une accumulation de débris organiques couvrant une croûte limoneuse résultant de l'action des eaux des crues.

III.4 – Les aptitudes culturales des sols en irrigué :

Les sols du périmètre présentent les mêmes aptitudes culturales, de formule : « **C 13 M 25 I 21 B 43** ».

La texture lourde et le taux de calcaire actif élevé associé au mauvais drainage limitent fortement les possibilités pour l'arboriculture fruitière. En effet, seuls les espèces pêcher, abricotier et pommier peuvent s'y accommoder moyennement.

Quant aux cultures maraîchères également, seules quelques espèces sont susceptibles d'être introduites à cause de la texture fine et le mauvais drainage des sols. Ainsi, l'artichaut, le chou et le chou fleur paraissent plus indiqués et, à un degré moindre, l'ail, l'oignon, la tomate et le piment.

La gamme des cultures céréalières et fourragères qui conviennent bien à ces sols est plus large :

- L'aptitude culturale est bonne pour les espèces suivantes : blé dur, blé tendre, orge, vesce avoine, ray-grass, fétuque ;
- Moyenne pour les espèces : luzerne et sorgho ;
- Enfin, l'aptitude aux cultures industrielles et limitée par l'hydromorphie et, de ce fait, les sols conviennent aux seules espèces : betterave sucrière, coton, tournesol et tabac.

III.5 – Les caractéristiques hydrodynamiques des sols :

L'étude hydrodynamique a porté sur les trois stations représentant les profils types (P1, P8, P14), elle concerne la perméabilité en surface, la conductivité hydraulique sur 1.20 m, la porosité du sol, les densités réelles et apparentes et les pF 3 et pF 4,2.

La perméabilité en surface a été déterminée sur terrain en utilisant la méthode du double anneau (méthode Muntz).

La conductivité hydraulique en profondeur a été réalisée par la méthode du Porchet sur terrain.

La porosité est calculée à partir des densités apparentes et réelles par la formule :

$$p (\%) = 1 - \frac{da}{dr}$$

Les densités apparentes et les pF sont estimées par un logiciel américain à partir de la charge en cailloux et la texture du sol.

III.5.1 – Perméabilité en surface :

Les valeurs de la perméabilité en surface varient entre 0,45 et 0,56 cm/h.

Ces valeurs caractérisent un sol peu perméable.

Les sols vertiques sans niveau compact ont une perméabilité de 0,45 (profil 01).

Les sols vertiques à niveau compact ont une valeur moyenne de 0,50 cm/h. (profil 14).

Les sols vertiques et hydromorphes ont une valeur intermédiaire de 4,49 cm/h (profil 8).

III.5.2 – La conductivité hydraulique en profondeur :

De part la texture argileuse de l'ensemble des profils, la conductivité hydraulique en profondeur reste très faible.

Les profils des trois types de sols affichent des valeurs de 4,14 m/j (profil 1), ,039 m/j pour le profil 08 et 2.22 m/j pour le profil 14.

Ces trois valeurs qui sont comprises entre 0,1 et 0,5 m/j, font partie de la classe de drainage faible avec un drainage imparfait.

III.5.3 – La densité réelle :

Les valeurs de la densité réelle varient de 1,75 à 2,77. Leur fluctuation dans le profil résulte du caractère alluvial des sols.

III.5.4 La densité apparente :

Les valeur de la densité apparente varient de 1.21 à 1.51 g/cm³ et caractérisent les sols argileux et limoneux. (Voir tableau récapitulatif).

III.5.5 La porosité totale :

La porosité totale passe de 56% dans le profil 01 à 39% dans le profil 14. En général jusqu'à 100 cm de profondeur la porosité reste bonne à très bonne.

III.5.6 Les pF.

Les pF déterminés correspondant successivement à la capacité au champ (pF3) et au point de flétrissement (pF 4.2).

Les valeurs des pF sont données par horizon pour les trois stations (Voir tableau récapitulatif).

Tableau n°14 récapitulatif des mesures hydrodynamiques.

Profils	Profondeur cm	da	dr	ρ (%)	Fp3	Fp4.2	Conductivité En Profondeur m/j	Perméabilité En Surface (cm/h)
01	0 - 30	1.27	2.70	52.96	45.72	22.86	0.14	0.45
	30 - 85	1.21	2.77	56.31	52.03	31.46		
	85 - 150	1.27	1.75	27.42	43.20	22.86		
08	0 - 40	1.25	2.08	39.90	46.25	23.75	0.39	0.49
	40 - 80	1.25	1.92	34.89	47.50	26.75		
	80 - 150	1.27	2.08	38.94	45.72	22.86		
14	0 - 40	1.30	2.00	35.00	36.40	13.00	0.22	0.50
	40 - 105	1.25	2.17	42.39	46.25	23.75		
	105 - 150	1.51	2.08	27.40	46.8	15.10		

V. ETUDE FONCIERE

La reconnaissance, les limites des parcelles et la désignation des propriétaires sont établies sur la zone de l'étude qui s'étaler sur 254 ha.

L'étude agropédologique a permis de délimiter le périmètre à irriguer sur ce surface de 182 ha.

Le parcellaire que nous avons établi concerne les terres situées sur ce périmètre. Les parcelles . La surface totale des parcelles est de 179 ha.

Les parcelles obtenues sont de formes très irrégulières et de surface très différentes. Le nombre de parcelles obtenues et leur surface est donné dans le tableau suivant :

surface	Parcelles		SURFACES	
	nombres	%TOTAL	ACESSURF /TYPE	% / TOTAL
SURF<1ha	13	27.08	6.911	3.86
1ha<SURF<2ha	10	20.83	14.391	8.03
2ha<SURF<10ha	21	43.75	84.69	47.31
SURF<10ha	4	8.33	73.02	40.79
Total	48		179.01	

L'analyse de ce tableau montre que 48% des parcelles ont une superficie inférieure à 2ha mais ne couvrent que 12% de la surface totale, ce qui indique que le périmètre est fortement morcelé .Nous remarquons que 41% de la surface est répartie sur quatre parcelles.Enfin, les parcelles dont les surfaces sont comprises entre 2 et 10ha représente 44% de nombre de parcelles et couvrent 47% de la surface totale du périmètre..

Nous pouvons conclure que la situation dont sont réparties les parcelles sur le périmètre ne permettra pas une projection optimale des réseau d'irrigation en particulier pour la technique du goutte à goutte.

VI – LES TRAVAUX D'AMELIORATION FONCIERE ET D'AMENAGEMENT

Pour améliorer les conditions de culture et obtenir des récoltes économiquement rentables, les opérations suivantes sont nécessaires :

- réalisation d'un réseau d'assainissement pour faciliter l'évacuation des eaux et limiter la durée de submersion des sols après les pluies de forte intensité ;
- installation d'un réseau de brise-vent pour la protection contre les vents dominants et desséchants de direction oued et sud/ouest en raison de la forte exposition du périmètre ;

- la mise en place d'un réseau de drainage pour éviter l'accumulation et la remontée des sels dans la zone racinaire, à moyen et long terme :

Vu la texture argileuse généralisée, il est préconisé un drainage pour tous les sols. Un drainage en canal ouvert suffit à abattre le niveau de la nappe pour éviter la remontée des sels. Ce niveau doit être de 1,5 m pour les terres destinées à l'arboriculture et de 0,60 m pour les autres cultures (cultures maraîchères, céréales et fourrage, cultures industrielles).

- l'apport d'amendements organiques pour améliorer les propriétés physiques des sols, notamment leur structure et leur perméabilité ;
- un défoncement dans les sols à niveau compact (type II) ;
- la mise en place d'un système de protection (endiguement) contre les eaux extérieures qui arrivent du côté sud et sud/ouest du périmètre ;
- l'ouverture de pistes d'exploitation carrossables du périmètre pour y faciliter l'accès, même en saison des pluies.

VIII – RECOMMANDATIONS

Pour la mise en valeur en irrigué envisagée, il est recommandé :

-De prendre les sous-groupes de sols suivants :

- le sous groupe des sols vertiques : 87,82 hectares ;
- le sous groupe des sols vertiques à niveau compact : 57,06 hectares;
- le sous groupe des sols vertiques hydromorphe : 37,14 hectares ;

Soit une surface totale de **182,02 hectares**.

Le quatrième groupe pourrait être éventuellement utilisé comme zone d'extension après des travaux de protection contre les eaux de crues.

Les cultures à retenir sont par ordre d'importance ;

- ❖ **les céréales ;**
- ❖ **les fourrages ;**
- ❖ **les cultures maraîchères ;**
- ❖ **l'arboriculture fruitière**

Conclusion :

✓ Cette dernière catégorie de culture commence à susciter un certain intérêt chez les agriculteurs, suite à la politique agricole nationale, menée actuellement en la matière, peut être introduite avec une certaine prudence en raison de la nature peu favorable des sols et de l'absence de tradition arboricole et de la ressource hydrique.

Ces cultures sont recommandées en raison de leur adaptation aux sols et au climat ainsi qu'aux habitudes agricoles de la région qui est déjà à vocation agro-pastorale.

Les fourrages constituent la base de développement de l'élevage et les cultures maraîchères offrent les possibilités de création d'emplois, l'amélioration des revenus des agriculteurs, une meilleure valorisation des sols et de l'eau et, enfin, un écoulement des produits qui sera facilité par la proximité des grands centres urbains consommateurs, notamment la ville de Khenchela.

Chapitre IV :Etude Hydrologique

Chapitre IV :Etude Hydrologique

Introduction :

L'étude hydrologique a pour but de déterminer les caractéristiques des pluies annuelles de fréquences données, qui conditionnent l'étude de notre projet d'aménagement hydro- agricole, tels que : le calcul des besoins des cultures projetés dans le périmètre, ainsi que le dimensionnement du réseau d'irrigation. La connaissance de ces pluies est nécessaire au dimensionnement du réseau d'irrigation.

IV.6) Choix de l'échantillon à analyser :

La station de Dalaa a été prise comme station de référence, les caractéristiques de cette dernière sont résumées dans le Tableau IV.1 :

:

Tableau IV.1 : Les caractéristiques de La station de Meskiana .

Stations	Coordonnées Lambert		Altitude (m)	Année de la mise en service
	X	Y		
Meskiana	950.050	270.750	850	1904

Nous disposons d'un échantillon de pluies annuelles qui va de 1970 à 2005, soit donc une durée d'observations de 35 ans. Les observations de pluies annuelles sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau IV.2 : Précipitations moyennes mensuelles (1970-2005).

Année	Sept	Oct	Nov	Déc.	Jan	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aout	Annuel
70/71	117.8	49.8	8.9	10.8	48.7	10.4	31.3	45.7	20.3	95.1	7.5	8.7	455
71/72	18.8	58.5	5.2	31	51.1	51	102	51.6	25	1.6	0	21.3	417.1
72/73	36.9	91.3	9	20.1	30.8	32.7	122.1	15.2	37.4	44.9	0.3	30.4	471.1
73/74	10,3	10.9	6	85.4	12.5	48.3	36.2	50.2	30.4	14.8	8.5	22.1	325.3
74/75	18.5	28.9	13.5	19.2	13.4	54.8	31.4	27.6	55.6	0	25.4	20.7	309
75/76	23.1	11	37.3	6.2	14.7	30.2	41.1	22.4	31.8	43.5	27.3	33.3	321.9
76/77	23.1	20.1	119.5	8.3	10.8	5.6	40.1	30.4	33.2	8.7	15	14.8	329.6
77/78	11.2	3.3	36.7	3.9	3.9	38.7	77.5	23	19.9	23.9	0	32.7	374.7
78/79	25.4	23	16.4	3.6	17.5	34.6	61.3	59.4	46.7	17.7	0	9.9	315.5
79/80	98.1	10.5	31.3	31.7	16.7	29.8	49.8	21.1	33	27.3	1	10.8	361.1
80/81	49.8	14	16.8	26.5	14.2	22.2	15.3	41.7	33.6	49.4	6.7	4.5	294.7
81/82	42.7	44.2	43.8	15.6	18.4	35.6	22.4	36.2	59.21	14.8	4.8	26.7	364.41
82/83	7	33.2	46.3	12.8	42.2	48.6	22.7	17.6	13.6	17.9	7.8	28.3	398
83/84	11.4	32.7	4.3	32.9	13.7	41.4	41.3	19	21	6.8	0	15.4	239.9
84/85	23.7	21.2	16.8	43	25.7	15.9	64.5	15.4	57.4	22.2	15.9	6	427.7
85/86	66.55	12.6	16.75	36.4	10.5	19	60.9	25	26.8	13.2	36.5	23	347.2
86/87	15.83	25.4	36.6	16.7	10.2	17.4	42.6	19.2	33.3	34.2	13.7	5	270.13
87/88	14.44	22.6	30.2	27.5	12.7	2	23.8	27.6	56.1	41.4	11.5	36.5	306.34
88/89	18	13.5	23.9	25.4	43.3	10.4	34.7	26.3	19	45.3	8.7	101.3	369.8
89/90	38.6	7.8	31.6	18.7	43	19.5	40.6	50.8	48.35	17.1	13.2	115.6	444.85
90/91	37.5	29.4	60.1	34.5	32.4	31.3	44.3	25	54.9	14.4	8.5	35.6	407.9
91/92	58.9	52.4	39.6	14.2	20.3	24.9	22.3	25.6	71.7	23.2	13.4	24.5	391
92/93	44.08	28.4	61.05	48.4	5.3	27.9	19.4	14.5	22.36	12.8	7.1	2.3	393.59
93/94	16.05	26.2	9.9	19.5	44.2	20.9	9.4	13.3	31.7	50.6	14.5	6.7	262.95
94/95	82	36.8	7.4	5.7	88	23.5	52.4	30.2	12.7	15.8	7.6	3.5	365.6
95/96	94.9	33.7	28	8.2	10.5	60.9	39.3	30.5	13.83	27.6	7.5	15.5	370.43
96/97	56	5	42.6	22.9	27.6	4	27.8	50.7	12.06	12	0	19.4	480.06

97/98	32.1	40.5	26.7	13.5	51.5	2	15.7	9.9	18.51	36.3	13	13.3	273.01
98/99	42.1	51.7	36.3	27.9	23.7	11.7	31.8	15.4	80	22	5	13.6	361.2
99/00	20.3	48.7	39.5	23.2	20	14.8	6.1	12	50.96	36.5	10	8.5	290.56
00/01	41.2	32.7	13.5	13.9	22.8	16	5.5	11.1	31.6	28	6	46.7	269
2001/2002	35.84	6	56	6.8	12.3	16	33.5	26	11.44	5	15	85	308.88
2002/2003	32.6	77.9	59.3	36.5	53.5	25.5	31	64.5	83.7	30.9	16.2	36.8	548.4
2003/2004	48.8	35.4	80.77	122.5	12.5	13.4	41.8	13.7	20.8	4.5	6.3	13.5	413.97
2004/2005	46.54	18.3	4.24	31.8	32.1	15	35.5	55.5	23.9	21	9.5	46.6	339.98
MOY	39.70	30.22	31.88	25.86	26.02	25.03	39.35	29.24	35.48	25.15	9.81	26.81	400.5

D'après le tableau précédent, on remarque que la répartition des précipitations est irrégulière et variable suivant les mois et les années. Les années 1983/1984 sont les plus sèches avec une moyenne de pluie de 239.9mm.

IV.7) Etude de l'échantillon et choix du type de loi d'ajustement :

La pluviométrie est souvent ajustable à des lois statistiques très nombreuses, on utilise pour notre projet celle qui garantit le meilleur ajustement possible. Les lois d'ajustement les plus communément employées sont les suivantes :

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

IV.7.1) Ajustement à la loi de Gauss ou loi normale :

Le procédé de calcul consiste à :

- Classer les valeurs de l'échantillon par ordre croissant.
- Affecter un numéro d'ordre aux valeurs classées.
- Calculer la fréquence expérimentale par la formule de Hazen.

– Variable réduite de gauss :

$$U = \frac{X - \bar{X}}{\delta} \dots\dots\dots(\text{IV.2})$$

– Le coefficient de variation :

$$Cv = \frac{\delta}{\bar{X}} \dots\dots\dots(\text{IV.3})$$

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

$$X_{p\%} = \bar{X} + \delta \cdot U_{p\%} \dots\dots\dots(\text{IV.4})$$

Avec:

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

$U_{p\%}$: variable réduit de Gauss.

\bar{X} : Moyenne arithmétique.

δ : Écart type.

Pour la mise en œuvre des calculs, nous avons utilisé le logiciel HYFRAN.

Tableau IV.3 : Ajustement à la loi de Gauss.

$T = 1/q$	$q = F(X)$ (probabilité au non-dépassement)				
T	Q	XT	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)	
100	0.99	502	22.4	458	546
50	0.98	483	20.5	443	523
20	0.95	455	17.8	420	490
10	0.9	430	15.7	400	461
5	0.8	400	13.5	374	427
2	0.5	343	11.5	320	366
1.25	0.2	286	13.5	259	312

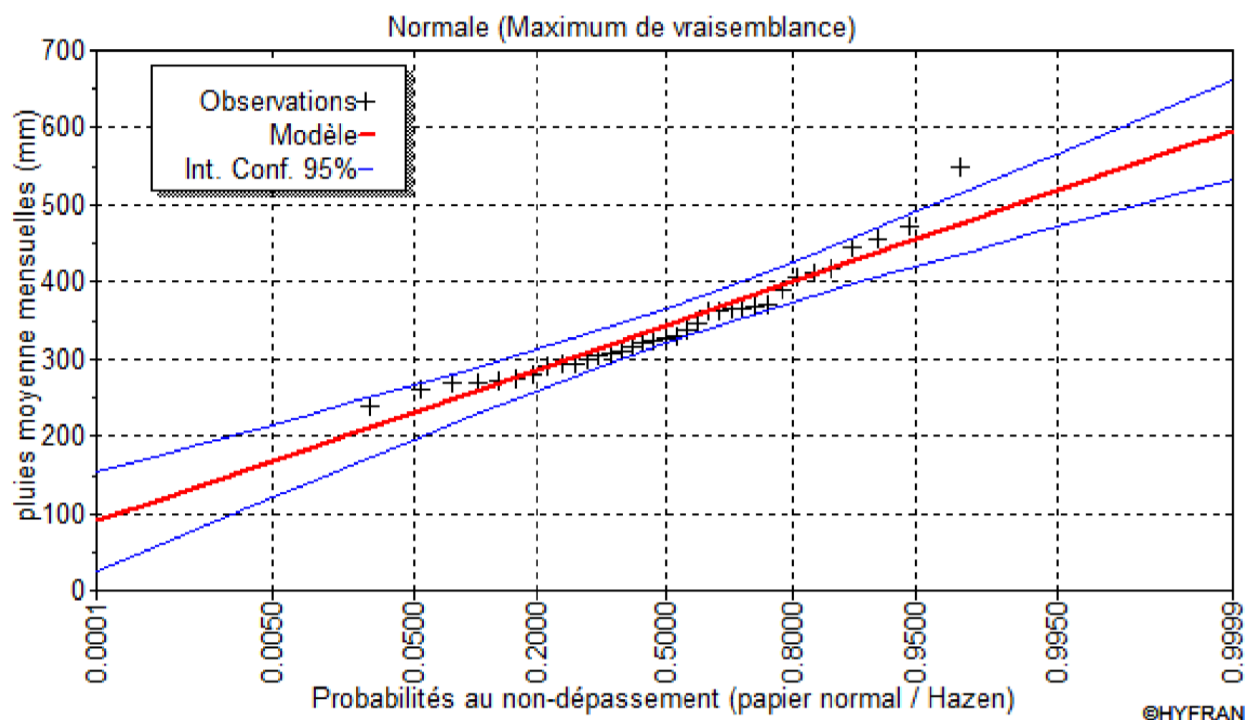


Figure IV.1 : Ajustement des pluies annuelles à la loi Normale.

IV.7.2) Test de validité de l'ajustement à la loi choisie :

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

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

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

$$V_i = N \int_{x_{i+1}}^{x_i} f(x) dx = N [F(x_i) - F(x_{i+1})] \dots\dots\dots(\text{IV.5})$$

F(x) : étant la 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 :

$$\chi^2 = \sum \frac{(n_i - v_i)^2}{v_i} \dots\dots\dots(\text{IV.6})$$

$$\lambda = K - P - 1 \dots\dots\dots(\text{IV.7})$$

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

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

➤ Test de Khi carré pour la loi Normale :

- On calcule $\chi^2_{calculé}$.
- On calcule le nombre de degré de liberté γ .
- On détermine $\chi^2_{théorique}$ Sur la table de Pearson (voir Tableau IV.6)

Avec : $\chi^2_{théorique} = g(\alpha, \gamma) \dots \dots \dots (IV.8)$

La loi est adéquate pour une erreur $\alpha=0.05$ (5%) si et seulement si : $\chi^2_{calculé} < \chi^2_{théorique}$.

Tableau IV.4 : Table de χ^2 .

α / γ	0.9	0.5	0.3	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01	0.001
1	0.01 6	0.45 5	1.074	1.642	2.705	3.841	5.412	6.635	10.82 7
2	0.21 1	1.38 6	2.408	3.219	4.605	5.991	7.824	9.210	13.81 5
3	0.58 4	2.36 6	3.665	4.642	6.251	7.815	9.837	11.34 5	16.26 6
4	1.06 4	3.35 7	4.878	5.989	7.779	9.488	11.66 8	13.27 7	18.46 7
5	1.61 0	4.35 1	6.064	7.289	9.236	11.07 0	13.38 8	15.08 6	20.51 5
6	2.20 4	5.34 8	7.231	8.558	10.64 5	12.59 2	15.03 3	16.81 2	22.45 7
7	2.83 3	6.34 6	8.383	9.83	12.01 7	14.06 7	16.62 2	18.47 5	24.32 2
8	3.49 0	7.34 4	9.524	11.03 0	13.36 2	15.50 7	18.16 8	20.09 0	26.12 5

9	4.16	8.34	10.65	12.24	14.68	16.91	19.67	21.66	27.87
	8	3	6	2	4	9	9	6	7

D'après le logiciel HYFRAN ont obtenu les résultats suivant :

$$\chi^2_{\text{calculé}} = 5.46 \text{ et } \gamma = 5.$$

D'après la table de Pearson du $\chi^2_{\text{théorique}}$ on a :

$$\chi^2_{\text{théorique}} = 11.070.$$

$$\text{Alors : } \chi^2_{\text{calculé}} = 5.46 < \chi^2_{\text{théorique}} = 11.070.$$

L'ajustement est considéré.

IV.7.3) Ajustement des pluies annuelles à la loi du log-normale (loi de Galton) :

L'ajustement par la loi log-normale se fait comme suit :

-Les données statistiques des pluies sont rapportées à une autre échelle à savoir l'échelle du log normale.

Nous avons l'équation de la droite de Galton qui s'écrit comme suit :

$$\ln(X_{p\%}) = \overline{\ln(X)} + \delta \ln \times U_{p\%} \dots \dots \dots \text{(IV.9)}$$

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

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

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

$\delta \ln$: La variance, calculée pour les précipitations observées sous l'échelle logarithmique sa formule s'écrit comme suit :

Pour $n < 30$:

$$\Delta = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [\ln(X_i) - \overline{\ln(X)}]^2} \dots\dots\dots(\text{IV.10})$$

Pour $n > 30$:

$$\Delta = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [\ln(X_i) - \overline{\ln(X)}]^2} \dots\dots\dots(\text{IV.11})$$

$U_{p\%}$: variable réduite de Gauss.

Pour les calculs on a utilisé le logiciel HYFRAN Les résultats obtenus figurent au tableau IV.7 et au Figure IV.3.

Tableau IV.5 : Ajustement des pluies annuelles à la loi-log normale.

T = 1/q	q = F(X) (probabilité au non-dépassement)				
T	Q	XT	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)	
100	0.99	523	32.5	459	586
50	0.98	497	28.2	441	552
20	0.95	460	22.7	415	504
10	0.9	429	18.6	393	466
5	0.8	395	14.7	366	424
2	0.5	337	10.8	316	358
1.25	0.2	287	10.7	266	308

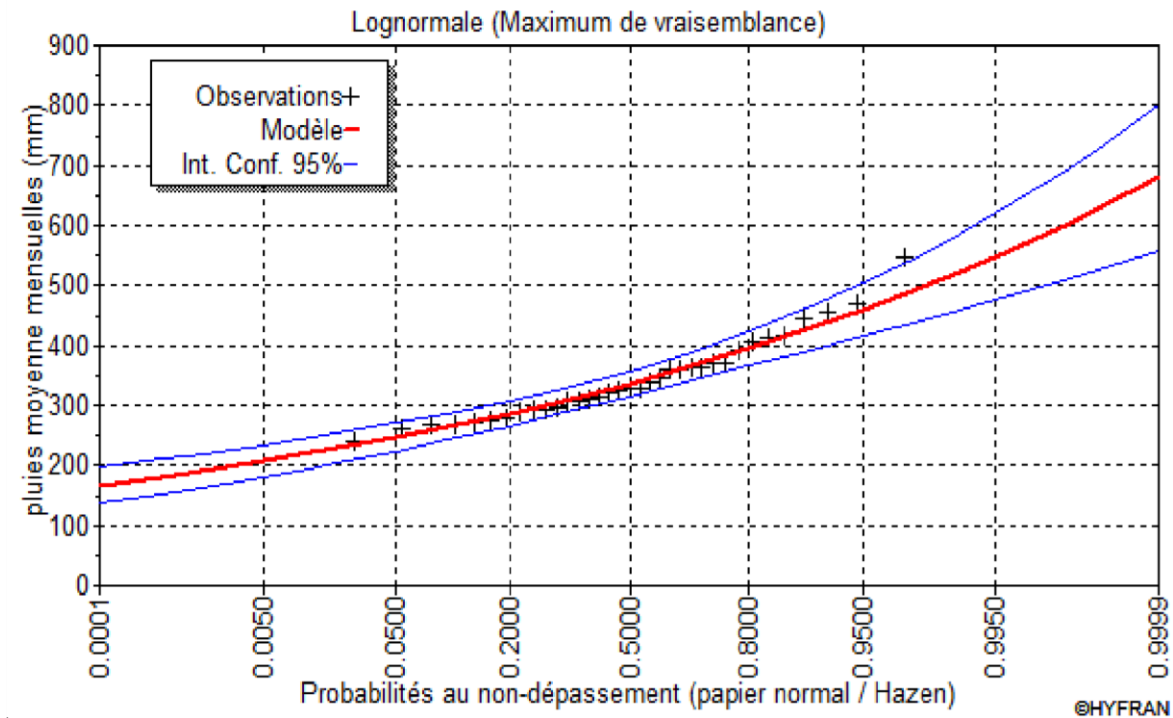


Figure IV.3 : Ajustement des pluies annuelles à la loi log-Normale.

IV.7.4) Test de validité de l'ajustement à la loi log-normale (loi de Galton) :

➤ Test de Khi carré pour la loi Normale :

- On calcule $\chi^2_{calculé}$.
- On calcule le nombre de degré de liberté γ .
- On détermine $\chi^2_{théorique}$ Sur la table de Pearson III (voir Tableau IV.6)

Avec : $\chi^2_{théorique} = g(\alpha, \gamma)$.

La loi est adéquate pour une erreur $\alpha=0.05$ (5%) si et seulement si : $\chi^2_{calculé} < \chi^2_{théorique}$.

D'après le logiciel HYFRAN ont obtenu les résultats suivant :

$\chi^2_{calculé} = 2.71$ et $\gamma = 5$.

D'après la table de Pearson du $\chi^2_{théorique}$ on a :

$$\chi^2_{théorique} = 11.070$$

Alors : $\chi^2_{calculé} = 2.71 < \chi^2_{théorique} = 11.070$.

N.B :

D'après le test de Khi carré, la loi log-Normale s'ajuste mieux aux pluies annuelles par rapport à la loi Normale.

IV.8) Détermination de l'année de calcul :

Puisque la loi log-normale est la plus adéquate, alors nous la retenons pour l'estimation de la pluviométrie moyenne mensuelle représentative de la région.

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

$$P_i(80\%) = P_{moy} \times \frac{P_{théorique(80\%)Annuelle}}{P_{théorique(50\%)Annuelle}} \dots\dots\dots(IV.12)$$

Avec :

i : Mois.

On déduire les résultats suivantes :

$$P_{théorique(80\%)Annuelle} = 291\text{mm.}$$

$$P_{théorique(50\%)Annuelle} = 332\text{mm.}$$

Les pluies mensuelles servant au calcul et au dimensionnement du réseau de notre périmètre sont présentées comme suit :

Tableau IV.6 : Précipitation moyenne mensuelle de l'année de calcul.

Mois	Janv.	Févr.	Mar	Avril	Mai	Jun	Juil.	Aout	Sept	Oct.	Nov.	Déc.
P _i , moy	39.70	30.22	31.88	25.86	26.02	25.03	39.35	29.24	35.48	25.15	9.81	26.81
P _i , 80% (mm)	34.8	26.49	27.94	22.67	22.81	21.94	34.49	25.63	31.1	22.04	8.60	23.50

Conclusion :

Au terme de ce chapitre, nous avons pu dégager les principales caractéristiques hydrologiques et statistiques de la zone du projet.

Pour ce qui est de l'analyse statistique des pluies annuelles, on doit noter que le test de Khi carré a montré un ajustement acceptable avec les deux lois (loi de Galton et la loi de Gauss).

Vu la variabilité des pluies annuelles de la station de Meskiana , la comparaison entre les deux lois a montré une meilleure adéquation de la loi log-normale par rapport à la loi normale.

Ce qui nous a conduits à prendre en considération cette loi pour l'estimation des pluies servant au dimensionnement de l'extension du réseau d'irrigation de Mouillah .

Chapitre V : Détermination des besoins en eau des cultures.

Chapitre V. Determination des besoins en eau des cultures.

V.1 Etude Agronomique.

Il est indispensable d'étudier les aptitudes culturales propres à chaque type de notre sol, et le choix des cultures convenables et adaptables.

V-1-1-Choix Des Cultures :

Le choix des cultures à mettre en place doit concilier entre les critères suivants :

- les conditions climatiques de la région étudiée ;
- la qualité et disponibilité de l'eau d'irrigation ;
- l'aptitude culturale des sols basée sur l'étude pédologique

Pour l'établissement du calendrier cultural adaptable aux diverses conditions du périmètre d'étude METOUSSA, nous avons tenu compte :

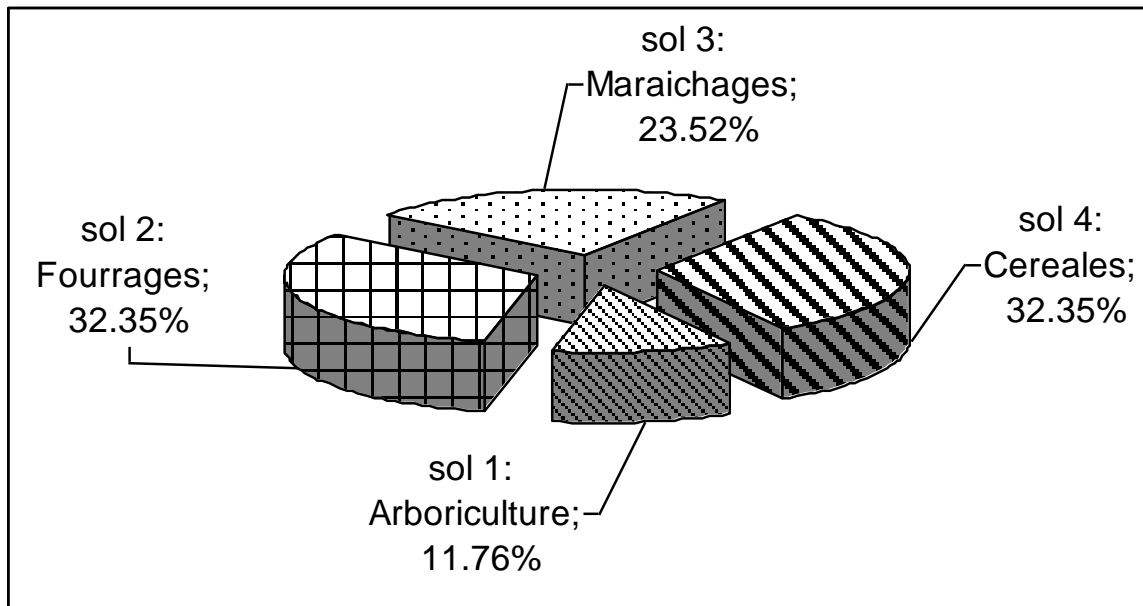
- De la vocation agro- alimentaire de la région ;
- Du choix des services agricoles de la Wilaya qui tendent vers la diversification et l'intensification des cultures pratiquées dans la région ;
- D'un aperçu sommaire sur les qualification de la main d'œuvre actuelle dans la conduite des cultures envisagées.
- des disponibilités des moyens de production ;
- de la demande commerciale traduisant les profits des agriculteurs ;

Les cultures retenues doivent présenter une combinaison harmonieuse entre elles afin de bien conditionner la réussite technique et financière de notre système de culture.

Pour notre périmètre de **170 Ha** ; les cultures que nous avons choisies sont les suivantes :

- Cultures fourragères 55 ha soit 32.35%** (Orge en vert, Sorgho, Rey gras, Luzerne et vesce avoine)
- cultures céréalières 55 ha soit 32.35%** (blé dur, orge)
- Cultures maraîchères: 40 ha soit 23.52%** (Pomme de terre, Oignon sec, Ail, tomate, courgettes, piment, Choux fleur, Carottes, Navet, Melon et Tabac).
- **Arboriculture: 20 ha soit 11.76%**(Abricotier, pêcher, pommier et prunier).

Parmi ces cultures on a opté pour des cultures que les agriculteurs ont déjà l'expérience et la maîtrise de leurs techniques de mise en culture.



Répartition des différentes cultures sur le périmètre.

V-1-2-REPARTITION DES CULTURES (TEMPS, IRRIGATION) :

Le choix de ces cultures dans notre périmètre est bien réparti dans le temps et dans l'espace comme le montre le tableau ci-dessous

Tableau N°1 : Périodes de développement des cultures :

Cultures	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Ju	A
Piment							////	////	////	////	////	
Oignon et ail		////	////	////	////	////	////	////				
Tomate							////	////	////	////	////	
Choux fleur	////	////	////									////
Navet carottes	////	////	////									////
Melon							////	////	////	////	////	
Courgettes							////	////	////	////	////	
Pomme de terre saison							////	////	////	////	////	
Tabac	////							////	////	////	////	////
Blé dur orge		////	////	////	////	////	////					
orge en vert		////	////	////	////	////	////					
Sorgho							////	////	////	////	////	
Luzerne	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////
Vesce avoine	////	////	////	////	////	////						
Rey gras	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////
Pêcher	////	////					////	////	////	////	////	////
Abricotier	////	////					////	////	////	////	////	////
Pommier	////	////					////	////	////	////	////	////
Prunier	////	////					////	////	////	////	////	

V-1-3- PLAN D'ASSOLEMENT – ROTATION :

L'assolement et rotation des cultures sont indispensables pour préserver et protéger les sols et leurs milieux fragiles, car la dégradation des sols est provoqué en premier lieu par la monoculture permanente, de cela une rotation des cultures sur un sol est obligatoire non seulement pour protéger les sols mais aussi pour avoir de bon rendements.

Pour notre cas nous avons opté l'assolement rotation suivante :

Tableau N°2 : Plan d'assolement et rotation :

Sols	1 ^{ère} année	2 ^{me} année	3 ^{me} année
Sol 1	Arboriculture	Arboriculture	Arboriculture
Sol 2	Cultures fourragères	Cultures maraîchères	Céréales
Sol 3	Cultures maraîchères	Céréales	Cultures fourragères
Sol 4	Céréales	Cultures fourragères	Cultures maraîchères

V.2) CALCULS DES BESOINS EN EAU DES CULTURES.

Les besoins des plantes ne sont pas constants dans le temps ; il y a une sensibilité particulière au déficit en eau à certaines périodes de leur cycle végétatif.

De nos jours, la plupart des modes des conduites de l'irrigation résultent soit d'un bilan hydrique de la culture, soit de mesure in situ de la réponse à la sécheresse des plantes, dans les systèmes agraires modernes, la majorité des prévisions d'irrigation dépend de l'évaluation de la quantité d'eau disponible dans le sol pour la culture, Dans cette approche les variations de l'humidité du sol sont calculées en termes de gains- et de pertes pendant un temps donné.

Les besoins en eau à satisfaire par l'irrigation au niveau du champ représentent le volume et la fréquence des applications d'eau nécessaire pour compenser les déficits en eau du sol pendant le cycle végétatif d'une culture donnée.

Les besoins en eau à satisfaire sont à estimer en deux phases :

- Les besoins unitaires : relatifs à un hectare de chacune des cultures envisageables pour la zone étudiée ;
- Les besoins globaux : du périmètre d'irrigation ;

Pour calculer ces besoins, il faut y avoir les données climatiques et édaphiques qui sont les variables qui composent le bilan hydrique au niveau de l'aire d'irrigation qui sont :

- Les besoins en eau maximum de chaque culture (**ETM**)
- La pluie efficace (**Pe**)
- La fraction de la réserve facilement du sol (**XRFU**).

Les besoins en eau sont estimés en deux phases :

- Les besoins en eau maximum des cultures calculées par période mensuelle ;
- Les besoins globaux du périmètre irrigué.

V-2-1) LES BESOINS EN EAU UNITAIRES DES CULTURES :

V-2-1-1-L'évapotranspiration potentielle (ETp) :

Pour prédire l'évapotranspiration potentielle, on utilise généralement les formules de prévision qui font appel à une différenciation entre les composantes du climat et celles de la culture.

Dans notre cas, il s'est avéré que la formule de PENMAN modifiée par F.A.O est la plus adéquate.

V-2-1-2 Le coefficient cultural (Kc)

Les besoins en eau maximum ; notée (**E.T.M**) dépendent du climat, mais aussi de la culture elle-même et des conditions de sa croissance.

Lorsqu'une culture est bien conduite (peuplement optimale, bon état sanitaire, arrosage satisfaisant), l'expérience montre qu'il existe pour chaque période végétative une relation entre l'**E.T.M** de cette culture et l'**E.T.P** du lieu, autrement dit, par culture et par stade de croissance, on peut écrire :

$$\mathbf{Kc = E.T.M / E.T.P}$$

La valeur de **Kc** représente le coefficient d'évapotranspiration d'une culture poussant dans des conditions optimales et produisant des rendements optimums. Ce coefficient est influencé par des facteurs qui sont principalement des caractéristiques de la plante :

- La date de la plantation ou de semis ;
- Le rythme de développement de la plante et la longueur de la saison végétative ;
- Les conditions climatiques et en particulier en début de croissance ;
- La fréquence des pluies ou des irrigations.

Tableau N°3 : coefficients culturales des cultures adoptées:

Cultures	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Ju	A
Piment							0.60	1.00	1.00	1.1	0.90	
Oignon ail		0.7	0.9	1.0	1.05	1.10	1.10	0.90				
Tomate							0.70	0.95	1.25	1.25	0.65	
Chou fleur	1.0	1.15	0.95									0.75
Navet carottes	1.00	1.15	1.1									0.75
Melon							0.60	0.75	0.95	0.95	0.85	
Courgettes							0.70	0.95	1.00	1.00	0.80	
Pomme de terre saison							0.75	0.95	1.20	1.20	0.75	
Tabac	0.80							0.3	0.4	0.75	1.1	0.95
Blé dur et orge			0.70	0.85	1.05	1.10	1.20	1.20	0.20			
Orge en vert		0.70	0.85	1.05	1.05	1.20	0.75					
Sorgho							0.70	1.0	1.0	1.15	1.15	0.25
Luzerne	0.90	0.8	0.7	0.85	0.75	0.75	0.75	0.75	1.20	1.20	1.20	1.25
Vesce avoine	0.6	0.90	1.0	1.10	1.20							
Rey gras	0.90	0.8	0.7	0.85	0.75	0.75	0.75	0.75	1.20	1.20	1.20	1.25
Pêcher	0.90	0.65						0.40	0.60	0.80	0.95	0.95
Abricotier	0.90	0.65						0.40	0.60	0.80	0.95	0.95

Pommier	0.90	0.65						0.40	0.60	0.80	0.95	0.95
Prunier	0.90	0.65						0.40	0.60	0.80	0.95	0.95

V-2-1-3- Calcul des besoins en eau

Les besoins en eau maximum de chaque culture, exprimés en (mm) sont ainsi calculés pour la période considérée par la relation suivante :

$$ETM = Kc .ETP$$

V-2-2-LA PLUIE EFFICACE (PE).

Selon (SMITHE ,1992), les pluies efficaces sont définies comme étant la fraction des précipitations qui est effectivement utilisée par la culture après déduction des pertes par ruissellement de surface et par percolation profonde.

En pratique, étant donnée l'extrême difficulté d'évaluer la part des pluies efficaces contenues dans les précipitations totales, on procède par approximation.

Il existe plusieurs méthodes d'évaluation de la pluie efficace ; une méthode proposée par l'I.R.A.T intègre les paramètres suivants :

$$\text{-Si } P < 20\text{mm: } R=0 : \quad Pe = P$$

$$\text{-Si } P > 20\text{mm: } R=0,15(P-20) : \quad Pe = P - R$$

Avec :

- **P** : Pluie mesurée en mm:
- **R** : Ruissellement en mm:
- **Pe** : Pluie efficace en mm .
-

Tableau N°4: La pluie efficace en (mm)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Ju	A	Moy	Tot
P (mm)	52.6	40.4	42.4	30.1	42.1	31.6	29.0	38.0	37.0	22.0	13.2	22.0	33.38	400.6
Pe (mm)	47.71	37.34	39.04	28.58	38.78	29.86	27.65	35.3	34.45	21.7	13.2	21.7	28.40	340.86

Le tableau ci-dessus nous informe que l'apport annuel des pluies efficaces est de l'ordre de **340.86 mm** répartie irrégulièrement au cours de l'année, sa valeur maximale de **47.71 mm** est enregistrée au mois de mai, et une valeur minimale de l'ordre de 13.2 **mm** enregistrée au mois de mars.

V-2-3-LA RESERVE FACILEMENT UTILISABLE (R.F.U).

La réserve utilisable en eau (**R.U**) pour un sol est la quantité d'eau maximale utilisée par une plante en année sèche, une partie de cette réserve est consommée par la plante sans réduction de sa croissance, cette part est appelée réserve facilement utilisable (**R.F.U**).

La réserve d'eau disponible pour la plante pour un sol, de profondeur (**P**) et d'une superficie égale à (**01 ha**), se détermine comme :

$$RU (m^3/ha) = 4500 . P . Hpr . da$$

- **P** : Profondeur d'enracinement;
- **Hpr** : L'humidité de rétention;
- **da** : la densité apparente.

On considère généralement que la réserve facilement utilisable (**R.F.U.**) correspond aux **2/3** de la réserve utile totale (**R.U**). (**Sols argileux – limoneux**)

$$RFU (m^3/ha) = 3000 . Hpr . P . da$$

Pour notre cas on a :

- pour les sols sableux limoneux: **da = 1.29 g/cm³**,
- **Hpr =25.6% Soit H v r = 33.0 %.**
- **Et Hvf = 19 %**
- **RFU =990.72 .P (m³/ha)**

V-2-4-LE DEFICIT AGRICOLE (Da) :

Le sol n'a pas besoin de recevoir chaque mois la totalité du déficit pluviométrique, si le sol a le pouvoir de mettre à la disposition des plantes une certaine quantité d'eau prise sur sa «réserve utilisable» constituée durant les mois excédentaires. On définit le déficit agricole (**Da**) d'un mois donné comme étant égal au déficit pluviométrique de ce mois diminué d'une fraction de la réserve facilement utilisable (**R.F.U**).

$$\mathbf{Da\ (mm) = ET.\ Kc - Pe - x\ (RFU)}$$

- **ETP** : L'évapotranspiration potentielle en (mm).
- **Kc** : Le coefficient cultural, spécifique de chaque culture et en fonction de son stade végétatif.
- **Pe** : la pluie efficace en (mm).
- **RFU**:la réserve facilement utilisable du sol, disponible en début de période (mm).
- **X** : Coefficient compris entre **0** et **1**, correspondant au pourcentage utilisable de cette réserve initiale, compte tenu de la profondeur d'enracinement atteinte.

Tableau N°5 : Profondeur d'enracinement en (m) des cultures adoptées:

Cultures	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Ju	A
Piment							0.75	0.86	1.00	1.1	1.0	
Oignon ail		0.3	0.3	0.5	0.5	0.7	0.8	0.8				
Tomate							0.75	0.86	1.00	1.1	1.0	
Chou fleur	1.0	1.10	1.0									0.75
Navet carottes	0.5	0.7	0.8									0.4
Melon							0.3	0.4	0.5	0.7	0.7	
Courgettes							0.30	0.4	0.5	0.7	0.7	
Pomme de terre saison							0.3	0.3	0.7	0.7	0.9	
Tabac	1.0							0.5	0.6	0.8	0.9	0.9
Blé dur et orge			0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	1.0	1.0			
orge en vert		0.70	0.85	1.05	1.0 5	1.20	0.75					
Sorgho							0.50	0.5	0.75	1.0	1.0	1.0
Luzerne	1.0	1.0	1.0	0.3	0.3	0.5	0.5	0.80	1.0	1.0	1.0	1.0
Vesce avoine	0.3	0.7	0.87	0.95	1.0							
Rey gras	1.0	1.0	1.0	0.3	0.3	0.5	0.5	0.80	1.0	1.0	1.0	1.0
Pêcher	1.20	1.20						1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
Abricotier	1.20	1.20						1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
Pommier	1.20	1.20						1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
Prunier	1.20	1.20						1.20	1.20	1.20	1.20	1.20

V-2-5) LE BILAN HYDRIQUE (B) :

Le bilan hydrique d'une culture donnée est par définition la différence entre d'une part les besoins en eau des cultures tels que déterminés par le climat et les caractéristiques végétales (**E.T.M**) et d'autre part la somme des apports effectifs des précipitations et de la contribution de la nappe phréatique.

Le calcul des volumes d'eau à apporter par irrigation est réalisé en effectuant période par période le bilan :

$$B = K_c \cdot ETP - (P_e + X \cdot RFU).$$

Avec:

- **ETP** : l'évapotranspiration potentielle de référence en (mm);
- **K_c** : Le coefficient cultural pour chaque culture;
- **P_e**: La pluviométrie efficace ou utile en (mm);
- **R.F.U** : La réserve facilement utilisable du sol, disponible en début de période en (mm);

X : Pourcentage utilisable des besoins en eau de chaque culture. La formule ci-dessus, pourra nous informer sur **I : RFU** en (mm).

I : R.F.U : La réserve facilement utilisable du sol, disponible en début de période en (mm).

II : K_c X ETP = ETM (mm).

III : ETM – P_e = le déficit pluviométrique (mm).

IV : Stocke en début de période (mm).

V : volume à apporter aux plantes (mm).

VI : Stocke en fin de période (mm).

VII : volume à apporter aux plantes (m³/ ha / mois).

Tableau N°6 : Bilans hydriques mensuels des cultures:

Mois		S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JU	A	Annees
Pluie utile (mm)		47.71	37.34	39.04	28.58	38.78	29.86	27.65	35.3	34.45	21.7	13.2	21.7	340.86
E T0 (mm/mois)		139.2	94.24	55.5	35.34	40.00	49.28	88.66	115.5	155.31	189.6	230.33	199.94	1392.6
Piments	Kc							0.60	1.00	1.00	1.1	0.90		
	I							106.50	85.20	99.07	108.97	99.07		
	II							53.19	115.31	155.31	208.56	207.29		
	III							25.54	80.01	120.86	186.86	194.09		
	IV							106.50	80.95	0.94	0.00	0.00		
	V							0.00	0.00	119.92	186.86	194.09		
	VI							80.95	0.94	0.00	0.00	0.00		
	VII							0.00	0.00	1199.2	1868.6	1940.9		

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JU	A	Annees
Pluie utile (mm)	47.71	37.34	39.04	28.58	38.78	29.86	27.65	35.3	34.45	21.7	13.2	21.7	340.86
E T0 (mm/mois)	139.2	94.24	55.5	35.34	40.00	49.28	88.66	115.5	155.31	189.6	230.33	199.94	1392.6
Oignon sec et Ail	Kc	0.7	0.9	1.0	1.05	1.10	1.10	0.90					
	I	29.72	29.72	49.53	49.53	69.35	79.25	79.25					
	II	65.96	49.95	35.34	42.00	54.20	97.52	103.95					
	III	28.62	10.91	6.76	3.22	24.34	69.87	68.65					
	IV	29.72	29.72	18.81	12.05	08.83	0.00	0.00					
	V	0.00	0.00	0.00	0.00	15.51	69.87	68.65					
	VI	1.092	18.81	12.05	08.83	0.00	0.00	0.00					
	VII	0.00	0.00	0.00	0.00	155.18	698.76	686.5					

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JU	A	Annee
Pluie utile (mm)	47.71	37.34	39.04	28.58	38.78	29.86	27.65	35.3	34.45	21.7	13.2	21.7	340.86
E ^{T0} (mm/mois)	139.2	94.24	55.5	35.34	40.00	49.28	88.66	115.5	155.31	189.6	230.33	199.94	1392.6
Tomate	Kc						0.70	0.95	1.25	1.25	0.65		
	I						74.30	85.20	99.07	108.9	99.07		
	II						62.06	109.72	194.13	237.0	149.71		
	III						34.41	74.42	159.68	215.3	136.51		
	IV						74.30	39.88	0.00	0.00	0.00		
	V						0.00	34.54	159.68	215.3	136.51		
	VI						39.88	0.00	0.00	0.00	0.00		
	VII						0.00	345.40	1596.8	2153.0	1355.1		

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JU	A	Années
Pluie utile En (mm)	47.71	37.34	39.04	28.58	38.78	29.86	27.65	35.3	34.45	21.7	13.2	21.7	340.86
E T0 (mm/mois)	139.2	94.24	55.5	35.34	40.00	49.28	88.66	115.5	155.31	189.6	230.33	199.94	1392.6
Choux fleur	Kc	1.0	1.15	0.95								0.75	
	I	99.07	108.9	99.07								74.30	
	II	139.2	108.37	52.72								149.95	
	III	91.49	71.03	13.68								128.25	
	IV	0.00	0.00	0.00								74.30	
	V	91.49	71.03	13.68								53.95	
	VI	0.00	0.00	0.00								0.00	
	VII	914.9	710.3	136.8								539.5	

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JU	A	Annees
Pluie utile (mm)	47.71	37.34	39.04	28.58	38.78	29.86	27.65	35.3	34.45	21.7	13.2	21.7	340.86
E T0 (mm/mois)	139.2	94.24	55.5	35.34	40.00	49.28	88.66	115.5	155.31	189.6	230.33	199.94	1392.6
Navet et carottes	Kc	1.00	1.15	1.1								0.75	
	I	49.53	69.35	79.25								39.62	
	II	139.2	108.37	61.05								149.9	
	III	91.49	71.03	22.01								128.25	
	IV	0.00	0.00	0.00								39.62	
	V	91.49	71.03	22.01								88.63	
	VI	0.00	0.00	0.00								0.00	
	VII	914.9	710.3	220.1								396.3	

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JU	A	Annees
Pluie utile En (mm)	47.71	37.34	39.04	28.58	38.78	29.86	27.65	35.3	34.45	21.7	13.2	21.7	340.86
E ^{T0} (mm/mois)	139.2	94.24	55.5	35.34	40.00	49.28	88.66	115.5	155.31	189.6	230.33	199.94	1392.6
Melon	Kc						0.60	0.75	0.95	0.95	0.85		
	I						29.72	39.62	49.53	69.35	69.35		
	II						53.19	86.62	147.54	180.12	195.78		
	III						25.54	51.32	113.09	158.42	182.58		
	IV						29.72	4.17	0.00	0.00	0.00		
	V						0.00	47.15	113.09	158.42	182.58		
	VI						4.17	0.00	0.00	0.00	0.00		
	VII						0.00	471.5	1130.9	1584.2	1825.8		

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JU	A	Annees
Pluie utile (mm)	47.71	37.34	39.04	28.58	38.78	29.86	27.65	35.3	34.45	21.7	13.2	21.7	340.86
E T0 (mm/mois)	139.2	94.24	55.5	35.34	40.00	49.28	88.66	115.5	155.31	189.6	230.33	199.94	1392.6
Courgettes	Kc						0.70	0.95	1.00	1.00	0.80		
	I						29.72	39.62	49.53	69.35	69.35		
	II						62.06	109.72	155.31	189.6	184.26		
	III						34.41	74.42	120.86	167.9	171.06		
	IV						29.72	0.00	0.00	0.00	0.00		
	V						4.69	74.42	120.86	167.9	171.06		
	VI						0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	VII						46.92	744.25	1208.6	1679.0	1710.6		

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JU	A	Annees
Pluie utile En (mm)	47.71	37.34	39.04	28.58	38.78	29.86	27.65	35.3	34.45	21.7	13.2	21.7	340.86
E T0 (mm/mois)	139.2	94.24	55.5	35.34	40.00	49.28	88.66	115.5	155.31	189.6	230.33	199.94	1392.6
Pomme de terre	Kc						0.3	0.3	0.7	0.7	0.9		
	I						29.72	29.72	69.35	69.35	89.16		
	II						26.59	34.65	108.71	132.72	207.29		
	III						1.052	-0.65	74.26	111.02	194.09		
	IV						29.72	30.77	31.42	0.00	0.00		
	V						0.00	0.00	42.84	111.02	194.09		
	VI						30.77	31.42	0.00	0.00	0.00		
	VII						0.00	0.00	428.4	1110.2	1940.9		

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JU	A	Annees
Pluie utile (mm)	47.71	37.34	39.04	28.58	38.78	29.86	27.65	35.3	34.45	21.7	13.2	21.7	340.86
E T0 (mm/mois)	139.2	94.24	55.5	35.34	40.00	49.28	88.66	115.5	155.31	189.6	230.33	199.94	1392.6
Tabac	Kc	0.80						0.3	0.4	0.75	1.1	0.95	
	I	79.25						29.72	59.44	79.25	89.16	89.16	
	II	111.36						34.65	62.12	142.2	253.36	189.94	
	III	63.65						-0.65	27.67	120.5	240.16	168.24	
	IV	0.00						29.72	30.37	2.69	0.00	0.00	
	V	63.65						0.00	0.00	117.81	240.16	168.24	
	VI	0.00						30.37	2.69	0.00	0.00	0.00	
	VII	636.5						0.00	0.00	1178.1	2401.6	1682.4	

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JU	A	Annees
Pluie utile (mm)	47.71	37.34	39.04	28.58	38.78	29.86	27.65	35.3	34.45	21.7	13.2	21.7	340.86
E T0 (mm/mois)	139.2	94.24	55.5	35.34	40.00	49.28	88.66	115.5	155.31	189.6	230.33	199.94	1392.6
Blé dur et orge	Kc		0.70	0.85	1.05	1.10	1.20	1.20	0.20				
	I		39.62	49.53	59.44	69.35	79.25	99.07	99.07				
	II		38.85	30.03	42.0	54.20	106.39	138.6	31.06				
	III		-0.19	1.459	3.22	24.34	78.74	103.3	-3.38				
	IV		39.62	39.81	38.35	35.13	10.78	0.00	0.00				
	V		0.00	0.00	0.00	0.00	67.96	103.3	0.00				
	VI		39.81	38.35	35.13	10.78	0.00	0.00	3.38				
	VII		0.00	0.00	0.00	0.00	679.6	1033.0	0.00				

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JU	A	Annees
Pluie utile (mm)	47.71	37.34	39.04	28.58	38.78	29.86	27.65	35.3	34.45	21.7	13.2	21.7	340.86
E T0 (mm/mois)	139.2	94.24	55.5	35.34	40.00	49.28	88.66	115.5	155.31	189.6	230.33	199.94	1392.6
Sorgho	Kc						0.70	1.0	1.0	1.15	1.15	0.25	
	I						49.53	49.53	74.30	99.07	99.07	99.07	
	II						62.06	115.5	155.31	218.04	264.87	49.98	
	III						34.41	80.2	120.86	196.34	251.67	28.28	
	IV						49.53	15.11	0.00	0.00	0.00	0.00	
	V						0.00	65.09	120.86	196.34	251.67	28.28	
	VI						15.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	VII						0.00	650.9	1208.6	1963.4	2516.7	282.8	

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JU	A	Annees
Pluie utile (mm)	47.71	37.34	39.04	28.58	38.78	29.86	27.65	35.3	34.45	21.7	13.2	21.7	340.86
E T0 (mm/mois)	139.2	94.24	55.5	35.34	40.00	49.28	88.66	115.5	155.31	189.6	230.33	199.94	1392.6
Luzerne	Kc	0.90	0.8	0.7	0.85	0.75	0.75	0.75	0.75	1.20	1.20	1.20	1.25
	I	99.07	99.07	99.07	29.72	29.72	49.53	49.53	79.25	99.07	99.07	99.07	99.07
	II	125.2	75.39	38.85	30.03	30.0	36.96	66.49	86.62	186.37	227.5	276.4	249.9
	III	77.49	38.05	0.19	1.459	-8.78	7.10	38.84	51.32	151.92	205.8	263.2	228.2
	IV	0.00	0.00	0.00	29.72	28.26	37.04	29.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V	77.49	38.05	0.19	0.00	0.00	0.00	8.9	51.32	151.92	205.8	263.2	228.2
	VI	0.00	0.00	0.00	28.26	37.04	29.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	VII	774.9	380.5	01.9	0.00	0.00	0.00	89.0	51.32	1519.2	2058.0	2632.0	2282.0

Mois		S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JU	A	Annee
Pluie utile (mm)		47.71	37.34	39.04	28.58	38.78	29.86	27.65	35.3	34.45	21.7	13.2	21.7	340.86
E T0 (mm/mois)		139.2	94.24	55.5	35.34	40.00	49.28	88.66	115.5	155.31	189.6	230.33	199.94	1392.6
Orge en Vert	Kc		0.70	0.85	1.05	1.05	1.20	0.75						
	I		69.35	84.21	104.0	104.0	118.8	74.30						
	II		65.96	47.17	37.10	42.0	44.35	66.49						
	III		28.62	8.135	8.52	3.22	14.49	38.84						
	IV		69.35	40.72	32.58	24.05	20.83	6.33						
	V		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	32.51						
	VI		40.72	32.58	24.05	20.83	6.33	0.00						
	VII		0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	315.2						

Mois		S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JU	A	Annees
Pluie utile (mm)		47.71	37.34	39.04	28.58	38.78	29.86	27.65	35.3	34.45	21.7	13.2	21.7	340.86
E T0 (mm/mois)		139.2	94.24	55.5	35.34	40.00	49.28	88.66	115.5	155.31	189.6	230.33	199.94	1392.6
Vesce avoine	Kc	0.6	0.90	1.0	1.10	1.20								
	I	29.72	69.35	86.19	94.11	99.07								
	II	83.76	84.81	55.5	38.87	48.0								
	III	36.05	47.47	16.46	10.29	9.22								
	IV	29.72	0.00	0.00	0.00	0.00								
	V	6.33	47.47	16.46	10.29	9.22								
	VI	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00								
	VII	63.3	474.7	164.6	102.9	92.2								

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JU	A	Annees
Pluie utile (mm)	47.71	37.34	39.04	28.58	38.78	29.86	27.65	35.3	34.45	21.7	13.2	21.7	340.86
E T0 (mm/mois)	139.2	94.24	55.5	35.34	40.00	49.28	88.66	115.5	155.31	189.6	230.33	199.94	1392.6
Rey gras	Kc	0.90	0.8	0.7	0.85	0.75	0.75	0.75	0.75	1.20	1.20	1.20	1.25
	I	99.07	99.07	99.07	29.72	29.72	49.53	49.53	79.25	99.07	99.07	99.07	99.07
	II	125.2	75.39	38.85	30.03	30.0	36.96	66.49	116.5	138.6	227.5	276.4	249.9
	III	77.49	38.05	0.19	1.459	-8.78	7.10	38.84	81.18	104.1	205.8	263.2	228.2
	IV	0.00	0.00	0.00	29.72	28.26	37.04	29.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	V	77.49	38.05	0.19	0.00	0.00	0.00	8.9	81.18	104.1	205.8	263.2	228.2
	VI	0.00	0.00	0.00	28.26	37.04	29.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	VII	774.9	380.5	01.9	0.00	0.00	0.00	89.0	811.8	1041.0	2058.0	2632.0	2282.0

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JU	A	Annees
Pluie utile (mm)	47.71	37.34	39.04	28.58	38.78	29.86	27.65	35.3	34.45	21.7	13.2	21.7	340.86
E T0 (mm/mois)	139.2	94.24	55.5	35.34	40.00	49.28	88.66	115.5	155.31	189.6	230.33	199.94	1392.6
Pécher	Kc	0.90	0.65					0.40	0.60	0.80	0.95	0.95	
	I	118.8	118.8					118.8	118.8	118.8	118.8	118.8	
	II	125.2	61.25					46.20	93.18	151.68	218.8	189.9	
	III	77.49	23.91					10.90	58.73	129.98	205.6	168.2	
	IV	0.00	0.00					118.8	107.9	49.16	0.00	0.00	
	V	77.49	23.91					0.00	0.00	80.82	205.6	168.2	
	VI	0.00	0.00					107.9	49.16	0.00	0.00	0.00	
	VII	774.9	239.1					0.00	0.00	808.2	2056.0	1682.0	

Mois		S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JU	A	Annees
Pluie utile (mm)		47.71	37.34	39.04	28.58	38.78	29.86	27.65	35.3	34.45	21.7	13.2	21.7	340.86
E T0 (mm/mois)		139.2	94.24	55.5	35.34	40.00	49.28	88.66	115.5	155.31	189.6	230.33	199.94	1392.6
Abricotier	Kc	0.90	0.65						0.40	0.60	0.80	0.95	0.95	
	I	118.8	118.8						118.8	118.8	118.8	118.8	118.8	
	II	125.2	61.25						46.20	93.18	151.68	218.8	189.9	
	III	77.49	23.91						10.90	58.73	129.98	205.6	168.2	
	IV	0.00	0.00						118.8	107.9	49.16	0.00	0.00	
	V	77.49	23.91						0.00	0.00	80.82	205.6	168.2	
	VI	0.00	0.00						107.9	49.16	0.00	0.00	0.00	
	VII	774.9	239.1						0.00	0.00	808.2	2056.0	1682.0	

Mois		S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JU	A	Annees
Pluie utile (mm)		47.71	37.34	39.04	28.58	38.78	29.86	27.65	35.3	34.45	21.7	13.2	21.7	340.86
E T0 (mm/mois)		139.2	94.24	55.5	35.34	40.00	49.28	88.66	115.5	155.31	189.6	230.33	199.94	1392.6
Pommier	Kc	0.90	0.65						0.40	0.60	0.80	0.95	0.95	
	I	118.8	118.8						118.8	118.8	118.8	118.8	118.8	
	II	125.2	61.25						46.20	93.18	151.68	218.8	189.9	
	III	77.49	23.91						10.90	58.73	129.98	205.6	168.2	
	IV	0.00	0.00						118.8	107.9	49.16	0.00	0.00	
	V	77.49	23.91						0.00	0.00	80.82	205.6	168.2	
	VI	0.00	0.00						107.9	49.16	0.00	0.00	0.00	
	VII	774.9	239.1						0.00	0.00	808.2	2056.0	1682.0	

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JU	A	Annees
Pluie utile (mm)	47.71	37.34	39.04	28.58	38.78	29.86	27.65	35.3	34.45	21.7	13.2	21.7	340.86
E T0 (mm/mois)	139.2	94.24	55.5	35.34	40.00	49.28	88.66	115.5	155.31	189.6	230.33	199.94	1392.6
Prunier	Kc	0.90	0.65					0.40	0.60	0.80	0.95	0.95	
	I	118.8	118.8					118.8	118.8	118.8	118.8	118.8	
	II	125.2	61.25					46.20	93.18	151.68	218.8	189.9	
	III	77.49	23.91					10.90	58.73	129.98	205.6	168.2	
	IV	0.00	0.00					118.8	107.9	49.16	0.00	0.00	
	V	77.49	23.91					0.00	0.00	80.82	205.6	168.2	
	VI	0.00	0.00					107.9	49.16	0.00	0.00	0.00	
	VII	774.9	239.1					0.00	0.00	808.2	2056.0	1682.0	

V-2-6) DETERMINATION DES NORMES D'ARROSAGE ET DOSES D'IRRIGATION :

V-2-6-1- Dose d'arrosage (Norme d'arrosage) :

C'est la quantité d'eau qui doit être déversée pendant un arrosage sur un hectare pour humecter la couche végétale considérée, elle est exprimée en (**m³/ha**)

D'où : **1 mm = 10 m³ /ha**, la dose d'arrosage dépend :

- Du type de culture ;
- De la phase de développement des cultures ;
- Des procédés techniques d'arrosage.

V-2-6-2-Dose d'irrigation (Norme d'irrigation)

C'est le volume d'eau nécessaire pour assurer l'humectation du sol pendant toute la période de végétation:

Dose d'irrigation = la somme des arrosages.

V-2-7) DETERMINATION DU MODULE D'ARROSAGE :

V-2-7-1-Notion du module d'arrosage :

C'est le Quantité d'eau que l'on a à déverser sur un hectare de terre chaque fois que l'on y pratique l'arrosage qui à été déterminé (dose d'arrosage).

Il n'est pas exclu d'imaginer que l'on déverse sur un hectare cette dose d'un seul coup ; la terre serait ainsi recouverte d'une couche uniforme d'eau, qui s'infiltré en un temps variable selon la perméabilité du sol.

Le problème n'est donc pas dans cette durée d'infiltration, mais dans le déversement pratique des doses sur un hectare, on le note module pratique d'arrosage **Q (l/s/h)**.

La solution pratique est de chercher un débit d'une durée raisonnable sur une parcelle de dimension telle qu'elle reçoive pendant ce temps juste, la quantité d'eau dont elle à besoin, c'est-à-dire sa dose d'arrosage réelle.

V-2-7-2-Facteurs influençant le module d'arrosage

- Technique d'arrosage : plus elle est perfectionnée, plus le module pourra être réduit, et celui-là est juste lorsque les surfaces à irriguer sont petites ;

- L'état général du sol et sa pente : on peut choisir un petit module lorsque le sol est bien nivelé et la pente est convenable ;

- La perméabilité du sol : il faut que l'eau, qui arrive sur la parcelle d'une certaine étendue, s'infiltré normalement sans être totalement absorbée en tête de parcelle ni au contraire s'écouler au de la de ses limites.

A la fin il reste à choisir un module qui satisfait les conditions ci-dessus et qui reste au même temps pratique.

$$\mathbf{Q_i = \alpha_i d_i / 3,6. T_i. T}$$

- **Q_i** : Le module d'arrosage en (1/s/h)
- **α_i** : Pourcentage d'occupation de la culture par rapport à la totalité de la surface irriguée.
- **d_i** : Dose d'arrosage de la période considérée en (m³/ ha).
- **T_i** : Durée de la dose correspondante à la **d_i** en (jours).
- **T** : Durée d'arrosage journalière (heurs/jour).
- **T_i = d_i /E_i (jours)**
- **E_i** : L'évapotranspiration maximale journalière en (m³/ha/jour).
-

$$\mathbf{E_i = AW \text{ de jours (mois) } / N^{\text{bre}} \text{ de jours du mois}}$$

V-2-7-3- Calcul des doses de lessivage

Dans notre cas on ajoute une fraction de lessivage estimer par la formule de [RHOADS et (RHOADS et MERRILL, 1976)].

$$\mathbf{LR = ECW /5 (ECE) - ECW}$$

LR : Fraction de lessivage

ECW- Conductivité électrique des eaux d'irrigation:

KHENCHELA (1.580 mm hos/cm).

Et METOUSSA (1.490mm hos/cm).

ECE'. Conductivité électrique de l'eau du sol (pâte saturée) et tolérée par les cultures dans (1.25 mm hos/cm) pour (0-85cm), (6.1 mm hos/cm) pour (85-150 cm).

$$\mathbf{LR = 1,535/5(1.25) - 1.535.}$$

$$\mathbf{LR = 0.325 = 32.5\%}$$

$$\mathbf{LR = 1,535/5(6.1) - 1.535.}$$

$$LR = 0.052 = 5.2\%.$$

La hauteur totale d'eau qui doit être appliquée, pour faire face à la fois à la demande de la culture et aux besoins de lessivage, peut être calculée d'après l'équation suivante :

$$AW = ET / (1-LR) = ET / (1-LR).$$

A W : Besoins en eau totaux apporter en mm/Mois.

ET : Besoin en eau de la culture en mm/Mois.

NB : Pour le calcul de AW on prend ET est égal à di , et pour le calcul du module d'arrosage on se base sur AW.

Tableau N°7 : Doses et nombres d'arrosage.

Cultures	Mois	Dose pratique d'arrosage RFU (mm)	Besoins en eau à apporter B (mm)	Nombre d'arrosages calculés N=B/RFU	Nombre d'arrosages choisis N Dose	Dose d'arrosage réelle di=B/N (mm)	réelle+lissiva Aw (mm)
	M	106.5	0.00	0.0	0	0.0	0.0
Piment	A	85.20	0.00	0.0	0	0.0	0.0
	M	99.07	119.86	1.20	2	49.535	73.385
	J	108.9	186.86	1.71	2	93.43	138.41
	Ju	99.07	194.09	1.95	2	97.045	143.770
	O	29.72	0.00	0.0	0	0.0	0.0
Ail et Oignon	N	29.72	0.00	0.0	0	0.0	0.0
	D	49.53	0.00	0.0	0	0.0	0.0
	J	49.53	0.00	0.0	0	0.0	0.0
	F	69.35	15.51	0.22	1	15.51	22.977
	M	79.25	69.87	0.88	1	69.87	103.511
	A	79.25	68.65	0.86	1	68.65	101.703
	M	74.30	0.00	0.0	0	0.0	0.0
Tomate	A	85.20	34.54	0.40	1	34.54	51.170
	M	99.07	159.68	1.611	2	79.84	118.281
	J	108.9	215.3	1.977	2	107.65	159.48
	JU	99.07	136.51	1.37	2	68.255	101.118
Choux fleur	A	74.30	53.95	0.7	1	53.95	79.925
	S	99.07	91.49	0.92	1	91.49	135.540
	O	108.9	71.03	0.65	1	71.03	105.229
	N	99.07	13.68	0.13	1	13.68	20.266
Navet et carottes	A	39.62	88.63	2.23	3	29.543	43.767
	S	49.53	91.49	1.84	2	45.74	67.770
	O	69.35	71.03	1.02	2	35.51	52.614
	N	79.25	22.01	0.27	1	22.01	32.607
	M	29.72	0.00	0.0	0	0.0	0.0
Melon	A	39.62	47.15	1.19	2	23.575	34.925
	M	49.53	113.00	2.28	3	37.666	55.802
	J	69.35	158.42	2.28	3	52.806	78.232

	JU	69.35	182.88	2.63	3	60.96	90.311
courgettes	M	29.72	4.69	0.15	1	4.69	6.948
	A	39.62	74.42	1.87	2	37.21	55.125
	M	49.53	120.86	2.44	3	40.286	59.683
	J	69.35	167.9	2.42	3	55.966	82.913
	JU	69.35	171.06	2.46	3	57.02	84.474
	Pomme de terre	M	29.72	0.00	0.0	0	0.0
A		29.72	0.00	0.0	0	0.0	0.0
M		69.35	42.84	0.61	1	42.84	63.466
J		69.35	111.02	1.60	2	55.51	82.237
JU		89.16	194.09	2.1	3	64.696	95.846
Tabac	A	29.72	0.00	0.0	0	0.0	0.0
	M	59.44	0.00	0.0	0	0.0	0.0
	J	79.25	117.81	1.48	2	58.90	87.266
	JU	89.16	240.16	2.69	3	80.05	118.597
	A	89.16	168.24	1.88	2	84.12	124.622
	S	79.25	63.65	0.80	1	63.65	94.296
et Blé orge dur	N	39.62	0.00	0.0	0	0.0	0.0
	D	49.53	0.00	0.0	0	0.0	0.0
	J	49.44	0.00	0.0	0	0.0	0.0
	F	69.35	0.00	0.0	0	0.0	0.0
	M	79.25	67.96	0.85	1	67.96	100.681
	A	99.07	103.3	1.04	2	51.65	76.518
	M	99.07	0.00	0.0	0	0.0	0.0
Orge en vert	O	69.35	0.00	0.0	0	0.0	0.0
	N	84.21	0.00	0.0	0	0.0	0.0
	D	104.0	0.00	0.0	0	0.0	0.0
	J	104.0	0.00	0.0	0	0.0	0.0
	F	118.8	32.51	0.27	1	32.51	48.162
	M	74.30	0.00	0.0	0	0.0	0.0
Sorgho	M	49.53	0.00	0.0	0	0.0	0.0
	A	49.53	65.09	0.0	0	0.0	0.0
	M	74.30	120.86	1.62	2	60.43	89.525
	J	99.07	196.34	1.98	2	98.17	145.437
	JU	99.07	251.67	2.54	3	83.89	124.281
	A	99.07	28.28	0.28	1	28.28	41.896
luzerne	S	99.07	77.49	0.78	1	77.49	81.740
	O	99.07	38.05	0.38	1	38.05	40.137
	N	99.07	0.19	0.001	1	0.19	0.200
	D	29.72	0.00	0.0	0	0.0	0.0

	J	29.72	0.00	0.0	0	0.0	0.0
	F	49.53	0.00	0.0	0	0.0	0.0
	M	49.53	08.9	0.17	1	8.9	9.388
	A	79.25	51.32	0.64	1	51.32	54.135
	M	99.07	151.92	1.53	2	75.96	80.126
	J	99.07	205.8	2.07	3	68.6	72.362
	JU	99.07	263.2	2.65	3	87.733	92.545
	A	99.07	228.2	2.30	3	76.066	80.239
Vesce avoine	S	29.72	6.33	0.21	1	6.33	9.377
	O	69.35	47.47	0.68	1	47.47	70.325
	N	86.19	16.46	0.19	1	16.46	24.385
	D	94.11	10.29	0.10	1	10.29	15.245
	J	99.07	09.22	0.09	1	9.22	13.659

	Rey gras	S	99.07	77.49	0.78	1	77.49	81.74
		O	99.07	38.05	0.38	1	38.05	40.137
		N	99.07	0.19	0.001	1	0.19	0.200
		D	29.72	0.00	0.0	0	0.0	0.0
		J	29.72	0.00	0.0	0	0.0	0.0
		F	49.53	0.00	0.0	0	0.0	0.0
		M	49.53	08.9	0.17	1	8.9	9.388
		A	79.25	81.18	1.024	2	40.59	42.816
		M	99.07	40.41	0.40	1	40.41	42.626
		J	99.07	205.8	2.07	3	68.6	72.362
		Ju	99.07	263.2	1.64	2	131.6	138.818
A	99.07	228.2	2.30	3	76.066	80.238		
	pêcher	A	118.8	0.00	0.0	0	0.0	0.0
		M	118.8	0.00	0.0	0	0.0	0.0
		J	118.8	80.82	0.68	1	80.82	85.253
		Ju	118.8	205.6	1.73	2	102.8	108.438
		A	118.8	168.2	1.41	2	84.1	88.713
		S	118.8	77.49	0.65	1	77.49	81.740
		O	118.8	23.99	0.20	1	23.99	25.305
		A	118.8	0.00	0.0	0	0.0	0.0
	abricotier	M	118.8	0.00	0.0	0	0.0	0.0
		J	118.8	80.82	0.68	1	80.82	85.253
		Ju	118.8	205.6	1.73	2	102.8	108.438
		A	118.8	168.2	1.41	2	84.1	88.713
		S	118.8	77.49	0.65	1	77.49	81.740
		O	118.8	23.99	0.20	1	23.99	25.305
		A	118.8	0.00	0.0	0	0.0	0.0
m mi er	A	118.8	0.00	0.0	0	0.0	0.0	

Prunier

M	118.8	0.00	0.0	0	0.0	0.0
J	118.8	80.82	0.68	1	80.82	85.253
Ju	118.8	205.6	1.73	2	102.8	108.438
A	118.8	168.2	1.41	2	84.1	88.713
S	118.8	77.49	0.65	1	77.49	81.740
O	118.8	23.99	0.20	1	23.99	25.305
A	118.8	0.00	0.0	0	0.0	0.0
M	118.8	0.00	0.0	0	0.0	0.0
J	118.8	80.82	0.68	1	80.82	85.253
Ju	118.8	205.6	1.73	2	102.8	108.438
A	118.8	168.2	1.41	2	84.1	88.713
S	118.8	77.49	0.65	1	77.49	81.740
O	118.8	23.99	0.20	1	23.99	25.305

I-7-4-Calcul du module d'arrosage

Tableau N°8 : Calcul des modules d'arrosages:

Cultures	Mois	Hauteur d'eau à appliquer	α_i %	$E_i = ETo \cdot Kc \cdot 10/n$ ob du j du mois	T_i AW/EI	Nombre d'arrosag	T_i Choisi	T (h/j)	Q_i (l/s/ha)
Piment	M	0.0	2.30	1.13	0.0	0	0.0	14	0.0
	A	0.0		3.84	0.0	0	0.0		0.0
	M	733.85		5.01	14.64	2	10		0.0334
	J	138.4.1		6.95	19.91	2	10		0.0631
	Ju	1437.70		6.68	21.52	2	10		0.065
Ail et Oignon	O	0.0	2.30	2.12	0.0	0	0.0		0.0
	N	0.0		1.66	0.0	0	0.0		0.0
	D	0.0		1.14	0.0	0	0.0		0.0
	J	0.0		1.35	0.0	0	0.0		0.0
	F	229.77		1.93	11.90	1	10		0.0104
	M	1035.11		3.14	32.96	1	15	0.0314	
	A	1017.03		3.46	29.39	1	15	0.0309	
Tomate	M	0.0	3.49	2.06	0.0	0	0.0	0.0	
	A	511.70		3.53	14.49	1	10	0.0354	
	M	1182.81		6.47	18.28	2	10	0.0819	
	J	1594.8		7.64	20.87	2	10	0.1104	
	Ju	1011.18		4.99	20.26	2	10	0.0700	

Choux fleur	A	799.25	2.30	4.99	16.01	1	15	0.0243
	M	1355.40		4.49	30.18	1	15	0.0412
	J	1052.29		3.61	29.14	1	15	0.0320
	Ju	202.66		1.70	11.92	1	15	0.0061
Navet et carottes	S	437.67	2.30	1.45	30.18	3	8	0.0249
	O	677.70		4.49	15.09	2	10	0.0309
	N	526.14		3.61	14.57	2	10	0.0240
	D	326.07		1.96	16.63	1	15	0.0099
Melon	M	0.0	2.30	1.71	0.0	0	0.0	0.0
	A	349.25		2.88	12.12	2	10	0.0159
	M	558.02		4.75	11.74	3	7	0.0363
	J	782.32		6.00	13.03	3	7	0.0510
	Ju	903.11		6.31	14.31	3	7	0.0588
Courgettes	M	69.48	2.30	2.00	3.47	1	15	0.0021
	A	551.25		3.65	15.10	2	10	0.0251
	M	596.83		5.01	11.91	3	8	0.0340
	J	829.13		6.32	13.11	3	8	0.0472
	Ju	844.74		5.94	14.22	3	8	0.0481
Pomme de terre	M	0.0	3.49	0.85	0.0	0	0.0	0.0
	A	0.0		1.15	0.0	0	0.0	0.0
	M	0.0		3.50	0.0	1	0.0	0.0
	J	0.0		4.42	0.0	2	0.0	0.0

	Ju	1006.81		6.68	15.07	3	8	0.0871
Tabac	A	0.0	2.30	1.15	0.0	0	0.0	0.0
	M	0.0		2.00	0.0	0	0.0	0.0
	J	872.66		4.74	18.41	2	10	0.0398
	Ju	1185.97		8.17	14.51	3	8	0.0676
	A	1246.22		6.12	20.36	2	10	0.0568
	S	942.96		3.71	25.41	1	15	0.0286

Blé dur et	N	0.0
-------------------	----------	------------

1.96	0.0	0	0.0
-------------	------------	----------	------------

0.0

Orge			32.96					
	D	0.0		0.96	0.0	0	0.0	0.0
	J	0.0		1.35	0.0	0	0.0	0.0
	F	0.0		1.93	0.0	0	0.0	0.0
	M	1006.81		3.43	29.35	1	15	0.4389
	A	765.18		4.62	16.56	2	10	0.5004
	M	0.0		1.00	0.0	0	0.0	0.0
Orge en vert	O	0.0	6.6	2.12	0.0	0	0.0	0.0
	N	0.0		1.57	0.0	0	0.0	0.0
	D	0.0		1.19	0.0	0	0.0	0.0
	J	0.0		1.35	0.0	0	0.0	0.0
	F	481.62		1.58	30.48	1	15	0.0420
	M	0.0		2.14	0.0	0	0.0	0.0
Sorgho	M	0.0	6.6	2.00	0.0	0	0.0	0.0
	A	0.0		3.85	0.0	0	0.0	0.0
	M	895.25		5.01	17.86	2	10	0.1172
	J	1454.37		7.26	20.03	2	10	0.1904
	Ju	1242.81		8.54	14.55	3	8	0.2034
	A	418.96		1.61	26.02	1	15	0.0365

Luzerne	S	817.40	12.1 2	4.17	19.60	1	15	0.1310
	O	401.37		2.43	16.51	1	15	0.0643
	N	02.00		1.29	0.15	1	1	0.0048
	D	0.0		0.96	0.0	0	0.0	0.0
	J	0.0		0.96	0.0	0	0.0	0.0
	F	0.0		1.32	0.0	0	0.0	0.0
Rey gras	M	93.88		2.14	4.38	1	3	0.0752
	A	541.35		2.88	18.79	1	10	0.1301
	M	801.26		6.01	13.33	2	8	0.2408
	J	723.62		7.58	9.55	3	8	0.2175
	Ju	925.45		8.91	10.38	3	8	0.2781
	A	802.39		8.33	9.63	3	8	0.2411

Vesce avoine	S	93.77	6.6	2.79	3.36	1	3	0.0409
	O	703.25		2.73	25.76	1	15	0.0613
	N	243.85		1.85	13.18	1	7	0.0456
	D	152.45		1.25	12.19	1	7	0.0285
	J	136.59		1.54	8.86	1	7	0.0255
Pêcher Abricotier Pommier prunier	A	0.0	11.0 0	1.54	0.0	0	0.0	0.0
	M	0.0		3.00	0.0	0	0.0	0.0
	J	852.53		5.05	16.88	1	10	0.1447
	Ju	1084.38		7.05	15.38	2	10	0.1840
	A	887.13		6.12	14.49	2	10	0.1505
	S	817.40		4.17	19.60	1	15	0.0925
	O	253.05		1.65	15.33	1	10	0.04229
						18		

TABLEAU N° 9 : MODULES D'ARROSAGES DES CULTURES EN (l/s/ha)

MOIS	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JU	A
Piment							0.0	0.0	0.0334	0.0631	0.065	
Ail et oignon		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0104	0.0314	0.0309				
Tomate							0.0	0.0354	0.0819	0.1104	0.0700	
Choux fleur								0.0243	0.0412	0.0320	0.0061	
Carottes navet	0.0249	0.0309	0.0240	0.0099								
Melon							0.0	0.0159	0.0363	0.0510	0.0588	

Courgettes							0.0021	0.0251	0.0340	0.0472	0.0481	
Pomme de terre							0.0	0.0	0.0	0.0	0.0871	
Tabac	0.0286							0.0	0.0	0.0398	0.0676	0.0568
Blé dur et orge			0.0	0.0	0.0	0.0	0.4389	0.5004	0.0			
Orge en vert		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0420	0.0					
Sorgho							0.0	0.0	0.1172	0.1904	0.2034	0.0365
Luzerne Et Rey gras	0.1310	0.0643	0.0048	0.0	0.0	0.0	0.07552	0.1301	0.2408	0.2175	0.2781	0.2411

Vesce avoine	0.0409	0.0613	0.0456	0.0285	0.0255							
arboriculture	0.0925	0.0429						0.0	0.0	0.1447	0.1840	0.1505
	0.0259	0.0120						0.0	0.0	0.0405	0.0515	0.0421
Débits totaux Q (l/s/ha)	0.3179	0.1994	0.0744	0.0384	0.0255	0.0524	0.5479	0.7621	0.5848	0.8661	1.0682	0.4849
Débits réduits totaux Q (l/s/ha)	0.2513	0.1685	0.0744	0.0384	0.0255	0.0524	0.5479	0.7621	0.5848	0.7619	0.9357	0.3765
Débits en tête de parcelle = réduits /E1.E2 Qp (l/s/ha)	0.3528	0.1974	0.0875	0.0451	0.0300	0.0616	0.6445	0.8965	0.688	0.8937	1.0974	0.4401
Débit total en tête du réseau = Q p/ E3 = QT (l/s/ha)	0.3713	0.2077	0.0921	0.0474	0.0315	0.0648	0.6789	0.9436	0.7242	0.9407	1.1551	0.4632

- Le coefficient d'efficience à la parcelle en cas d'aspersion E1=0.85.
- Le coefficient d'efficience à la parcelle en cas de la micro irrigation E2=0.90.
- Le coefficient d'efficience du réseau sous pression E3 = 0.95

-Le mois de point est JUILLET avec un débit de point total en tête du réseau est de $QT=1.1551$ (l/S/ha).

- Le débit du périmètre "METOUSSA" est de $Q = 1.1551 \times 170 \text{ ha} = 196,36$ (l/s).

-Le débit de chaque parcelle est : de $Qp= 1.0974 \times$ la surface de chaque parcelle = (L/s).

Coefficients de réduction (Kr): en cas de la micro irrigation:

Débit localisé = débit traditionnel \times Kr

Kr= $(0.10+0.90P)$ pour l'ARBORICULTURE : $p=0.20 = 20$ (%) donc Kr = 0.28.

Chapitre VI : Etude du système de distribution.

Chapitre VI : Etude du système de distribution.

Introduction :

La conception d'un réseau de distribution dans un périmètre d'irrigation doit être faite en tenant compte de plusieurs contraintes :

- Topographiques
- Hydrauliques.
- Organisationnelles.
- technico-économique.

V.1) Schéma d'aménagement :

V.1.1) présentation de la variante :

Pour l'élaboration d'un plan d'irrigation du périmètre Mouillah, nous avons établi une seule variante de distribution à cause des conditions topographique, cette variante consiste à alimenter le périmètre gravitairement.

La variante : Irrigation gravitaire (à partir d'un réservoir identique au réservoir initial)

La variante consiste en la réalisation d'un périmètre d'irrigation classique constitué de :

- Une conduite de refoulement en PEHD reliée à un réservoir.
- Une conduite de distribution gravitaire en PEHD issue du réservoir sur un même linéaire et se raccordant au réseau d'irrigation.
- D'un réservoir de mise en charge.

VI.2) Parcelle d'irrigation :

La parcelle d'irrigation est une entité hydraulique desservie par une borne d'irrigation .Chaque parcelle est desservi par une borne à une ou plusieurs prises. Elle est placée généralement sur la partie ayant la plus haute cote afin de surplomber la parcelle et d'assurer une irrigation de surface des différentes parcelles .

Une borne d'irrigation comprend :

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

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

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

VI.2.1) Découpage du périmètre en parcelles d'irrigation :

Le réseau d'irrigation du périmètre **Mouillah** de type ramifié. Le périmètre est partagé en parcelles d'irrigation ,chaque parcelles est desservi par une borne d'irrigation ,les bornes sont alimentées par des conduites secondaire ,ensuite le réseau secondaire est alimenté par un réseau principale de distribution.

La taille des parcelles d'irrigation a été établie en fonction des contraintes foncières et topographiques .Environ 40 parcelles ont été établis et tracés dans le périmètre .La taille des parcelles varie entre 0.224 et 17.008 hectares.

VI.2.3 Modalités de fourniture de l'eau :

Il est indispensable de maîtriser les débits sur l'ensemble du périmètre d'irrigation entre la source d'eau et les parcelles.

Trois schémas de distribution d'eau peuvent être présentés:

3.1) Distribution continue :

L'eau est fournie aux exploitants de manière continue correspond à la capacité maximum, mais il faut avoir recours au stockage de l'eau.

3.2) Distribution par rotation ou par tour d'arrosage :

Elle est inspirée du mode de desserte spécifique des réseaux d'irrigation de surface avec réseau collectif constitué de canaux à ciel ouvert dont le débit transité par chaque tertiaire correspond au module d'irrigation et cela successivement pour toutes les parcelles dépendant de ce tertiaire.

Rotation par tour fixe : l'eau est disponible aux exploitants pendant une période fixe.

Rotation programmée : ce mode d'irrigation est utilisé lorsque le périmètre est divisé en plusieurs parcelles. L'horaire et la quantité d'eau dépendent de la superficie de l'exploitation et de l'assolement

3.3) Distribution à la demande :

Avec ce système, l'exploitant dispose en permanence d'un débit supérieur auquel il aurait droit dans le cas par rotation, sans contraintes horaires ou de durée.

VI.3) Calcul des débits des parcelles :

Le but est de définir les débits nécessaires que le système d'irrigation doit véhiculer pour répondre à la demande en eau des cultures. Le débit spécifique est défini d'après les besoins en eau de chaque culture, évalués précédemment à partir de la répartition culturale. Ce débit a été évalué à : $Q_s = 1.1551$ l/s/ha. Le débit de chaque borne pouvant desservir un ilot est formulé comme suit :

$$Q_b = Q_s \times S \dots \dots \dots (VI.1)$$

Q_b : Débit caractéristique de chaque parcelle (l/s).

Q_s : Débit spécifique moyen (l/s/ha).

S : Superficie de la parcelle (ha).

Les résultats du calcul du débit de chaque parcelle d'irrigation sont présentés dans le (tableau VI.1).

VI.4) Choix du type de borne :

Le choix de la borne dépend de la surface :

- Pour les surfaces $S \leq 10$ ha on prend la Borne à deux prises.
- Pour les surfaces $S \geq 15$ ha on prend la Borne à quatre prises.

Tableau VI.1 : Les débits au niveau de chaque borne.

CHÂTEAU D'EAU N°1

RESEAU "A"

N° Borne	Surface partielle Irriguée (ha)	N° Parcelle	Surface totale irriguée (ha)	Debit (l/s)
A2	2,77	19	4,57	5,28
	0,53	17		
	1,30	16		
A3	4,252	18	4,252	4,91
TOTAL			8,821	10,19

RESEAU "B"

N° Borne	Surface partielle Irriguée (ha)	N° Parcelle	Surface totale irriguée (ha)	Debit (l/s)
B1	4,252	18	4,252	4,91
B3	4,154	23	4,154	4,8
B4	2,98	28	5,96	6,88
	2,98	13		
B5	2,74	12	5,25	6,06
	2,51	24		
B6	1,77	25	2,09	2,41
	0,32	26		
B7	3,90	27	6,88	7,94
	2,98	28		
B8	3,90	27	5,13	5,92
	1,23	10		

TOTAL	33.706	38.92
--------------	---------------	--------------

RESEAU "C"

N° Borne	Surface partielle Irriguée (ha)	N° Parcelle	Surface totale irriguée (ha)	Debit (l/s)
C2	2,64	14	5,63	6,50
	2,98	13		
C3	5,15	12	5,46	6,30
	0,79	11		
C4	5,15	9	5,15	5,95
C5	0,79	15	3,85	4,45
	3,08	10		
C6	2,73	11	5,81	6,70
	3,08	8		
C7	5,15	9	5,15	5,95
C8	3,08	8	3,08	3,55
C9	2,98	3	5,95	6,87
	2,96	7		
C10	1,15	4	4,02	4,65
	2,88	2		
C13	3,20	1	6,08	7,03
	2,88	2		
C14	3,20	1	4,08	7,03
	2,88	2		
C15	1,03	5	4,64	5,86
	0,55	6		
	3,06	10		
TOTAL			60.887	70.35

VI.4.1 Choix de diamètre de la borne :

Les diamètres des bornes en fonction des débits sont comme suit

Tableau VI.2 : Choix du diamètre de la borne.

Débit fourni	Diamètre de la borne
$Q < 8$ l/s	D= 65mm
$8 < Q < 20$ l/s	D= 100mm
$20 < Q < 25$ l/s	D= 150mm
$Q > 25$ l/s	D= 200mm

VI.4.2) Pression demandée aux bornes d'irrigation :

L'expression ci-dessous, définit la pression affectée aux bornes d'irrigation pour un bon fonctionnement des appareils d'irrigation.

$$P_b = P_a + r \dots \dots \dots (VI.2)$$

Dans la quelle :

P_b : Pression à la borne.

P_a : Pression pour le fonctionnement de l'asperseur simple.

r : Marge de sécurité.

VI.5) Calcul hydraulique des canalisations :

VI.5.1) Caractéristiques de la conduite principale (CP) et le réseau de distribution :

VI.5.1.1) Choix du type de matériau :

Le choix du matériau utilisé est en fonction de la pression supportée, de l'agressivité du sol.

a) Conduite en fonte :

Présentent plusieurs avantages :

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

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

b) Conduite en PEHD

- ✚ Ils supportent des pressions élevées.
- ✚ Une résistance aux contraintes (choc, écrasement, déplacement du terrain).
- ✚ Ils offrent une bonne flexibilité.
- ✚ Disponible sur le marché.

Dans notre étude, Nous utiliserons les conduites en PEHD pour les conduites dont le diamètre est inférieur à 400 mm, et la fonte pour les conduites dont le diamètre est supérieur ou égal à 500 mm

VI.5.2) Dimensionnement des canalisations

Le dimensionnement optimal des canalisations est une des problématiques aux quelles doit résoudre l'ingénieur. Dans un souci technico-économique, les dimensions des conduites doit répondre aux normes hydrauliques.

Vitesse admissible :

La fixation d'un seuil de vitesse permet de lutter

- Contre l'érosion des matériaux en cas de vitesses importantes
- Contre les dépôts solides dans le cas de vitesse faibles.
- La vitesse admissible varie entre 0.5m/s ,comme vitesse minimale, et2.0m/s comme vitesse maximale.

Dans notre étude ,on prend une vitesse dans la conduite égale à1.25m/s.

Calcul du diamètre :

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

La formule de" LABYE" nous donne une approche du diamètre économique qu'on normalise :

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q \times 0.001}{\pi \times V}} \times 1000 \dots \dots \dots (VI.3)$$

D : diamètre en mm

Q : débit exprimé en m³/s.

V : vitesse qui donne le diamètre économique est de 1.25 m/s.

VI.5.3) Calcul des pertes de charge:

Les pertes de charge unitaires ,ont été définies par la formule de Le chapt et Calmon ,Qui est donnée par la formule suivante :

$$H_{pu} = \frac{L \times Q^M}{D^N} \times C \dots \dots \dots (VI.4)$$

H_{pu} : perte de charge unitaire en mm/ml

Q : débit en m^3/s

D : diamètre de la conduite considérée.

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

C : coefficient compris une majoration de 10% pour les pertes de charge

singulière J :

$$J = L \times Q^M / D^N \dots \dots \dots (VI.5)$$

Tableau VI.3 : Paramètres des pertes de charge.

K_s (mm)	L	M	N
0,1	1,2	1,89	5,01
0,5	1,4	1,96	5,19
1	1,6	1,975	5,25

Pour une conduite en PEHD la rugosité équivalente $K=0,1$ mm.

Donc : $L=1.2$

$M=1.89$

$N=5.01$

Pour des raisons économiques on a choisis le constructeur CHIALI TUBES afin d'avoir des diamètres normalisés des conduites (voir l'annexe).

VI.5.4) Réservoirs Mouillah :

A partir des deux réservoirs principaux , les eaux sont véhiculées gravitaire vers des réservoirs de stockage pour alimenter le réseau de distribution.

TableauVI.4 : Caractéristiques des réservoirs Mouillah.

N°	Destination	CTN Fond mNGA	H _{totale} (m)	Rayon (m)	Volume totale (m ³)
1	Mouillah	862.56	15	4	150
2		860.47	15	4	150

VI.5.5) Simulation du réseau de distribution par logiciel Epanet :

Les calculs hydrauliques du réseau sont établis pour un réseau de type ramifié. Après détermination du diamètre ,on utilise le logiciel EPANET pour déterminer la vitesse et les pertes de charge au niveau des conduites de distribution pour la variante. Le calcul des pertes de charge a été effectué selon la formule de Hazan Williams :

$$H_f = 10.675 \times L \times \left(\frac{Q}{chw}\right)^{1.852} \times \frac{1}{D^{4.87}} \dots\dots\dots(VI.6)$$

Chw : est le coefficient de perte de charge qui dépend du type de matériau il varie entre 130 et 150 pour le PEHD et la fonte.

Selon les pressions des bornes, les diamètres des canalisations seront modifiés si la pression n'est pas suffisante.

Le Schéma des tronçons A, B et C du réseau de distribution est présenté comme suit :

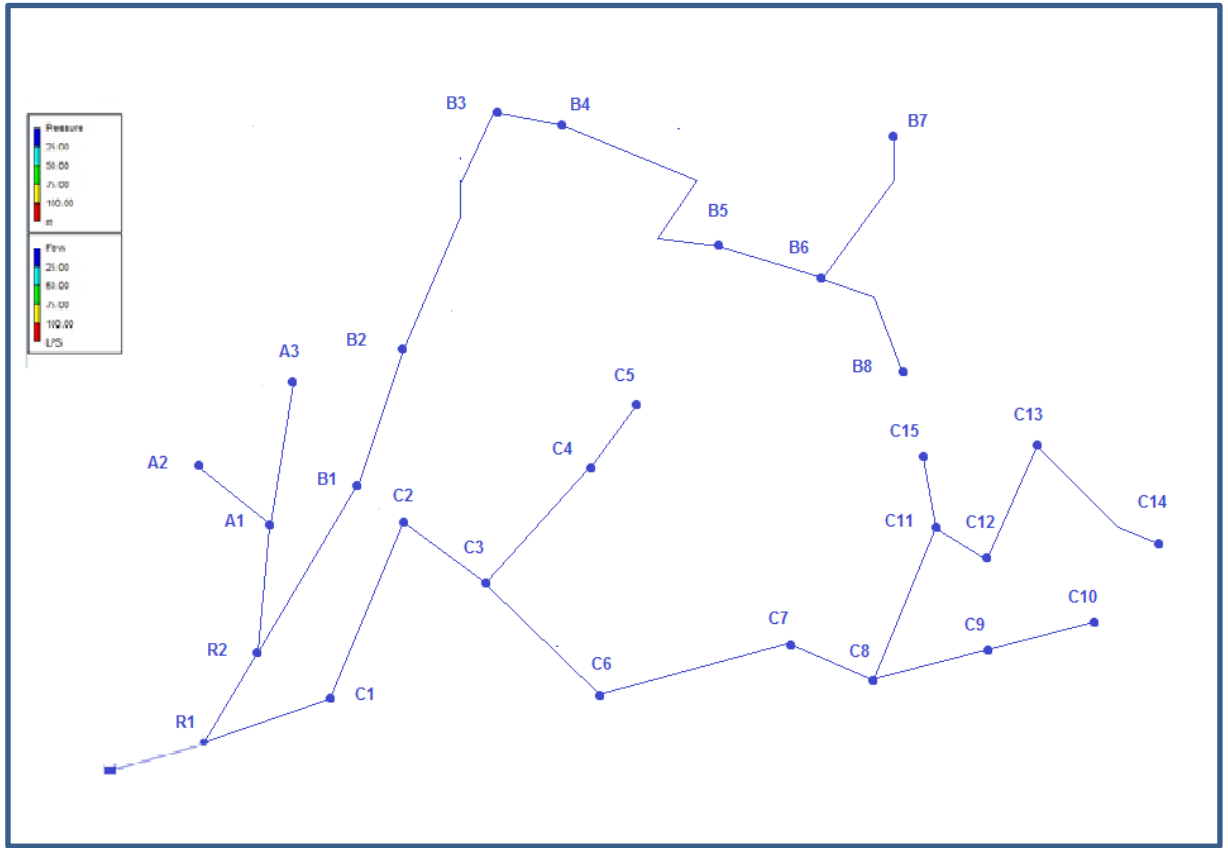


Figure VI.1 : Schéma des traçons de réseau de distribution.

Les résultats des calculs sont présentés dans la figure et les tableaux ci-dessous :

Tableau VI.4 :

RESEAU "A"

tronçon		Longueur	Diamètre	Débit	Vitesse	Côte sol	Perte de	Côte Aval	Pression
Amon	Aval	(m)	mm	(l/s)	m/s	Aval	charge(m)	Pisométrique	au sol (m)
R1	R2	62,5	290,8	49,11	0,74	861,05	0,16	876,24	15,19
R2	A1	155	160	10,19	0,6	860,19	0,62	875,62	15,43
A1	A2	81	125	5,28	0,53	860,32	0,36	875,26	14,94
A1	A3	268,2	125	4,91	0,49	858,39	1,04	874,58	16,19

RESEAU "B"

tronçon		Longueur	Diamètre	Débit	Vitesse	Côte sol	Perte de	Côte Aval	Pression
Amon	Aval	(m)	mm	(l/s)	m/s	Aval	charge(m)	Pisométrique	au sol (m)
R2	B1	265,20	250	38,92	0,93	859,48	1,44	874,80	15,32
B1	B2	221,30	250	34,01	0,81	858,15	0,93	873,87	15,72
B2	B3	354,15	250	34,01	0,81	856,50	1,48	872,39	15,89
B3	B4	80,15	250	29,21	0,70	856,40	0,25	872,14	15,74
B4	B5	256,15	200	22,33	0,83	856,31	1,49	870,65	14,34
B5	B6	122,80	160	16,27	0,95	856,48	1,23	869,42	12,94
B6	B7	190,25	160	7,94	0,48	855,6	0,47	868,95	13,34

						1			
B6	B8	120,85	125	5,92	0,59	857,00	0,67	868,75	11,75

Reseau
« C » :

tronçon		Longueur	Diamètre Normalisé	Débit	Vitesse	Côte sol	Perte de charge(m)	Côte Aval	Pression
Amon	Aval	(m)	mm	(l/s)	m/s	Aval	(m)	Pisométrique	au sol (m)
R1	C1	74	315	70,35	1,05	861,38	0,39	876,01	14,63
C1	C2	281,25	315	70,35	1,05	859,39	1,47	874,54	15,15
C2	C3	102	315	63,85	0,96	859,31	0,44	874,1	14,79
C3	C4	188,6	160	10,4	0,61	858,38	0,79	873,31	14,93
C4	C5	80	125	4,45	0,44	857,6	0,26	873,05	15,45
C3	C6	178,5	315	47,14	0,71	859,81	0,43	873,67	13,89
C6	C7	233,6	315	40,44	0,61	859,41	0,42	873,25	13,84
C7	C8	114,5	315	34,49	0,52	859,6	0,15	873,1	13,50
C8	C9	120,4	160	11,52	0,67	858,65	0,62	872,48	13,83
C9	C10	123	125	4,65	0,46	858,51	0,43	872,05	13,54
C8	C11	225,2	250	19,42	0,46	858,0	0,32	872,78	14,76

						2			
C11	C12	51,9	160	14,06	0,82	858,05	0,39	872,39	14,34
C12	C13	102,5	160	14,06	0,82	857,6	0,77	871,61	14,02
C13	C14	173,5	160	7,03	0,41	857,7	0,34	871,28	13,58
C11	C15	50	125	5,36	0,53	857,97	0,23	872,55	14,58

D'après le tableau précédent, on remarque que les pressions sont relativement bonnes, et ne présentent aucune contrainte pour l'irrigation. Les pressions varient entre 1.04 et 2.70 bars.

Le tableau suivant donne les longueurs des conduites par diamètres:

Tableau VI.6 :Etat quantitatif des conduites.

Diamètre(mm)	315	250	200	160	110
Longueur(m)	1971.15	2116.5	22.33	126.6	2.68

Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons abordé les variantes d'aménagement du système de distribution ainsi que les calculs relatifs aux bornes d'irrigation.

La simulation par Epanet de variante d'aménagement ,donne des pressions aux bornes satisfaisantes pour l'élaboration d'un aménagement avec différents systèmes d'irrigation (Goutte à goutte et aspersion par exemple).

Chapitre VII : Etude des techniques d'irrigation.

Chapitre VII : Etude des techniques d'irrigation.

Introduction :

Le choix de la méthode d'irrigation dans un périmètre est toujours problématique du fait de plusieurs contraintes : topographiques, hydrauliques, édaphiques et socio-économiques.

Dans ce chapitre, on détaille les principales techniques d'irrigation, leurs avantages et inconvénients, en essayant d'en tirer les meilleures conclusions quant à l'utilisation d'une technique d'irrigation.

VII.1) Les différents technique d'arrosages :

Les techniques d'arrosages peuvent être regroupées en trois (03) classes, soit :

- L'irrigation de surface.
- L'irrigation par aspersion.
- L'irrigation localisée ou micro irrigation.

VII.1.1) L'irrigation de surface :

L'irrigation de surface regroupe l'ensemble des techniques d'arrosage dans lesquelles la réparation de l'eau à la parcelle se fait entièrement à l'air libre par simple écoulement à la surface du sol. La répartition de l'eau est assurée grâce à la topographie du terrain, et aux propriétés hydriques du sol (ruissellement, infiltration, et capillarité). On distingue :

a)-Irrigation par ruissellement ou par planche :

Dans cette technique, on divise la surface à irriguer en bandes rectangulaires prise dans le sens de la plus grande pente. En général, la longueur des planches varie de 5 à 30 m. et leur largeur de 50 à 800 m.

L'irrigation par planches convient le mieux aux pentes inférieures à 0,5 %. Cependant, les pentes longitudinales maximales des planches peuvent atteindre 4 % à 5 %. Les sols convenant le mieux à cette technique sont les sols moyennement filtrants.

La préparation des planches est minutieuse et coûteuse, et exige une main-d'œuvre qualifiée et des équipements de terrassement performants. Les pertes par percolation profonde et en colature est importante. L'efficacité d'irrigation ne dépasse pas 50%.

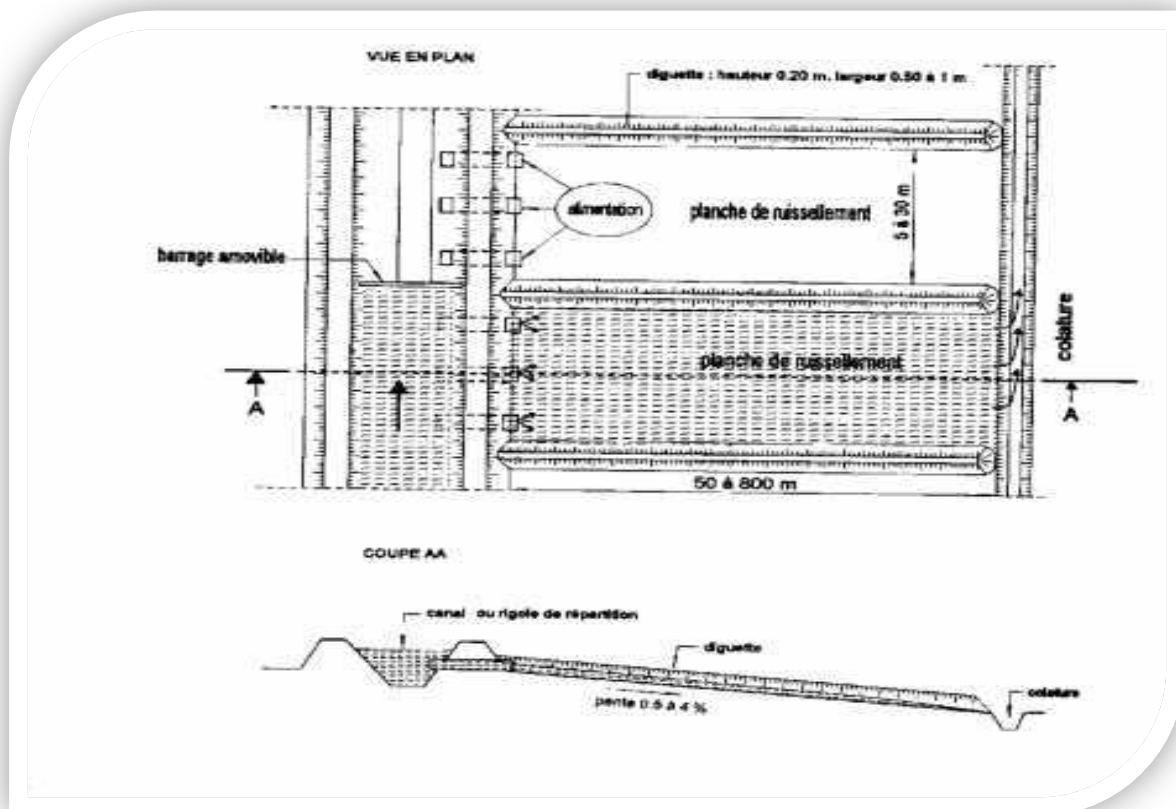


Figure VII.1. Irrigation par planche de ruissellement.

b)-L'arrosage à la raie :

Consiste à amener l'eau à la plante, par une série plus au moins dense (espacement d'environ 0,75 à 1 m.) de petits fossés à ciel ouvert à pente faible mais régulière.

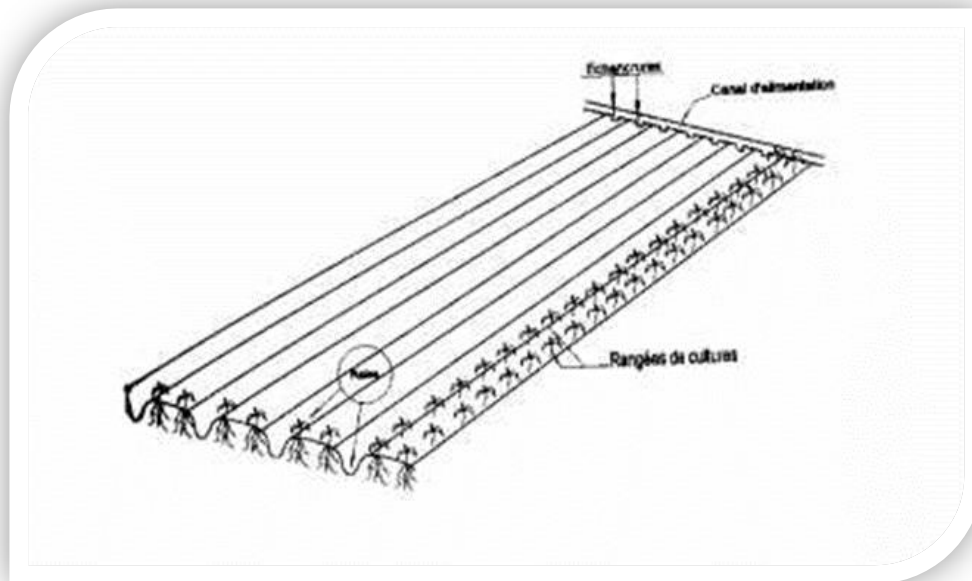
Les raies sont tracées suivant la ligne de plus grande pente du terrain pour des pentes < 02%. Pour des pentes > 02 % les raies sont orientées obliquement par rapport à la ligne de plus grande pente.

La forme des sections des raies peut être triangulaire, trapézoïdale avec :

- Largeur : 25 à 40 cm.
- Profondeur : 15 à 30 cm.

L'arrosage à la raie se pratique sur les terrains d'environ 0,5 à 4 % de pente et convient à toutes les cultures de céréales et de plantes sarclées (Maïs, Coton, Pomme de terre etc.).

Cette technique exige une main d'œuvre abondante et qualifiée pour la conduite des arrosages. L'efficacité des arrosages telle qu'elle est constatée peut se situer entre 40 %



et 50 %.

Figure VII.2 : Irrigation à la raie.

c)-Irrigation par submersion :

Dans cette technique l'eau submerge le terrain et s'y infiltre. Dans la pratique de la submersion, l'eau est apportée et répandue aussi vite que possible sur l'ensemble de la parcelle à irriguer avant la phase d'infiltration proprement dite. La pratique de la submersion, nécessite l'aménagement du terrain en bassins de submersion, avec des petites digues de 30 à 40 cm. de hauteur et une revanche minimum de 10 cm.

L'irrigation par submersion est une technique d'arrosage appliquée de préférence en terrain presque plat (moins de 0,1 % de pente).

L'uniformité de l'arrosage est directement liée à trois (03) facteurs :

- 1). Faible perméabilité (terrain très peu ou moyennement perméable)
- 2). Qualité du nivellement.
- 3). Fort débit d'apport.

La nécessité du nivellement implique généralement des travaux de terrassement importants et coûteux. Ce système d'irrigation s'emploie généralement dans les rizicultures. L'efficacité de la technique d'irrigation en submersion se situe entre 45 et 60%.

Les avantages de l'irrigation de surface :

- Les investissements pour l'équipement sont peu élevés.
- Pas de dépense pour la mise sous pression de l'eau.
- Possibilité de lessivage sans risques d'érosion.

Les inconvénients :

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

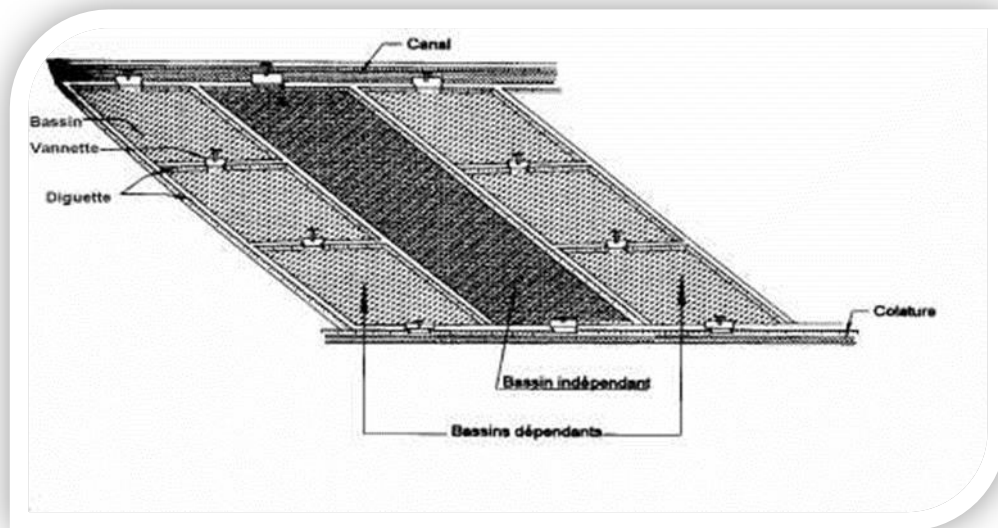


Fig.VII.3. Irrigation par submersion.

d)- L'irrigation mixte (par intermittence) :

Il s'agit d'un ruissellement suivi d'une submersion. Les dispositions générales de ce mode d'irrigation sont identiques à celles que nous avons vu, mais lorsque l'eau atteint le niveau voulu dans le bassin, on continue à les alimenter en prenant soin d'évacuer les surplus.

L'avantage de ce système est que l'eau est plus aérée apporte plus de matières nutritives et présente une température plus régulière ce qui peut être intéressant pour les cultures.

VII.1.2. L'irrigation par aspersion :

En irrigation par aspersion, l'eau parvient aux cultures sous forme de gouttes de pluie, grâce à l'utilisation de divers appareils de projection, alimentés sous pression.

Pour cette technique d'irrigation aucun nivellement de la surface n'est nécessaire. Cependant, la pente générale du sol ne doit pas en principe dépasser 10% pour les machines à irriguer.

Pour ce qui est de type de sol, l'irrigation par aspersion s'adapte à tous les types de sols ayant une bonne capacité d'infiltration ($I > 4$ mm /h pour sols peu perméables, jusqu'à $I < 50$ mm /h pour sols perméables). Dans le cas de sols très argileux et très peu perméables, l'irrigation par aspersion est déconseillée.

L'irrigation par aspersion présente une bonne efficacité située entre 65% à 85 %, essentiellement en fonction de la maîtrise technique des irrigants.

L'irrigation par aspersion est utilisée pour l'arrosage des cultures les plus diverses : Fourragères, maraîchères, céréales, vergers, vigne, etc.

Les techniques d'arrosage appliquées en irrigation par aspersion dépendent du matériel utilisé. Elles se divisent en deux grandes catégories :

- ✚ L'aspersion simple (rampes perforées, asperseurs, canons)
- ✚ Les machines à irriguer (rampes frontales, pivots, enrouleurs, etc.....)

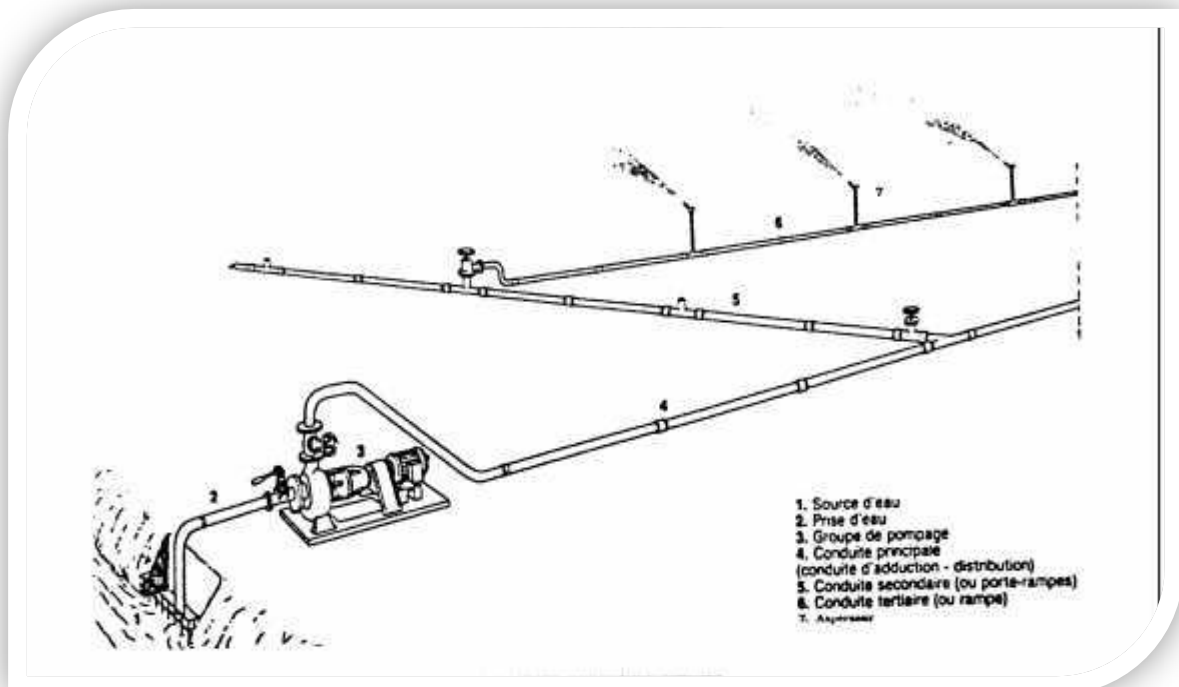


Figure VII.4 : Exemple d'une installation en aspersion.

Les avantages :

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

les inconvénients :

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

VII.1.3.1) L'irrigation localisée :

L'irrigation localisée ou micro-irrigation, est une méthode qui regroupe plusieurs systèmes de distribution de l'eau à la parcelle. Elle se caractérise par :

- La mise en place sur la parcelle d'un réseau de canalisation.
- Une discontinuité des points d'apport permettant de n'irriguer que les zones utiles à la plante.
- Des débits faibles généralement inférieurs à 100 l/h.
- Une distribution fréquente pour maintenir un certain volume d'eau à un niveau voisin de la capacité au champ.

Selon le type de distribution utilisé, l'eau se localise par points (goûteurs, gaines) , par lignes (tubes poreux) ou par surface plus au moins grandes (muni diffuseurs, micro - asperseurs).

L'efficacité de l'irrigation localisée est excellente. Elle est située entre 80% à 95%.

L'irrigation localisée est surtout pratiquée en cultures maraîchères ou fruitières.

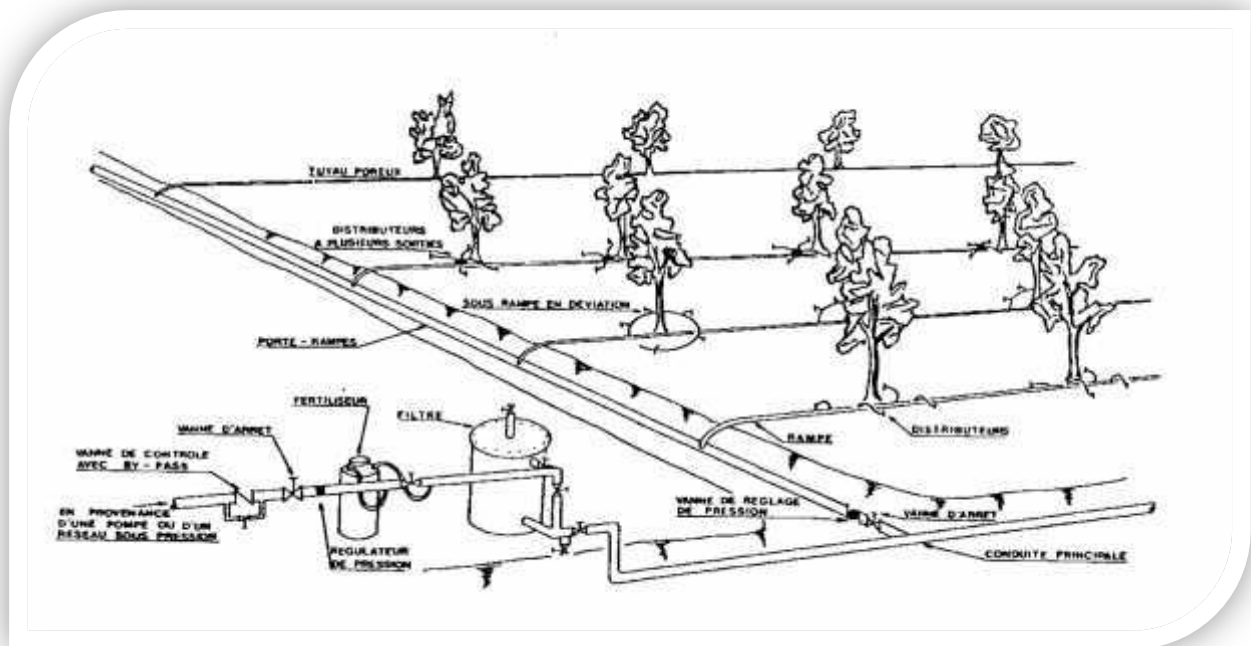


Figure VII.5 : Partie essentielle d'une installation localisée.

VII.1.3.2) Composition D'une installation du système goutte à goutte :

1. 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.

2. L'unité de tête :

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 portes rampes ou même des rampes.

Pour introduire des éléments fertilisants, on utilise le plus souvent un réservoir que l'on remplit d'engrais solubles (généralement l'azote) : c'est un petit récipient sous pression avec une entrée et une sortie. Une fraction du débit est dérivée de la conduite principale, envoyée dans le réservoir, s'y enrichit en engrais puis est réinjectée dans la conduite principale. Le filtre à sable (ou à gravier), avec vannes permet un nettoyage par contre-courant. Quand l'eau contient beaucoup de sable, on doit installer des filtres spéciaux, appelés dessaleurs, qui fonctionnent suivant le principe au vortex

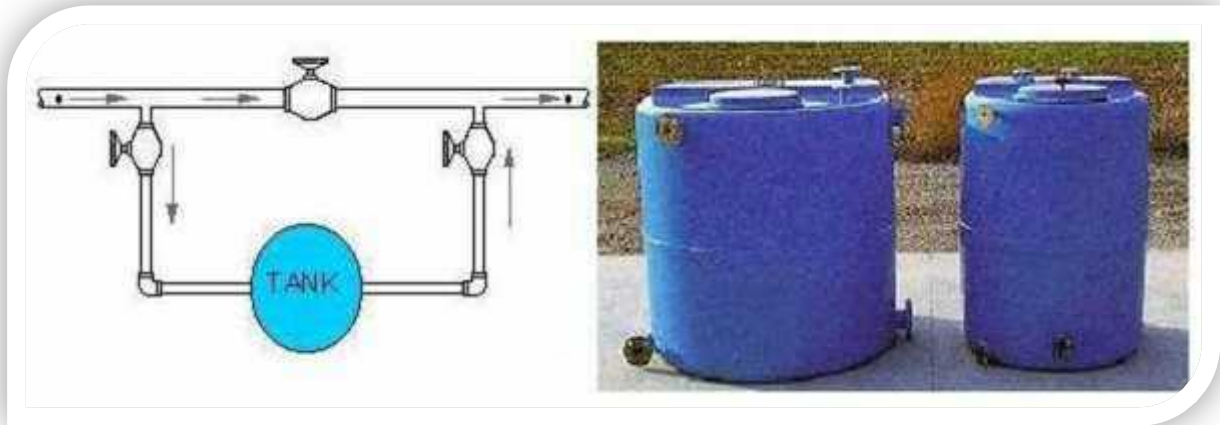


Figure VII.6 : Dilueur d'engrais.

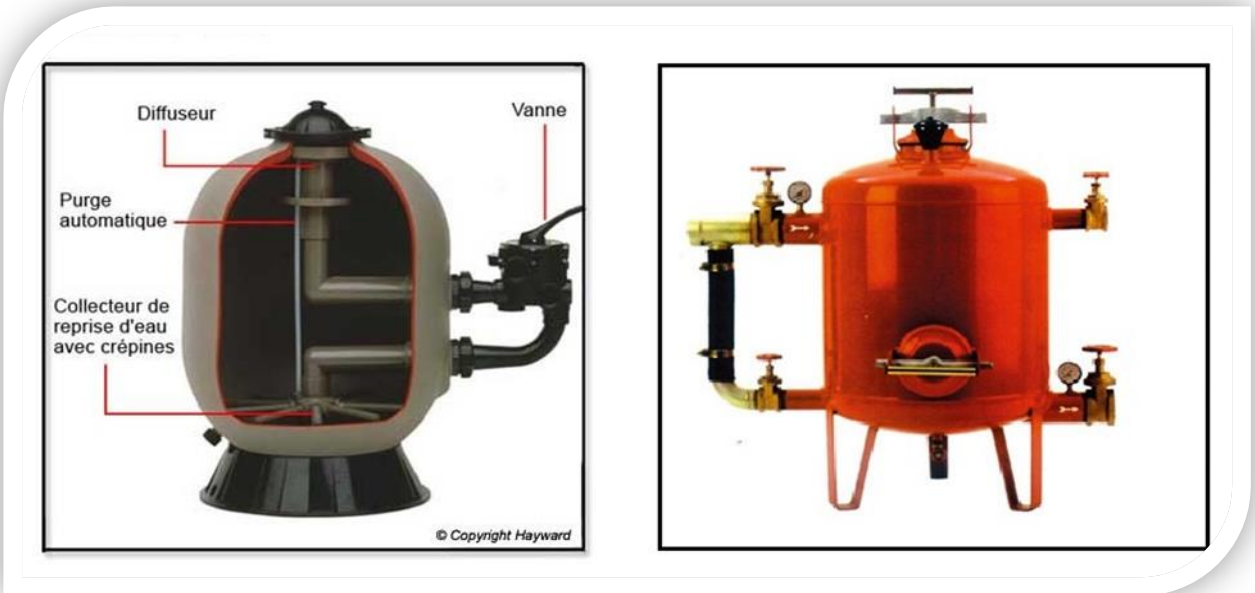


Figure VII.7 : filtres à gravier.

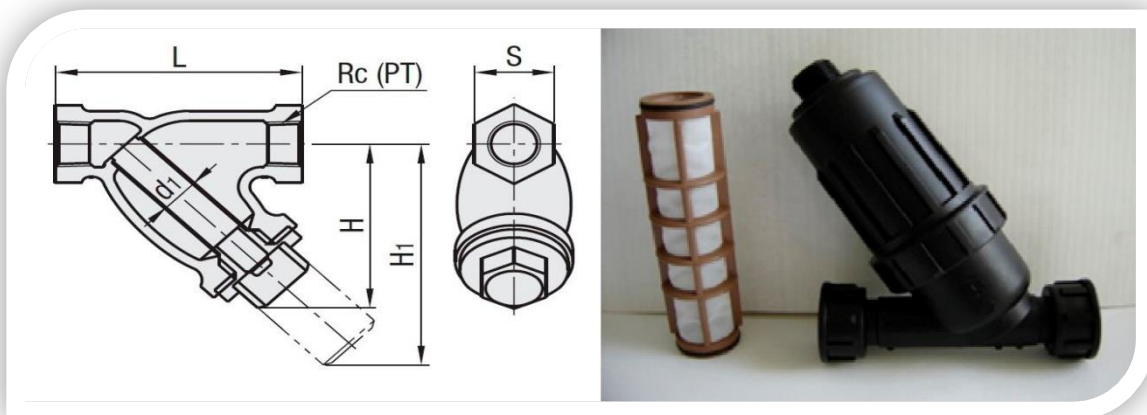


Figure VII.8 : filtre à tamis.

3. Description des conduites et rampes :

Le système d'irrigation est composé de canalisations suivantes :

➤ **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.

➤ **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).

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.

➤ **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).



Figure VII.9 : Exemple d'un goutteur.

4. Différents types de distributeurs d'un goutteur :

❖ Goutteurs :

Les plus utilisés ont des débits de 2 l/h pour les cultures maraîchères et de 4 l/h pour les cultures arboricoles. Ils sont placés en dérivation, en ligne ou intégrés dans les rampes.

❖ Gaine :

Destinée aux cultures maraîchères, peut être utilisée pour les vergers ; elles assurent conjointement un rôle de transport et de distributeur [10].

❖ Tubes poreux :

La paroi à structure poreuse laisse passer l'eau, ils sont généralement enterrés.

❖ Mini diffuseurs :

Ils sont toujours placés en dérivation, fixés directement sur la rampe, fonctionnent comme de petits asperseurs statiques ne couvrant qu'une partie de la surface du sol au voisinage des cultures.

5. Qualité de l'eau :

Elle représente un élément essentiel en micro-irrigation, car le colmatage des distributeurs est le premier risque que doit affronter l'ingénieur.

Les eaux de mauvaise qualité sont généralement issues des eaux de surface (rivière, canaux lacs, bassins) riches en impuretés sous forme minérale ou organique.

Si les éléments les plus gros sont retenus par une filtration efficace, les éléments très fins par contre traversent les filtres et se déposent à l'intérieur des distributeurs entraînant peu à peu une diminution de leur débit.

Dans ce cas, on utilisera essentiellement des goutteurs en ligne à cheminement long non uniforme, ayant un débit de 4 l/h.

Les Avantages de la technique de la goutte à goutte :

- 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 de la goutte à goutte :

- Coût très élevé du matériel.

- Risque d'obstruction des goutteurs.
- Nécessité d'une main d'œuvres spécialisés.
- Apte seulement pour les cultures en ligne (arboricoles et maraîchères).

VII.2) Choix de la technique d'arrosage :

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

Une analyse multicritères des techniques d'arrosage basée sur différentes contraintes est nécessaire pour aboutir au choix de la technique d'irrigation la plus adéquate pour le zone considérée, notre analyse est détaillée comme suit :

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

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

Remarque :

x : inadéquat ou déconseillé.

+ : Adapté avec réserve.

++ : Adapté.

+++ : Très Adapté.

Conclusion :

Il existe une multitude de système d'irrigation que l'ingénieur doit analyser et choisir ; dans notre projet, compte tenu des critères détaillés dans le tableau précédent, on opte pour le système d'irrigation par aspersion et par goutte à goutte, ces deux systèmes présentent la meilleure efficience en eau, indispensable dans une zone semi-aride (wilaya de Khenchela) et permettent de meilleurs rendements des cultures.

Chapitre VIII :
Dimensionnement d'un
réseau d'irrigation.

Chapitre VIII : Dimensionnement d'un réseau d'irrigation.

Introduction :

Tel qu'énoncé dans le chapitre précédent, l'irrigation localisée représente une technique qui doit être vulgarisée dans la région de Mtooussa, et cela vu leurs avantages sur les rendements des cultures.

L'irrigation gravitaire reste encore trop consommatrice en volume d'eau, en particulier pour l'arboriculture, et reste inappropriée pour la céréaliculture.

VIII.1) Dimensionnement hydraulique d'un réseau goutte à goutte :

VIII.1.1) Données générales :

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

Le réseau d'irrigation sera installé sur l'ilot N°1 alimenté par la borne N°1 et dont les pressions calculées sont de l'ordre de 1.3 bars, ce qui est largement suffisant.

Culture : pêcher

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

Caractéristique du goutteur :

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

Caractéristiques des conditions climatiques :

- ✚ Besoins en eau de pointe= 118.8 mm/mois.

Caractéristiques des conditions de travail :

- ✚ Temps maximum journaliers de travail : 20 heures.

Détermination des données de bases :

- ✚ Surface totale a irriguée : $S = 1.70$ ha.

VIII.2) Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée :

VIII.2.1) Influence du taux de couverture du sol :

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

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

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

❖ KELLER et KARMELI (1974) :

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

❖ La formule de Freeman et Garzoli :

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

❖ La formule de Decroix (CTGREF) :

$$K_r = 0.1 + C_s$$

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

$K_r = 0.71$ selon Keller et Karmeli.

$K_r = 0.80$ selon Freeman et Garzoli.

$K_r = 0.70$ selon Decroix (CTGREF).

☞ **On prendra un coefficient $K_r = 0.80$**

Irrigation traditionnelle demanderait pour le mois de pointe $ETM_{\text{pointe}} = 3.95$ mm/jour (tableau des besoins en eau). En irrigation localisée les besoins se réduisent à

$$ETM_r = ETM_{\text{pointe}} * K_r$$

$$ETM_r = 3.95 * 0.8 = 3.16 \text{ mm}$$

VIII.2.2) Dose pratique (Dose nette) :

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

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

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

Tel que :

H_{cc} : humidité a la capacité au champ ($H_{cc}=25.6\%$).

H_{pf} : humidité au point de flétrissement ($H_{pf}=19\%$).

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

Z : profondeur d'enracinement en ($Z= 1000 \text{ mm}$).

D_a : est la densité apparente du sol ($D_a=1.29$).

$RFU= 56.76 \text{ mm}$

P : Pourcentage du sol humidifié.

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

P : Volume du sol humidifié.

N : Nombre de point de distribution par arbre (2 par arbre).

S_{pd} : Distance entre deux points de distribution voisins du même arbre (0.25m).

S_h : Largeur de la bande humidifiée (1m).

S_r : Ecartement entre rangs d'arbre (4m).

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

On obtient :

$$P = 25\%.$$

La dose nette corrigée :

$$D_p = 14.19$$

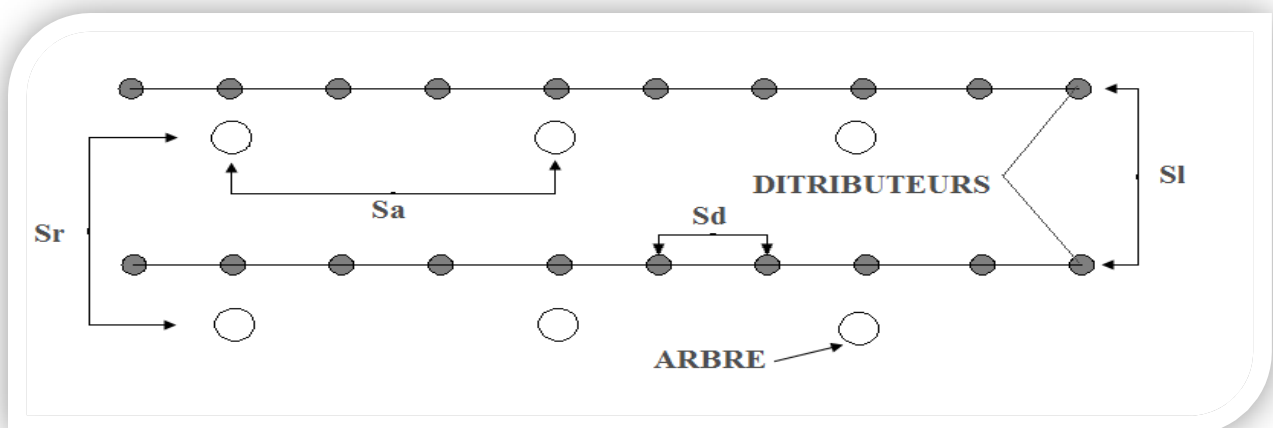


Figure VIII.1 : schéma explicatif d'un réseau de goutte à goutte

VIII.2.3) Fréquence des arrosages :

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

$$Fr = \frac{\text{Dose nette}}{B_{jl}} = \frac{14.19}{3.95} = 3.59 \text{ jours}$$

Donc on prend une fréquence d'arrosage de **Fr =4 jours**.

Après détermination de la fréquence d'arrosage, on recalcule :

✦ La dose réelle :

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

$$D_r = 4 \times 3.95 = 15.80 \text{ mm}$$

✦ La dose brute :

$$D_{brute} = \frac{D_r}{C_u * \text{eff}} = \frac{15.8}{0.9 * 0.9} = 19.51 \text{ mm}$$

VIII.2.4) Durée d'arrosage par mois :

$$\theta = \frac{D_n \times S_a \times S_r}{n \times Q_g} = \frac{19.51 \times 4 \times 4}{2 \times 4} = 40 \text{ heures/mois}$$

VIII.2.5) Durée d'arrosage journalier :

$$D_j = \frac{\text{durée d'arrosage}}{Fr} = \frac{20}{4} = 5 \text{ heures/jour}$$

VIII.2.6) Nombre de poste :

Le nombre de poste par jour est défini comme suit :

$$N = \frac{\text{Temps de travail}}{\text{Durée d'arrosage journalier}} = \frac{10}{5} = 2 \text{ postes}$$

VIII.2.7) Surface du poste (théorique) :

$$S_p = \frac{\text{Surface totale}}{\text{Nombre de poste}} = \frac{1.7}{2} = 0.85 \text{ ha}$$

VIII.2.8) Calculs hydrauliques

A) Conditions hydrauliques de base :

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

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

La variation maximale de la pression :

$$Q = K \times H^x$$

Avec : $x=0.5$ (caractéristique du goutteur).

$$\frac{\Delta Q}{Q(g)} = \frac{\Delta H}{H(n)}$$

Avec :

$Q(g)$: débit nominal du goutteur.

$H(n)$: pression nominal.

$$0.1 = 0.5 \times \frac{\Delta H(\text{max.})}{10}$$

$$\Delta H (\text{max}) = \frac{1}{0.5} = 2 \text{ m.c.e}$$

La répartition de la perte de charge est :

Perte de charge singulière :

On a: $\Delta H = p.c.s + p.c.l$

Avec : $p.c.s = 10\% \times \Delta H = 0.2 \text{ m}$

Perte de charge linéaire :

$p.c.l = \Delta H - p.c.s = 1.8 \text{ m}$

1/3 sur les porte- rampes P.d.c (pr) = 0,6 m c e.

2/3 sur les rampes P.d.c (r) = 1,2 m c e.

B) Le débit :

$$Q_r = Q_g \times N_r$$

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

Avec : Q_r : Débit de rampe.

Q_g : Débit du goutteur.

N_g/r : Nombre des goutteurs par rampe.

N_r : Nombre des rampes.

Q_{pr} : Débit de porte rampe.

Longueur du terrain = 300 m

Largeur du terrain = 56.67 m, donc la surface est de 1.70 ha.

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

La longueur de la rampe : 150 m.

La largeur de la porte rampe : 56.67 m.

C) Le nombre d'arbres par rampe :

$N_{\text{arbres}} = L_r / E_r = 150 / 4 = 38$ arbres par rampe.

D) Nombre des goutteurs par rampe :

$N = N_{\text{arbres}} \times n = 38 \times 2 = 76$ goutteurs.

E) Le nombre des rampes :

$N_r = L_{pr} / E_r = 56.67 / 4 = 14$ rampes

F) Débit de la rampe :

$Q_r = N_g \times Q_g$.

$Q_r = 76 \times 4 = 304$ l/h.

G) Débit de la porte rampe :

$Q_{pr} = Q_r \times N_r = 304 \times 14 = 4256$ l/h.

H) Nombre de porte rampe :

$N_{pr} = 1$ (1 seule porte rampe).

I) Débit de la conduite tertiaire :

$Q_{ct} = Q_{pr} \times N_{pr} = 4256 \times 1 = 4256$ l/h.

VIII.3) Dimensionnement des canalisations du réseau :

Pour le calcul des dimensions des canalisations (rampe et porte rampe), on propose que les rampes soient en PEBD ou PEHD.

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

$$\varnothing_r(\text{cal}) = \left[\frac{P.d.c(r) \times 2.75}{0.478 \times Q(r)^{1.75} L(r)} \right]^{-\frac{1}{4.75}}$$

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

Avec :

PC(r) : la perte de charge dans la rampe.

Q(r) : le débit de la rampe en l/h.

L(r) : la longueur de la rampe en m.

Ør (cal) : le diamètre de rampes.

Øpr (cal) : le diamètre de porte rampe.

VIII.3.1) Calcul du diamètre de la rampe et vérification des pertes de charges :

A) calcul du diamètre des rampes :

$$D(\text{mm}) = \left(\frac{pdc_{pr} \times 2.75}{0.478 \times Q(\text{pr})^{1.75} \cdot L(\text{pr})} \right)^{\frac{-1}{4.75}} = 14.25 \text{ mm}$$

On prend un diamètre normalisé de 16 mm

B) Vérification des pertes de charges :

Pour la détermination des pertes de charges des différents tronçons de la canalisation après choix du diamètre, On recalcule les pertes de charges pour un D = 16 mm

Perte de charge selon Hazen-williams :

$$\Delta H = \left(\frac{3.592}{C_w} \right)^{1.852} \times \frac{L}{D^{4.87}} \times Q^{1.852}$$

Ou : L : la longueur de la conduite ;

Q : débit (l/h) ;

D : diamètre intérieur de la canalisation ;

Avec : Cw= 140 PEBD, L=150m, D= 0.016m, Q= 0.000084 m3/s

$\Delta H_{\text{rampe}} = 2.7 \text{ m}$: la valeur de la perte de charges calculée est supérieure à 1.2 mce (hr max).

On prend un diamètre normalisé de 20 mm, on obtient une perte de charge de

$\Delta H_{\text{rampe}} = 0.9 \text{ m}$

On voit que la perte de charge totale ne dépasse pas la limite imposée par la règle de Christiansen.

VIII.3.1) Calcul de diamètre de porte rampe et Vérification des pertes de charges :

A) calcule de diamètre :

On applique le même procédé que les rampes, d'où :

$$D(\text{mm}) = \left(\frac{pdc_{pr} \times 2.75}{0.478 \times Q(\text{pr})^{1.75} \cdot L(\text{pr})} \right)^{\frac{-1}{4.75}} = 40 \text{ mm}$$

On arrondit à 40 mm.

B) Vérification des pertes de charges :

On recalcule les pertes de charges pour un D = 40 mm

Perte de charge selon hazen-williams

$$\Delta H = \left(\frac{3.592}{C_w} \right)^{1.852} \cdot \frac{L}{D^{4.87}} \cdot Q^{1.852}$$

Ou :

L : la longueur de la conduite ;

Q : débit (l/h) ;

D : diamètre intérieur de la canalisation ;

Avec : C_w= 140 PEBD, L=58m, D= 0.063m, Q= 0.0011 m³/s

$\Delta H_{\text{rampe}} = \mathbf{0.175m}$

Les pertes de charges totales dans le réseau sont de 1.10 m, sont inférieures à 1.8 m.

On voit que la perte de charge totale ne dépasse pas la limite imposée par la règle de Christiansen.

Tableau VIII.1 : Calculs des diamètres et pertes de charges des rampes :

	Surface (Ha)	Lr (m)	Qr (l/h)	hr(m) P.charge	Dcal (mm)	Dn (mm)	hr(m) P. charge
Rampe	1.70	150	304	0.9	14.25	20	0.9
P/rampe	1.70	56.67	4256	0.175	40	63	0.175

VIII.4) Calcul de diamètre de la conduite d'approche (C. tertiaire) :

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

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

avec : Q : débit de la conduite considérée (m³/s) ;

V : vitesse d'écoulement (m/s).

Tableau VIII.2 : Calcul de diamètre de la conduite tertiaire

Surface ha	L(m)	Q (m ³ /s)	V supposée (m/s)	Dcal (mm)	Dn (mm)	Vcal (m/s)	hcal (m)
1.70	30	0.0018	1.05	40	63	0.38	0.09

VIII.5) La pression d'eau à la borne de distribution :

La pression d'eau que doit fournir la borne de distribution a la parcelle est égale à la somme de la pression nominale (10 mce) plus la somme des pertes de charges de cheminement de la borne d'irrigation jusqu'au goutteur le plus défavorable (éloigné ou élevé).

Les pertes de charge de la borne jusqu'au le goutteur le plus défavorable :

Tableau VIII.3 : Récapitulatif des calculs des diamètres et pertes de charges.

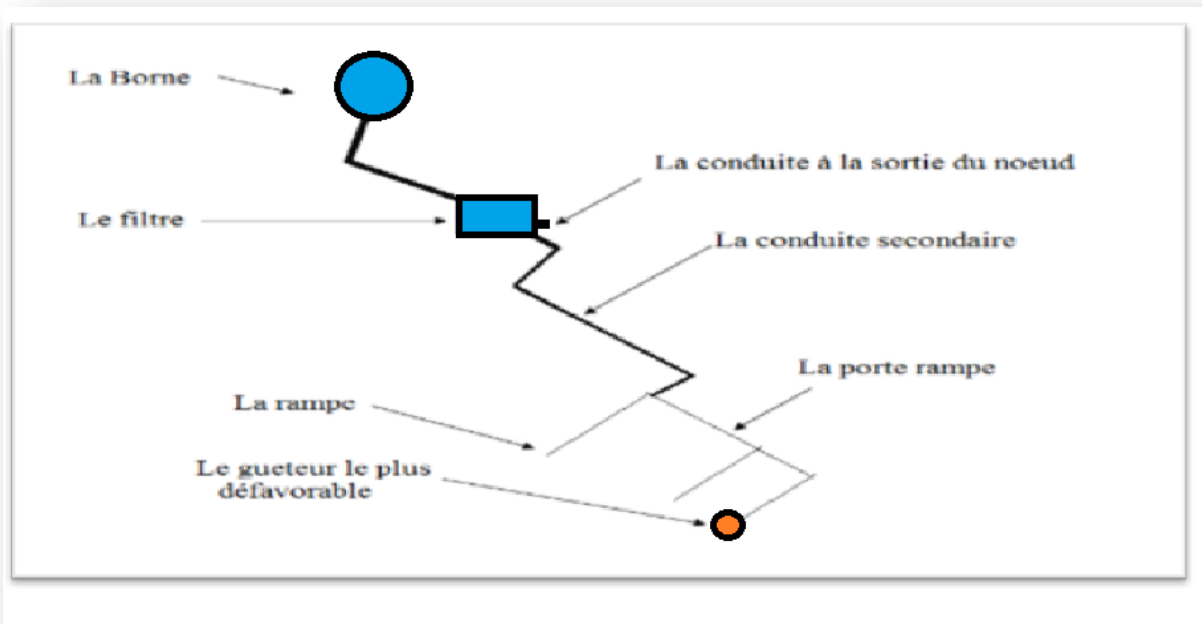
	La rampe	Porte rampe	Conduite tertiaire
Longueur(m)	150	56.67	30
Diamètre(m)	20	63	63
Débit (m ³ /s)	$8.44 \cdot 10^{-5}$	0.00118	0.00118
Pertes de charge(m)	0.91	0.175	0.09

A partir du tableau on peut déterminer la perte de charge totale entre la borne d'irrigation jusqu'à le goutteur le plus défavorable ;

Donc la pression demandée à la borne égale à la pression nominale plus la somme des pertes de charges.

$$\Delta h = 10.54 \text{ m} = 1.1 \text{ bars.}$$

Figure VIII.2 : schéma explicatif d'un réseau d'irrigation localisée.



Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons abordé le dimensionnement de l'irrigation à la parcelle, effectué par le système goutte à goutte, qui est un système le plus efficient.

Dans notre cas, nous avons dimensionné une parcelle de pêcher. Cette culture est appréciée dans la wilaya de KHENCHELA, mais elle est cultivée de façon extensive.

Le dimensionnement prend en considération des facteurs agronomiques et hydrauliques.

Enfin, on doit noter que le pilotage d'irrigation est nécessaire pour une bonne gestion d'un réseau d'irrigation et une utilisation rationnelle de l'eau

CONCLUSION GENERALE

L'objectif de ce mémoire, est de dimensionner l'extension du périmètre d'irrigation dans le but d'assurer une répartition de l'eau de façon uniforme et économique, facteur essentiel dans une telle étude.

L'étude du climat, montre que notre région est semi-aride et l'analyse du sol nous a mené à des aptitudes culturales représentées par les cultures maraichères et céréalières, et moyenne pour les cultures arboricoles .

Suivant les résultats caractérisant la région, nous avons choisi des cultures adaptées avec les données climatique et agro pédologiques.

La détermination des besoins en eau d'irrigation nous a permis de quantifier le débit du réseau du périmètre de Mouillah et d'estimer les volumes en eau nécessaires. Suivant les parcelles et les débits alloués à chacune, nous avons opté pour l'irrigation par goutte à goutte.

Références bibliographiques

- Bulletin De Fao N°29, Qualite Des Eaux D'irrigation, Fao.Rome. ;*
- Diehl.R ,1975 : Agriculture Générale, 2^{ème} Edition J.B Ballierre .Paris*
- Jean Robert Tiercelin, 1998 : Traité D'irrigation, Technique Et Documentation .France,*
- Kulker, 1988 : La Maîtrise De L'irrigation Sous Pression, Aspersion Et Goutte A Goutte. -
Edition Nathan. Paris ;*
- Les Besoins En Eau Des Cultures (Bulletin Fao D'irrigation Et Drainage (N°24))*
- Dénis Baize, Guide Des Analyses En Pédologie, 2eme Edition (Edition Inra 2000)*
- Duchaufour. Ph, Abrégé De Pédologie (Ed .Masson, Paris, 1988)*
- Dhw De Khenchela*
- Labye Y, Olson M. A., Galand A., Tsiourtis N., 1996. Conception Et Optimisation Des
Réseaux D'irrigation. Rome Italie, Fao, 44. 261p.*
- Robert Tiercelin J., 1997. Traité D'irrigation .Tec Et Doc, Paris. 1011p.*