

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE -ARBAOUI Abdellah-

DEPARTEMENT D'IRRIGATION ET DRAINAGE

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

**Option: IRRIGATION ET DRAINAGE**

**THEME DU PROJET :**

**DIMENSIONNEMENT DU PERIMETRE  
D'IRRIGATION DE LACOMMUNE DE HASSI F'DOUL  
(W.DJELFA)**

**PRESENTE PAR**

M<sup>r</sup> MECIKAR Fares

**Devant les membres du jury**

<b>Noms et Prénoms</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
M <sup>r</sup> : RASSOUL Abdelaziz	M.C.A	Président
M <sup>me</sup> : AZIEZ Wahiba	M.A.A	Examinatrice
M <sup>r</sup> : YAHIAOUI Samir	M.A.A	Examineur
M <sup>r</sup> : KARID Rachid	M.A.A	Examineur
M <sup>me</sup> : SADOUNE Samra	M.C.B	Promotrice

Sept - 2016

## Dédicace

*Je rends un grand hommage à travers ce modeste travail, en signe de respect et de reconnaissance envers :*

*Ma mère, mon père, mon grand père*

*Mes sœurs et mes chers frères.*

*Pour tous les sacrifices et leur soutien moral et matériel dont ils ont fait preuve pour que je réussisse.*

*Je le dédie également à*

*Mes collègues : Essaghir, Didine, Chouchou, Housseem, Taki Adel, Iheb et*

*Lamine, Tarek, Rose, Chochita*

*Mes amis : L arbi, Zinou, , et les autres qui sont nombreux.*

*En un mot, à toute ma famille, mes amis et ceux qui ont contribué de près ou de loin à ma formation.*

## **REMERCIEMENT**

*Au terme de ce projet, fruit de mes années de labeur, je tiens à remercier  
sincèrement*

*Dieu, de m'avoir octroyé les moyens et les personnes qui m'ont aidé dans mon élaboration.*

*On tient à remercier notre promotrice Mme. SAADOUNE.S., de nous avoir assisté le  
long de la réalisation du travail, qu'elle trouve ici nos sincères gratitude et nos profondes  
reconnaisances pour tous les efforts qui ont été déployé dans ce sujet, ainsi que de sa  
compréhension et de sa patience.*

*Nous remercions les membres du jury : M. RASSOUL.A. de vouloir bien  
examiner ce travail et présidé la soutenance, Mme. AZIEZ.W., M. YAHIAOUI.S. et M.  
KERID.R. d'avoir accepté d'examiner notre travail.*

*Nous remercions également tout le personnel de DRE Skikda, et de SEACO  
Constantine pour leur accueil.*

*Nous remercions nos enseignants et tout le personnel de l'ENSH pour leurs  
contributions  
à notre formation d'ingénieur d'état en hydraulique.*

*Merci*

## ملخص

لقد قمنا في هذا العمل بدراسة عامة حول منطقة حاسي فدول, ولاية الجلفة التي سننجز فيها مشروعنا. هذا العمل يندرج في اطار دراسة و متابعة استغلال المساحة المسقية لهذه المنطقة, و هذا باستعمال تقنية التقطير و ذلك لخصائص التربة و المناخ الذي وجدناه في هذه المنطقة من اجل التقليل من نسبة ضياع المياه سواء بالتبخر او التسرب في التربة . و في الاخير اقترحنا استعمال هذه التقنية الحديثة في ال سوي من اجل الوصول الى استغلال نسبة اكبر من الاراضي وبنفس كمية المياه .

## Résumé

A travers ce mémoire nous avons effectué une étude d'un périmètre dans la région de HASSI F'DOUL wilaya de DJELFA.

Notre but consiste à projeter un réseau d'irrigation sur une parcelle située dans la commune de HASSI F'DOUL wilaya de DJELFA , ce qui implique l'introduction d'une nouvelle technique d'irrigation à savoir l'utilisation du système de goutte à goutte, afin de maîtriser la quantité d'eau à utiliser en irrigation et limiter ainsi le taux de pertes soit par évaporation ou par percolation.

Enfin, nous conseillons les agriculteurs d'utiliser cette nouvelle technique d'irrigation afin d'optimiser les parcelles d'irrigation et d'augmenter les rendements des cultures en régions arides et semi arides.

## Abstract

A through this work, we will make a general study on the area of HASSI F'DOUL city (w- DJELFA).

Thus; the main goal consists in projecting a network of irrigation a piece located at the sector of HASSI F'DOUL in DJELFA city. In this town where precipitations is insufficient and irregular what implies the introduction of new technical irrigation of drop by drop to control the quantity of water to be used in the irrigation and thus limit the rate of loss by evaporation as well as percolation. In the end, we advise farmers to use this new way of irrigation in order to achieve a maximum exploitation of agricultural areas and increasing yields of crops, in particular in arid and semi aride regions.

## SOMMAIRE

Introduction générale .....	1
-----------------------------	---

### CHAPITRE I : Analyse des conditions naturelles et agricoles

I.1 Introduction .....	2
I.2 Localisation et présentation de la région d'étude .....	2
I.2.1 limites et accessibilité.....	2
I.2.2 Relief et géographie .....	3
I.2.3 Géologie.....	3
I.2.4 L'Agriculture.....	5
I.3 Etude climatologique .....	6
I.3.1 Présentation des stations météorologique et pluviométrique.....	6
I.3.2 Température de l'air .....	6
I.3.3 Les précipitations (Pluviométrie).....	7
I.3.4 Humidité relative de l'air .....	9
I.3.5 Le Vent .....	10
I.3.6 Insolation .....	10
I.3.7Evaporation.....	11
I.3.8Les gelées .....	12
I.3.9 Le siroco .....	13
I.3.10 La Neige .....	13
I.3.11 La grêle .....	13
I.4 Indices agro-météorologiques .....	14
I.4.1 Indice d'aridité annuel de De Martonne (1926).....	14
I.4.2 Quotient pluviothermique d'Emberger (1955).....	15
I.4.3 le diagramme ombro-thermique de Gaussen.....	16
I.4.5 Comparaison des indices climatiques .....	17
I.5 Conclusion.....	18

## CHAPITRE II : Etude Agro-pédologique

II.1 Introduction.....	19
II.2 La pédologie du sol.....	19
II.2.1 Sols peu évolués :.....	19
II.2.2 Sols calcimagnétiques.....	24
II.3 Les contraintes édaphiques à la mise en valeur.....	25
II.3.1 Le taux du calcaire.....	25
II.3.2 La salure.....	26
II.3.3 Acidité.....	26
II.4 Etude des aptitudes culturales.....	26
II.4.1 Les cultures céréalières et fourragères.....	26
II.4.2 Les cultures maraichères.....	26
II.4.3 Les cultures arboricoles.....	26
II.5 L'eau dans le sol :.....	27
II.5.1 La réserve utile en eau RU.....	28
II.5.2 La réserve facilement utilisable RFU.....	28
II.6 Conclusion.....	29

## CHAPITRE III : Analyse des ressources en eau

III.1 Introduction.....	30
III.2 Ressources en eau disponibles.....	30
III.2.1 Ressources superficielles.....	30
III.2.2 Ressources souterraines.....	30
III.3 Etude de la qualité de l'eau d'irrigation.....	31
III.3.1 Les limites admissibles.....	32
III.4 Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique.....	35
III.5 Choix des lois de probabilités.....	36
III.5.1 Ajustement à la loi de Gauss (loi Normale).....	37
III.5.2 Ajustement à la loi de Galton (loi log –Normale).....	38
III.6 Le test d'adéquation khi-deux.....	39
III.7 Détermination de l'année de calcul.....	40
III.8 Conclusion.....	41

## **CHAPITRE IV : Choix des techniques d'arrosage**

IV.1 Introduction .....	42
IV.2 Irrigation gravitaire.....	42
IV.2.1 Irrigation par bassins de submersion .....	42
IV.2.2 Irrigation à la raie .....	43
IV.2.3 Irrigation par planches.....	44
IV.3 Irrigation par pluie artificielle .....	44
IV.3.1 Installations fixes ou semi-fixes.....	44
IV.3.2 Installations mobiles.....	45
IV.3.3 Irrigation par canons d'arrosage .....	46
IV.4 Irrigation Localisée.....	46
IV.5 Les avantages et les inconvénients des modes d'irrigations .....	48
IV.6 Efficience d'un système d'irrigation.....	48
IV.6.1 Efficience de l'irrigation à la parcelle.....	48
IV.6.2 Efficience de l'application de l'eau (distribution) .....	49
IV.6.3 Efficience d'adduction (transport) .....	49
IV.6.4 Efficience de l'uniformité de la distribution.....	49
IV.6.5 Efficience d'un système d'irrigation.....	50
IV.7 Critères et options pour des techniques d'irrigation appropriées .....	50
IV.7.1 Les contraintes naturelles .....	50
IV.7.2 Les contraintes agricoles .....	52
IV.7.3 Les contraintes techniques et économiques.....	52
IV.7.4 Les contraintes Sociales et institutionnelles .....	52
IV.8 Conclusion.....	54

## **CHAPITRE V : Estimation des besoins en eau d'irrigation**

V.1 Introduction.....	55
V.2 Estimation de l'évapotranspiration .....	55
V.2.1 Méthodes de calcul de l'évapotranspiration potentielle (ETP) .....	55
V.2.1.1 Méthode de Thornthwaite .....	56
V.2.1.2 Méthode de Blaney – Criddle généralisée .....	57

V.2.1.3 Méthode de Turc.....	57
V.2.1.4 Méthode de Penman- Monteith-FAO .....	58
V.2.1.5 Critique et choix.....	60
V.2.2 Estimation de l'évapotranspiration maximale (ETM).....	60
V.3 Estimation de la pluie efficace .....	61
V.4 Calcul des besoins nets en eau d'irrigation .....	61
V.5 Calcul des besoins bruts en eau d'irrigation.....	62
V.6 Calcul des besoins en eau de lessivage .....	65
V.7 Le mode de distribution d'eau d'irrigation .....	66
V.7.1 Une distribution au tour d'arrosage .....	66
V.7.1.1 Tour d'arrosage à module fixe .....	67
V.7.1.2 Tour d'arrosage à module variable .....	67
V.7.2 Une distribution à la demande.....	67
V.8 Calcul de débits.....	68
V.8.1 Débit fictif continue (Qf).....	68
V.8.2 Débit spécifique ( $qs$ ).....	68
V.9 Conclusion .....	69

## **CHAPITRE VI : Étude de réseau d'adduction et de distribution**

VI.1 Introduction .....	70
VI.1.1 Les ouvrages de transport .....	70
VI.1.2 Les réseaux de distribution .....	70
VI.1.3 Les équipements à la parcelle .....	70
VI.2 Présentation des variantes .....	70
VI.2.1 Variante N° 01.....	70
VI.2.2 Variante N° 02.....	70
VI.2.2 Choix de la variante.....	70
VI.3 Le plan de bornage .....	71
VI.4 Choix du tracé.....	71
VI.5 Débits aux bornes .....	72
VI.6 Choix du type et de diamètre de la borne .....	73
VI.7 Caractéristiques de la conduite principale (CP) et le réseau de distribution .....	74
VI.7.1 Choix du type de matériau .....	74



VI.7.1.1 La fonte ductile.....	74
VI.7.1.2 Le plastique .....	74
VI.7.2 Calcul des diamètres des canalisations .....	76
VI.7.3 Calcul de perte de charge dans les conduites .....	77
VI.7.4 Calcul de pression aux bornes et nœuds.....	80
VI.8 Dimensionnement du réservoir .....	80
VI.9 Conclusion.....	82

## **CHAPITRE VII : Dimensionnement d'un réseau d'irrigation goutte à goutte**

VII.1 Introduction .....	83
VII.2 Données générales .....	83
VII.3 Composition d'une installation d'irrigation localisée.....	84
VII.3.1 point de fourniture d'eau.....	84
VII.3.2 L'unité de tête .....	84
VII.3.3 la conduite principale.....	85
VII.3.4 porte rampes .....	85
VII.3.5 les rampes.....	86
VII.3.6 les distributeurs .....	86
VII.4 Dimensionnement .....	87
VII.4.1 Données générales .....	87
VII.4.2 Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée .....	88
VII.4.2.1 Influence du taux de couverture du sol .....	88
VII.4.2.2 Fréquence des arrosages .....	90
VII.4.2.3 Durée d'arrosage par mois.....	90
VII.4.2.4 Durée d'arrosage journalier .....	90
VII.4.2.5 Nombre de poste .....	90
VII.4.2.6 Surface du poste (théorique).....	91
VII.4.3 Calculs hydrauliques.....	91
VII.4.3.1 Conditions hydrauliques de base .....	91
VII.4.3.2 Le débit.....	92
VII.4.3.3 Le nombre d'arbres par rampe.....	92
VII.4.3.4 Nombre des goutteurs par rampe.....	92
VII.4.3.5 Le nombre des rampes .....	92

VII.4.3.6 Débit de la rampe .....	92
VII.4.3.7 Débit de la porte rampe.....	93
VII.4.3.8 Nombre de porte rampe .....	93
VII.4.3.9 Débit de la conduite tertiaire.....	93
VII.4.4 Dimensionnement des canalisations du réseau .....	93
VII.4.5 Calcul du diamètre de la rampe et vérification des pertes de charges.....	94
VII.4.5.1 Calcul du diamètre des rampes .....	94
VII.4.5.2 Vérification des pertes de charges .....	94
VII.4.6 Calcul de diamètre de porte rampe et Vérification des pertes de charges.....	94
VII.4.6.1 calcul de diamètre.....	94
VII.4.6.2 Vérification des pertes de charges .....	95
VII.4.7 Calcul de diamètre de la conduite d’approche (C. tertiaire).....	95
VII.4.8 La pression d’eau à la borne de distribution .....	96
VII.5 Conclusion.....	96

## **CHAPITRE VIII : Pose de canalisation et ODC**

VIII.1 Introduction.....	97
VIII.2. Choix et type de pose de canalisation pour l’agglomération : .....	97
VIII.2.1. Pose de canalisation en terre :.....	97
VIII.2.2. Pose à proximité d’une conduite d’assainissement : .....	97
VIII.2.3. Pose des conduites en traversées des routes :.....	98
VIII.2.4. Utilisation des Butées et verrouillage :.....	99
VIII.3. Aménagement du lit de pose : .....	100
VIII.3.1. Implantation du tracé des tranchées sur le terrain : .....	100
VIII.3.2. Nivellement : .....	100
VIII.3.3. Excavation des tranchées : .....	100
VIII.4. Pose des conduites :.....	103
VIII.4.1. Epreuve de joints et de la canalisation :.....	103
VIII.4.2. Remblayage des tranchées :.....	104
VIII.5. Nivellement et compactage : .....	105
VIII.6. Désinfection du réseau : .....	105
VIII.7. Les engins de terrassement utilisés :.....	106
VIII.8. Accessoires : .....	107

VIII.8.1. Robinets vannes : .....	107
VIII.8.2. Clapet anti retour : .....	109
VIII.8.3. Ventouse : .....	109
VIII.8.4. Mesure de pression : .....	110
VIII.9.Conclusion: .....	111
Conclusion générale .....	112
Annexes.....	128

# LISTE DES FIGURES

## CHAPITRE I : Analyse des conditions naturelles et agricoles

Figure I.1 : localisation de la zone d'étude avec une photo satellitaire du périmètre( 2016)....	2
Figure I.2 - Lithologie et géologie de la zone d'étude à partir de l'extrait de la carte géologique de Djelfa .....	4
Figure I.3: Coupes géologiques du secteur Hassi F'doul (traverse le périmètre). ....	5
Figure I.4 : Variation de la température moyenne mensuelle à la station de Hassi Fdoul pour la période (1990-2009).....	7
Figure I.5 : Précipitation moyenne mensuelles (1980-2005) .....	8
Figure I.6 : Carte des précipitations annuelles moyennes de nord algérien (A.N.R.H., 1993 ).	9
Figure I.7 : Distribution mensuelle de l'Humidité relative de l'air (%).....	10
Figure I.8 : Distribution fréquentielle de la durée d'insolation totale (h) (1990-2009) .....	11
Figure I.9 : Répartition mensuelle de l'évaporation (mm).....	12
Figure I.10: Abaque de l'indice d'aridité annuel de De Martonne. ....	15
Figure I.11:Diagramme bioclimatique d'Emberger .....	16
Figure I.12: Diagramme de Gaussen pour la zone du projet.....	17
Figure I.13: Carte simplifiée des zones bioclimatiques de l'Algérie (ANAT,2004) .....	18

## CHAPITRE III : Analyse des ressources en eau

Figure III.1 : Diagramme pour déterminer la qualité évaluée d'une eau d'irrigation à partir de son coefficient d'absorption du sodium (SAR) et de sa conductivité électrique (US salinity Laboratory Staff, 1953) .....	34
Figure III.2 : Ajustement graphique pour les pluies à une loi de Gauss.....	38
Figure III.3 : Ajustement graphique pour les pluies à une loi de Galton .....	39

## CHAPITRE IV : Choix des techniques d'arrosage

Figure IV.1 : Irrigation par bassins à flanc de coteau, les arbres fruitiers .....	43
Figure IV.2 : Irrigation à la raie avec utilisation de siphons .....	43
Figure IV.3 : Irrigation par planches (Alimentation des planches par siphons).....	44
Figure IV.4 : Irrigation par aspersion (Installations fixes ou semi-fixes) .....	45
Figure IV.5 : Irrigation par aspersion, Installations mobiles (Pivot) .....	46
Figure IV.6 : Irrigation par canon d'arrosage .....	46
Figure IV.7 : Micro-irrigation par goutteurs .....	47
Figure IV.8 : Micro-irrigation par micro-asperseurs .....	47

## **CHAPITRE V : Estimation des besoins en eau d'irrigation**

Figure I.1 : L'évapotranspiration mensuelle selon les méthodes utilisées .....	60
--	----

## **CHAPITRE VII : Dimensionnement d'un réseau d'irrigation goutte à goutte**

Figure VII.1 schéma explicatif d'une installation d'irrigation localisée.....	84
Figure VII.2 Dilueur d'engrais.....	85
Figure VII.3 filtre à sable .....	85
Figure VII.4 Goutteur incorporé dans une gaine souple .....	86
Figure VII.5 Goutteur.....	86

## **CHAPITRE VIII : Pose de canalisation et ODC**

Figure VIII.1 : Pose à proximité d'une conduite d'assainissement.....	98
Figure VIII.2 : Traversée d'une route au moyen d'une gaine. ....	98
Figure VIII.3 : Les butées. ....	100
Figure VIII.4 : Verrouillage. ....	100
Figure VIII.5 : Schéma d'une tranchée avec une conduite circulaire. ....	102
Figure VIII.6: Lit de pose.....	103
Figure VIII.7 : Appui des conduites. [3] .....	103
Figure VIII. 8 : Remblayage des tranchées. [7] .....	105
Figure VIII.9 : Pelle hydraulique. ....	107
Figure VIII.10 : Bulldozer.....	107
Figure VIII.11 : Chargeur.....	108
Figure VIII.13 : Robinet vanne à opercule.....	110
Figure VIII.12 : Vanne à papillon centré. ....	109
Figure VIII.14 : Clapet anti retour.....	110
Figure VIII.15: Ventouse à fonction unique. ....	111
Figure VIII.16 : Manomètre à aiguilles.....	112
Figure VIII.17 : Manomètre à soufflet .....	112

# LISTE DES TABLEAUX

## CHAPITRE I : Analyse des conditions naturelles et agricoles

Tableau n°1 : Situation géographique du périmètre de Hassi F'doul .....	2
Tableau I.2 : Caractéristiques des stations météorologique et pluviométrique.....	6
Tableau I.3 : Températures moyennes mensuelles de la zone d'étude .....	6
Tableau I. 4 : Les précipitations mensuelles enregistrées à la station de Hassi F'doul (1990-2009) .....	8
Tableau I. 5 : Distribution mensuelle de l'humidité relative de l'air .....	9
Tableau I.7 : Distribution fréquentielle de la durée d'insolation totale (h) (1990-2010).....	11
Tableau I.8 : Répartition mensuelle de l'évaporation .....	11
Tableau I.9 : Nombre de jour de gelée .....	12
Tableau I. 10 : Nombre de jours moyen mensuel de siroco .....	13
Tableau I.11 : Le nombre moyen mensuel de jours avec de la neige.....	13
Tableau I.12 : Nombre moyen mensuel de jours de grêle.....	13
Tableau I.14 : Classification du climat selon Indice d'aridité de De Martonne.....	14

## CHAPITRE II : Analyse des ressources en sols

Tableau II.1 résultats d'analyse du profil 01 .....	20
Tableau II.2 : résultats des analyses chimiques du profil 01 .....	21
Tableau II.4 : résultats des analyses chimiques du profil 02 .....	22
Tableau II.5 résultats d'analyse du profil 03 .....	22
Tableau II.7 résultats d'analyse du profil 04 .....	23
Tableau II.8 : résultats des analyses chimiques du profil 04 .....	23
Tableau II.9 résultats d'analyse du profil 05 .....	24
Tableau II.10 : résultats des analyses chimiques du profil 04 .....	24
Tableau II.11 résultats d'analyse du profil 06 .....	25
Tableau II.12: résultats des analyses chimiques du profil 06 .....	25
Tableau II.13 : conductivité électrique.....	25
Tableau II.14 : calendrier des principales cultures préconisées .....	27
Tableau II.15 : Les pourcentages proposés aux différentes cultures.....	27

## CHAPITRE III : Analyse des ressources en eau

Tableau 01 : montre les ressources superficielles dans la wilaya de djelfa .....	30
Tableau 02 : montre les nappes souterraines existantes dans la wilaya de djelfa .....	31
Tableau 03 : l'analyse chimique de l'eau prévue pour l'irrigation .....	31
Tableau 04 : Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique.....	32
Tableau 05 : Classification des eaux en fonction du S.A.R .....	33

Tableau 06 : Test de Mood pour la station de Meskiana .....	36
Tableau 07 : Les quantiles de période de retour 10, 20, 50, 100 et 1000 ans .....	37
Tableau 08 : Les quantiles de période de retour 10, 20, 50, 100 et 1000 ans .....	39
Tableau 09 : Test de khi-deux pour les deux lois.....	40
Tableau 10 : Précipitation mensuelle de l'année de calcul .....	41

#### **CHAPITRE IV : Choix des techniques d'arrosage**

Tableau IV.1 : Les avantages et les inconvénients des différents modes d'irrigations .....	48
Tableau IV.2 : Gamme de l'efficacité des différents systèmes d'irrigation.....	50
Tableau IV.3 : Analyse multicritères de choix de technique d'arrosage .....	53

#### **CHAPITRE V : Estimation des besoins en eau d'irrigation**

Tableau V.1 : Valeurs de l'ETP estimées par la formule de Thornthwaite.....	56
Tableau V.2 : Valeurs de l'ETP estimées par la méthode de Blaney – Criddle généralisée....	57
Tableau V. 3 : Valeurs de l'ETP estimées par la méthode de Turc. ....	58
Tableau V.4 : Valeurs de l'ETP estimées par la méthode de Penman- Monteith-FAO.....	59
Tableau V.5 : Coefficient cultural ( $K_c$ ) de chaque culture, en fonction du stade végétatif de la plante.....	60
Tableau V.6 : Les précipitations efficaces notées sur la zone d'étude.....	61
Tableau V. 7 Les profondeurs d'enracinements des différentes cultures(m).....	62
Tableau V.8 : Besoins nets en eau d'irrigation (mm/mois) .....	63
Tableau V.9 : Tableau récapitulatif des besoins nets en eau d'irrigation (mm/mois) .....	64
Tableau V.10 : Tableau récapitulatif des besoins bruts en eau d'irrigation (mm/mois).....	64
Tableau V.11 : Besoins totaux annuels .....	66
Tableau V.12 : Débit fictif continue pour chaque mois. ....	68

#### **CHAPITRE VI : Étude de réseau d'adduction et de distribution**

Tableau VI.1 : Débit caractéristique de chaque îlot (bornes) d'irrigation.....	72
Tableau VI.2 : Choix du diamètre de la borne. ....	73
Tableau VI.3 : Les diamètres des bornes et des prises. ....	73
Tableau VI.4 : Les caractéristiques de la gamme de produits des tubes en fonte ductile. ....	74
Tableau VI.5 : Les caractéristiques de la gamme de produits des tubes en PVC .....	75
Tableau VI.6 : Les caractéristiques de la gamme de produits des tubes en PEHD.....	75
Tableau VI.7 : Les caractéristiques de la gamme de produits des tubes en PEBD .....	75
Tableau VI.8 : Seuil des vitesses admissibles en fonction des diamètres dans les conduites gravitaires.....	76
Tableau VI.9 : Diamètres des canalisations et vitesses d'écoulement. ....	77
Tableau VI.10 : Pertes de charge dans les canalisations. ....	79
Tableau VI.11 : La pression aux bornes et nœuds en (m.c.e). ....	80
Tableau VI.12 : Evaluation du volume résiduel du réservoir. ....	81

## **CHAPITRE VII : Dimensionnement d'un réseau d'irrigation goutte à goutte**

Tableau VII.1	Caractéristiques de la parcelle à irriguer.....	83
Tableau VII.2	les paramètres de la formule du calcul du pourcentage du sol humidifié.....	89
Tableau VII.3	Calculs des diamètres et pertes de charges des rampes .....	95
Tableau VII.4	Calcul de diamètre de la conduite tertiaire .....	96
Tableau VII.5	Récapitulatif des calculs des diamètres et pertes de charges .....	96

## **CHAPITRE VIII : Pose de canalisation et ODC**

Tableau VIII.1	: Produits de désinfection (Doses et temps de contact). .....	106
----------------	---	-----



## **LISTE DES LANCHES**

Planche N° 1: Plan du réseau d'irrigation de la commune HASSI F'DOUL W .DJELFA

Planche N° 2: Plan de situation de la périmetre de HASSI F'DOUL W .DJELFA.

Planche N° 3: Plan d'occupation du sol du périmetre HASSI F'DOUL W .DJELFA.

Planche N° 4: Plan du réseau goutte a goutte de l'ilot N°03 (10.19ha) du périmetre de HASSI F'DOUL W .DJELFA.

Planche N° 5: Profil en long de la conduite principale du périmetre HASSI FDOUL W.DJELFA

## **Introduction générale**

Avec le développement socio-économique d'une part, et la forte pression démographique et urbanistique d'autre part, la demande en eau ne cesse de s'accroître. En Algérie, l'agriculture consomme entre 60 et 70 % des ressources en eau. Compte tenu de ce qui précède, nous sommes obligés aujourd'hui à gérer cette ressource de manière intégrée et efficace, dans une perspective de long terme, et ainsi trouver des solutions pour répondre à la demande.

En effet plus le climat est aride, plus la ressource en eau est limitée alors que les besoins en irrigation sont importants pour la production agricole. Dans le domaine de l'irrigation la solution consiste à identifier les futurs projets en adoptant les techniques et les procédés d'arrosage qui utilisent d'une façon rationnelle et efficace les volumes d'eau réservés. Donc c'est de faire toute un Plan de gestion environnemental qui s'occupera de l'analyse des sols et des eaux superficielle et souterraines.

Notre étude consiste à faire monter un projet d'aménagement hydro agricole d'un périmètre situé à HASSI F'DOUL WILAYA DE EL Djelfa.

Le périmètre HASSI F'DOUL se situe au nord-ouest du chef-lieu de la wilaya de Djelfa sa superficie est de 103 Ha.

La topographie est quasi plane légèrement ondulée avec une pente d'exposition générale S- NO.

Les principales cultures pratiquées sont les fourragères et les céréales jusqu'à l'heure actuelle

La région d'étude présente un faciès pluviométrique insuffisant (climat semi-aride), avec un complément en irrigation peu important. Les productions de l'ensemble des cultures pratiquées actuellement sont d'une rentabilité très faible par rapport aux normes. Dans la réalité, les doses d'eau restent le facteur limitant de la productivité agricole. Certes, le complément d'eau a été dans la plupart du temps assuré par le système d'irrigation.

Notre travail s'inscrit dans cette perspective, il s'agit de dimensionner un réseau d'adduction et de distribution permettant, l'approvisionnement du périmètre de HASSI F'DOUL. Le réseau hydraulique est composé de conduites circulaires enterrées, où le transport de l'eau est assuré gravitairement. Nous avons détaillé cette étude en 08 chapitres qui contiennent tous les paramètres concernant le projet.

## **CHAPITRE I :**

*Analyse des conditions naturelles et agricoles*

## CHAPITRE I: Analyse des conditions naturelles et agricoles

### I.1 Introduction

Ce chapitre est consacré à une présentation bien détaillée de notre zone d'étude. du point de vue situation géographique. Caractéristiques climatiques et socio-économique. afin de quantifier et d'analyser les différents paramètres qui nous aident à connaître la nature du climat ainsi que les différentes caractéristiques physiques qu'ils s'avèrent nécessaires et indispensables pour une étude d'irrigation.

### I.2 Localisation et présentation de la région d'étude

Le périmètre d'étude est localisé au lieu-dit <<HASSI F'DOUL>>, ce dernier dépend administrativement de la daïra de Sidi Ladjel, il est situé à 170 km au nord-ouest de DJELFA et 250 km d'Alger. la route la plus directe est Alger-Boughezoul puis Boughezoul-Hassi-Fdoul en passant par Chahbounia et Sidi-Ladjel. la ville de Hassi F'doul s'étend à 491.5 km<sup>2</sup> et compte 13171 habitants par km<sup>2</sup>, entourée par Rechaïga, Bou-Aïche, Sidi-Ladjel.

**Tableau n°1 : Situation géographique du périmètre de Hassi F'doul**

Wilaya	Daïra	Commune	Coordonnées géographiques		Altitude
			Latitude	Longitude	
Djelfa	Sidi-Ladjel	Hassi-Fdoul	35.4378°	2.21156°	788m



**Figure I.1 : localisation de la zone d'étude avec une photo satellitaire du périmètre( 2016)**

#### I.2.1 limites et accessibilité

L'accès à l'aire d'irrigation est possible à partir du chef-lieu de commune de Hassi F'doul par une piste aménagée traversant la ferme de chetouane.

L'irrigation sera assurée par un bassin d'accumulation (300 m<sup>3</sup>) projeté au milieu de la parcelle sur la demande du propriétaire de la ferme.

### I.2.2 Relief et géographie

D'une manière général les paysages et les reliefs de la zone d'étude sont généralement élevés .ses altitudes sont relativement variés de 1020m à 1489m. Les forets y occupent notamment 8% du territoire,c'est un département à vocation pastorale.

Assurant la transition entre le nord et sud de l'Algérie. la wilaya de Djelfa se caractérise par 4 zones inhomogènes qui succèdent au piémont de l'Atlas tellien.

La nappe de Ain Ouassara zone plane de 500000 ha .dont l'altitude va de 650à850 précède la dépression des chotts .Zahrez gharbi et Zahrez chergui. Puis la chaines montagneuse des oued Nail orientée Sud-Ouest Nord-est dont les principaux monts sont les jebel senabla. djebel zarga et djebel azreg. avec des plaines dont les plus importantes sont celles de Maalba et Ain Muilah. enfin au sud le plateau désertique appelé aussi <<plateau saharien>> qui plonge dans la dépression formée par Oued Jeddi considéré comme la limite naturelle du sahara.

### I.2.3 Géologie

La géologie de la wilaya de Djelfa s'intègre. de sa totalité dans la géologie global du domaine atlastique et de la marge septentrionale de la plateforme saharienne.

Le synclinal de Djelfa fait partie des monts d'Oued Nail qui forment la partie centrale de l'Atlas Saharien. qui est d'orientation grossière Sud Ouest-Nord Est. en ce basant sur les anciens travaux géologiques de nombreux géologues chercheurs tel que : G.CORNET(1952) . A.CAIR(1967) . POUGET(1980) . J.TRAYSSAC(1981)...etc.

Le synclinal est constitué d'un matériel de nature continentale d'âge trias, crétacée, tertiaire et quaternaire, Plissé au cours des phases orogéniques tertiaires. Ces formations sont constituées de :

- ✓ Terrains anciens représentés par Trias.
- ✓ Très importantes assises carbonatées. grés. marnes d'âge crétacé.
- ✓ Remplissage Moi-Pilo-Quaternaire constitué essentiellement de limons. d'argiles. de marnes. de lentilles de grés .

Deux grands ensembles représentent la litho-stratigraphie du secteur d'étude :

- ✓ Le premier est constitué essentiellement par les formations crétacées et tertiaires qui affleurent dans les bordures.
- ✓ Le second est formé. en général. par un recouvrement Mio-Plio-Quaternaire qui se dépose dans la plaine.

Alors on résume que La région d'étude est constituée dans son ensemble de formations quaternaires et crétacées. Le crétacé est représenté par :

- ✓ Turonien basal : est formé d'une série épaisse de marnes grises, des marnes calcaires en Plaquettes.
- ✓ Turonien moyen et supérieur: sont représentés par des marnes beiges à grises, qui alternent avec des calcaires zoogénies noduleux.

Ces deux ensembles constituent une série stratigraphique complète décrite comme suit :

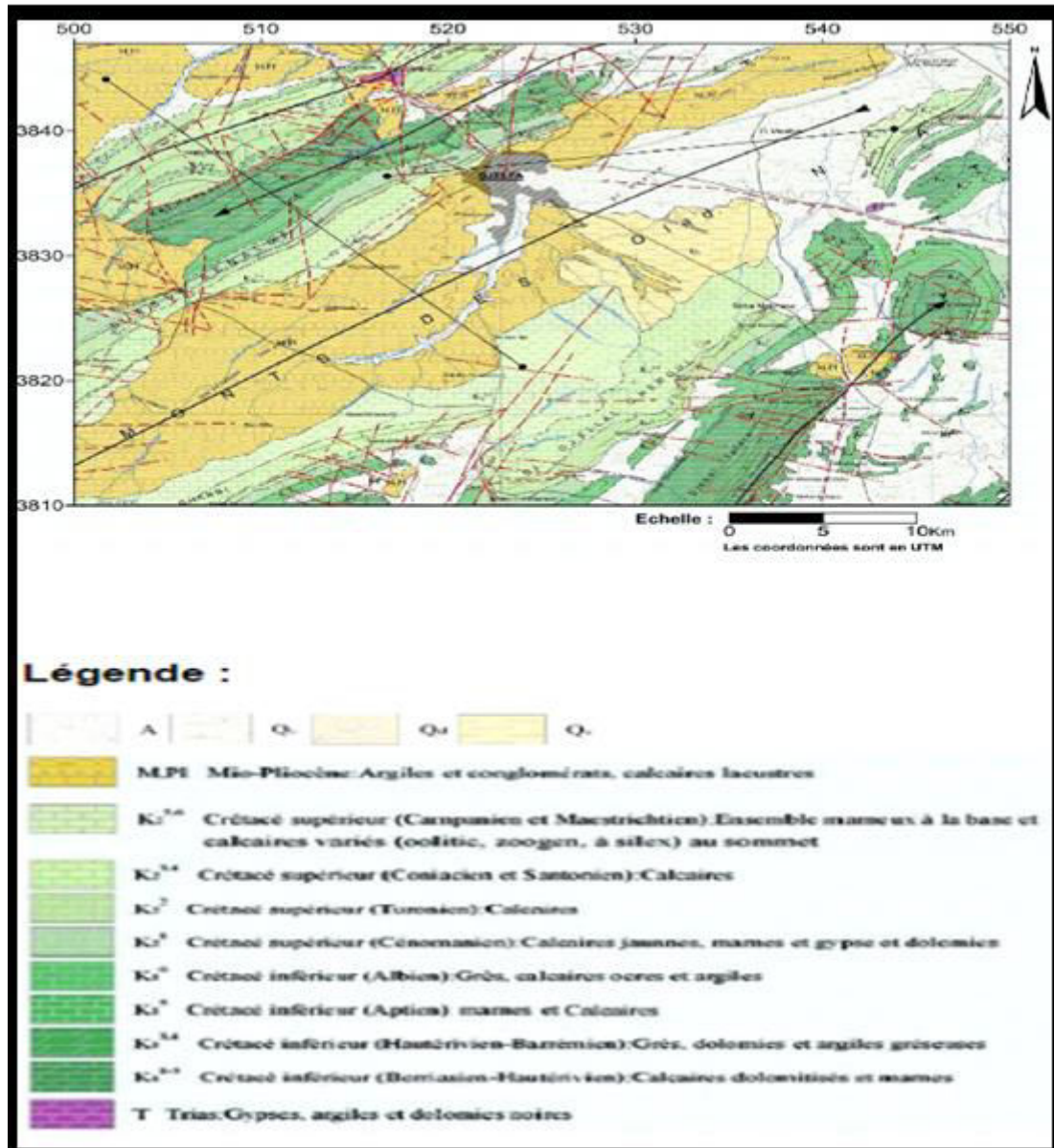


Figure I.2 - Lithologie et géologie de la zone d'étude à partir de l'extrait de la carte géologique de Djelfa

Les formations du Quaternaire recouvrent toutes les formations l'exception du Sud de la plaine (où on peut observer une formation crétacé). Les sédiments quaternaires sont variés (croûtes calcaires massives, de limons fins, de sables fins, de graviers et d'alluvions argileuses).

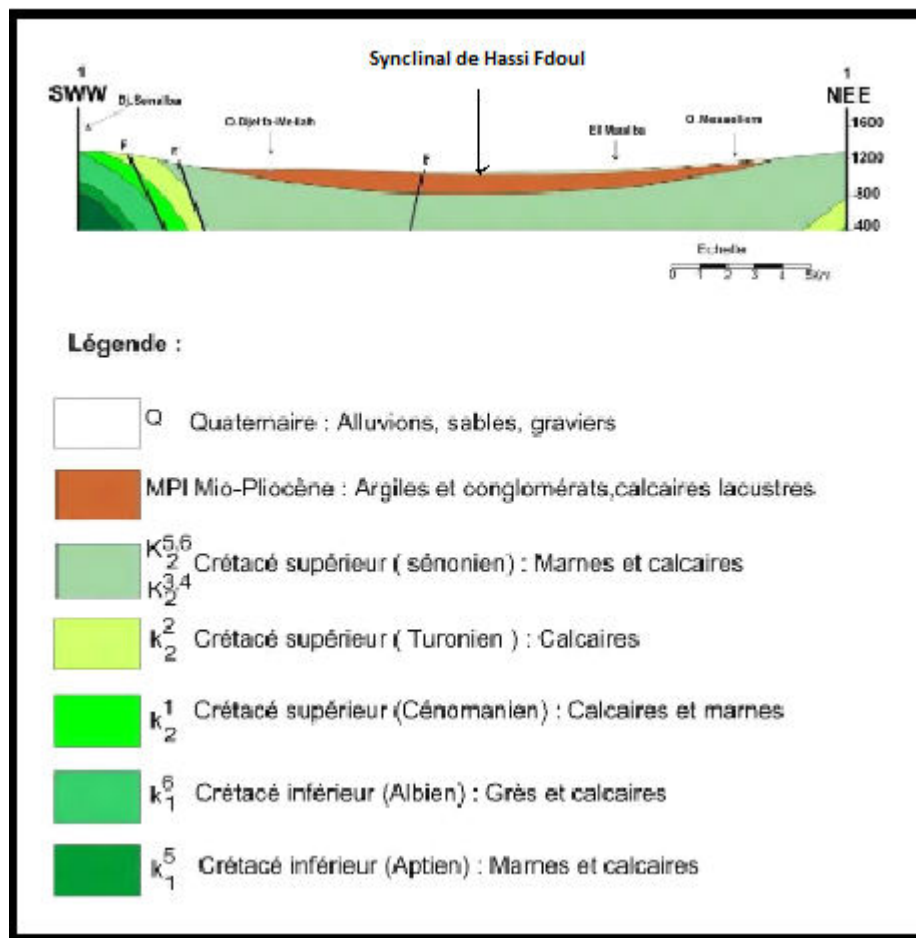


Figure I.3: Coupes géologiques du secteur Hassi F'doul (traverse le périmètre).

### I.2.4 L'Agriculture

La région d'étude appartient à un domaine sub-saharien, qui bénéficie d'un climat semi-aride à faibles précipitations et par conséquent le développement du couvert végétal est limité.

En effet, cette région appartient agro-écologiquement, aux hautes plaines intérieures orientales céréalières, qui ont des microclimats généralement contraignants (hiver froid à très froid, été chaud à très chaud et sec). La pluviosité est généralement limitée et l'eau constitue l'élément clé du système de culture mis en place. Durant les années pluvieuses où l'eau d'irrigation est disponible, on rencontre les cultures maraîchères, les cultures fourragères et les céréales avec un assolement biennal (céréale/jachère). Alors que durant les années de sécheresse, les cultures maraîchères et fourragères seront réduites et on se contente des céréales pour seulement équilibrer les revenus des agriculteurs.

### I.3 Etude climatologique

L'étude du climat est une étape primordiale dans les projets hydro-agricoles. puisqu'elle permet de quantifier les paramètres interviennent sur le calendrier des arrosages ainsi le choix et le dimensionnement des réseaux d'irrigation.

La wilaya de Djelfa jouit d'un climat semi-aride caractérisé par des hivers froids et rigoureux et des étés chauds et secs.

#### I.3.1 Présentation des stations météorologique et pluviométrique

A défaut de la station climatologique située dans la zone d'étude de site de l'oued de L'HAJIA ; le climat est donné par les observations de la station météorologique avoisinantes. (Station de Hassi Fdoul).

**Tableau I.2 : Caractéristiques des stations météorologique et pluviométrique**

Station	Dénomination	Coordonnées		Altitude
Météorologique	Hassi Fdoul	35°26'16'' N	02°12'42'' E	788 m
Pluviométrique	Hassi Fdoul	35°12'01 N	02°17'25 E	750 m

#### I.3.2 Température de l'air

La température est de première grandeur vu que sa variation influe sur le degré d'évapotranspiration et par conséquent elle conditionne l'évaporation et le cycle végétatif des cultures.

Pour l'estimation des températures, nous avons traité les relevés des moyennes mensuelles des températures sur une période de 20 ans (1990-2009) à la station de Hassi Fdoul sont projetés dans le tableau suivant :

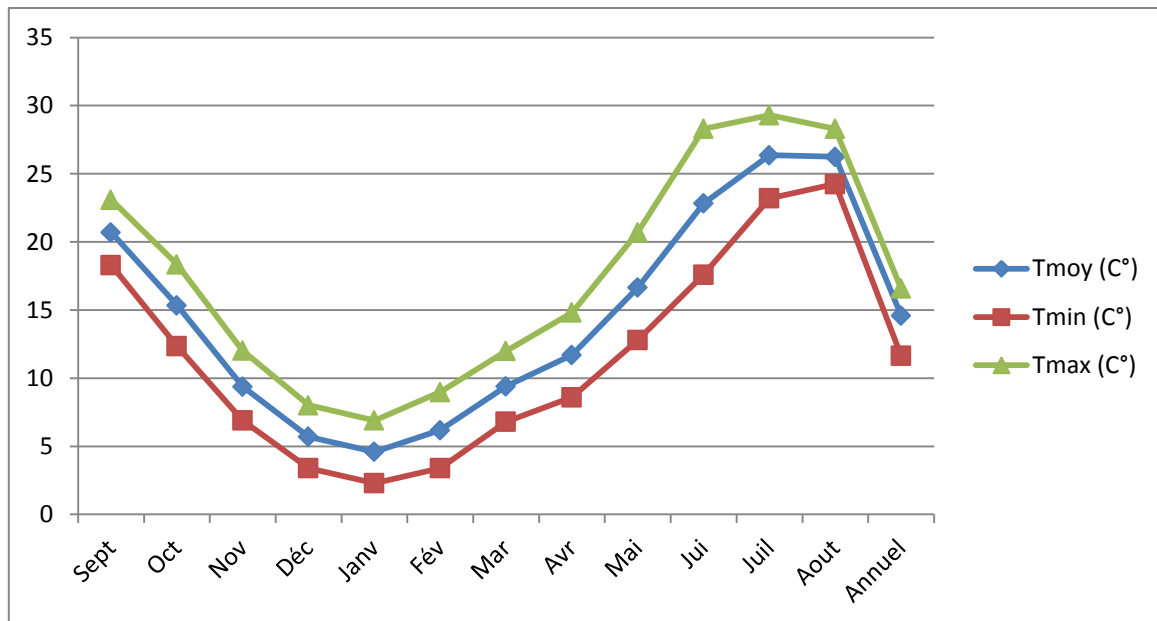
**Tableau I.3 : Températures moyennes mensuelles de la zone d'étude**

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Annuel
<b>Tmoy (C°)</b>	20.7	15.34	9.38	5.7	4.6	6.18	9.4	11.7	16.65	22.83	26.36	26.25	14.59
<b>Tmin (C°)</b>	18.3	12.35	6.9	3.4	2.3	3.4	6.8	8.6	12.8	17.6	23.2	24.25	11.65
<b>Tmax (C°)</b>	23.1	18.35	12.02	8.01	6.9	8.98	12.0	14.81	20.7	28.3	29.3	28.3	16.58

Source : Station météorologique de Hassi Fdoul (1990-2009)

Les températures moyennes, minimales et maximales sont reportées graphiquement comme suit :





**Figure I.4 : Variation de la température moyenne mensuelle à la station de Hassi Fdoul pour la période (1990-2009)**

Le régime de température est caractérisé par l'été sec et chaud et l'hiver relativement doux. La température moyenne annuelle est de 14.59 C°.

D'après le tableau précédent, on remarque les mois les plus chauds sont de juillet et aout, avec une température moyenne de 26.31 C°. Tandis que la période froide correspondant aux mois de décembre, janvier, et février, avec une température moyenne de 5.49 C°.

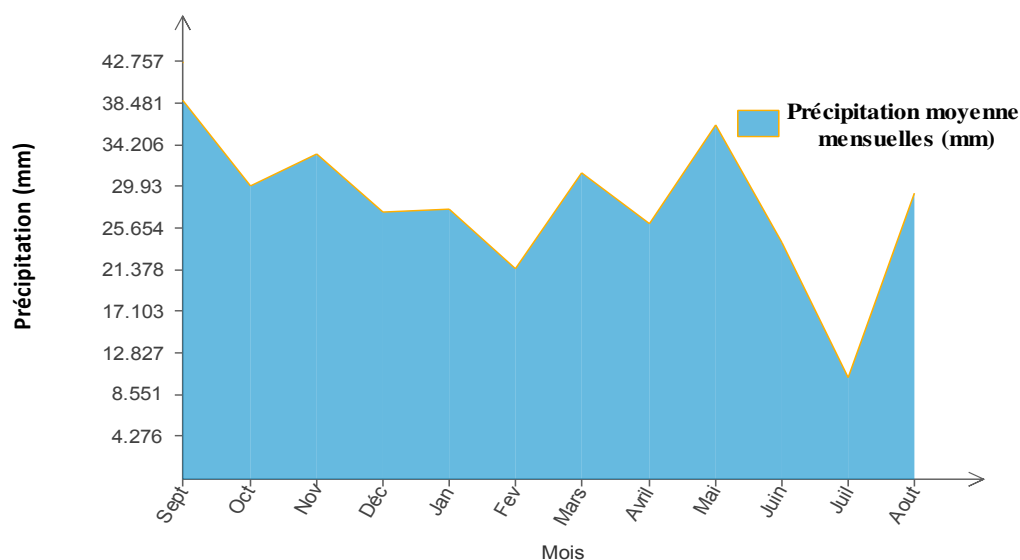
### I.3.3 Les précipitations (Pluviométrie)

La connaissance de la pluviométrie et sa répartition à l'échelle annuelle est une donnée essentielle pour un projet d'irrigation, puisqu'elle permet de connaître le régime pluviométrique.

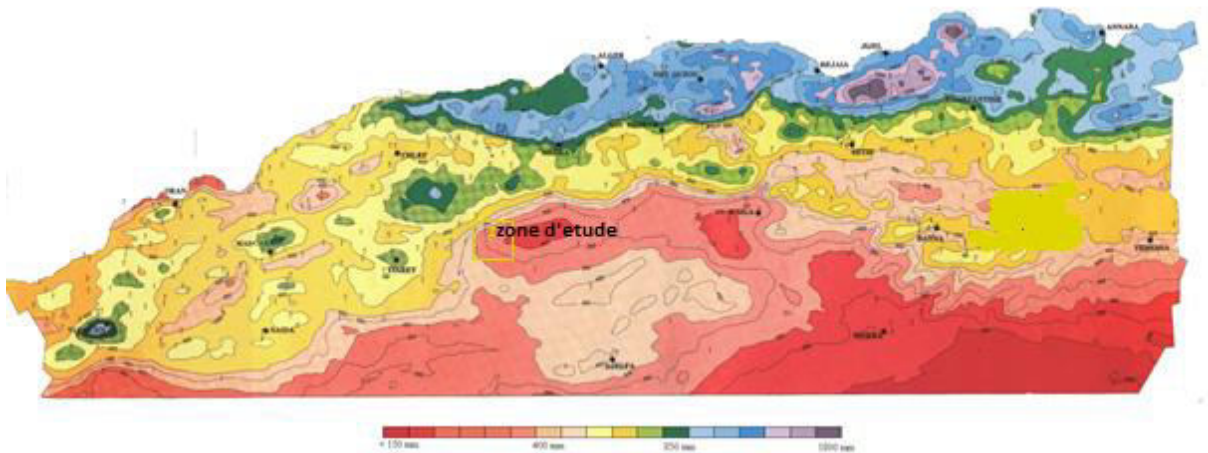
Nous avons pris en considération un échantillon de données qui va de l'année 1990 jusqu'à 2009, on observe donc d'après le tableau qu'elles sont mal réparties dans l'année.

**Tableau I.4 : Les précipitations mensuelles enregistrées à la station de Hassi F'doul (1990-2009)**

Année	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Annuel
1995	14.2	4	13.6	34.6	11.7	3	30	65.4	84.4	61	12.6	10.3	344.8
1996	38.5	11.7	19.5	21.6	23.5	51.7	74.2	38.8	34.5	15.7	9.7	13.1	352.5
1997	18.7	1.4	23.8	21.4	59.5	10.6	56.7	48.6	12.2	5.6	10.6	1.1	270.2
1998	25	5	19	15	8	71.12	40.2	13.5	39	12	16	27.6	291.40
1999	96	78	28	8	50	52	20	7	10	1	4	17	371
2000	13.2	49	3.9	30	46	13	50	11	6	46	4	13	285.1
2001	16	3	1	27	91.8	74	58	57	51	27	5	28	438.8
2002	77	11	55	17	39	5	1	87	93	9	2	45	441
2003	28	5	3	9	17	26	5	35	38	2	3	19	190
2004	25	29	26	69	61	24	25.1	1	3	13	3	16.6	295.7
2005	63	8	15	23.5	62	18	1	10	27	3.2	0.4	1.5	232.6
2006	78	28	12	17	60	12	2	3.7	3	4	0.4	24.8	244.9
2007	7.6	15.3	37.9	36.3	11	5.3	2	38.2	4.9	5.9	13	35.6	219
2008	6.3	41.4	41.3	54	53.3	45.3	13	17.8	14.8	2.8	5	0.3	295.3
2009	38.3	28	39.4	42	60	5	29.2	33	97.4	3.7	7.3	54.4	437.7
2010	40.1	26.2	33.3	34.7	54	37.6	23	3.2	0	32.5	0	0	284.6
2011	58.6	74	31.5	37.9	40.9	47.5	60.8	24.7	28.4	0	4.2	4.3	412.8
2012	14.3	0	31.3	36.5	44.4	61.1	20.1	37	8.2	0	0	5.2	258.1
2013	102	0	51.2	43.2	20	21	11.6	81	0	25.1	0	16	371.1
2014	43.7	0	0	24.7	27.1	22	23.2	148.7	11.6	0	0	0	301
<b>Moyenne</b>	<b>40.18</b>	<b>20.9</b>	<b>24.29</b>	<b>30.12</b>	<b>42.31</b>	<b>30.26</b>	<b>27.31</b>	<b>38.08</b>	<b>28.32</b>	<b>13.48</b>	<b>5.01</b>	<b>16.64</b>	<b>316.9</b>

**Figure I.5 : Précipitation moyenne mensuelles (1980-2005)**

La pluviométrie n'est pas régulière, et varie suivant les mois et les années. D'après le tableau et le graphe on remarque la moyenne annuelle des précipitations est de **316.9** mm sur une série de 20 ans (1990-2009). Ceci est vérifié en se référant à la carte des précipitations moyennes annuelles, établie par l'ANRH sur une période de 60 ans (Figure I.6).



**Figure I.6 : Carte des précipitations annuelles moyennes de nord algérien (A.N.R.H., 1993 )**

La précipitation maximale est enregistrée aux mois de septembre et janvier, la précipitation minimale est enregistrée aux mois de juin et juillet. La saison hivernale est la plus pluvieuse avec 102.69 mm suivie par la saison printanière avec une moyenne de 93.71 mm.

Une forte variabilité dans la répartition des précipitations tant par mois à l'intérieur de l'année que dans le plan pluriannuel, crée des difficultés pour l'agriculture dans la région envisagée. Pour cette raison, la création d'un périmètre d'irrigation y est d'actualité.

### I.3.4 Humidité relative de l'air

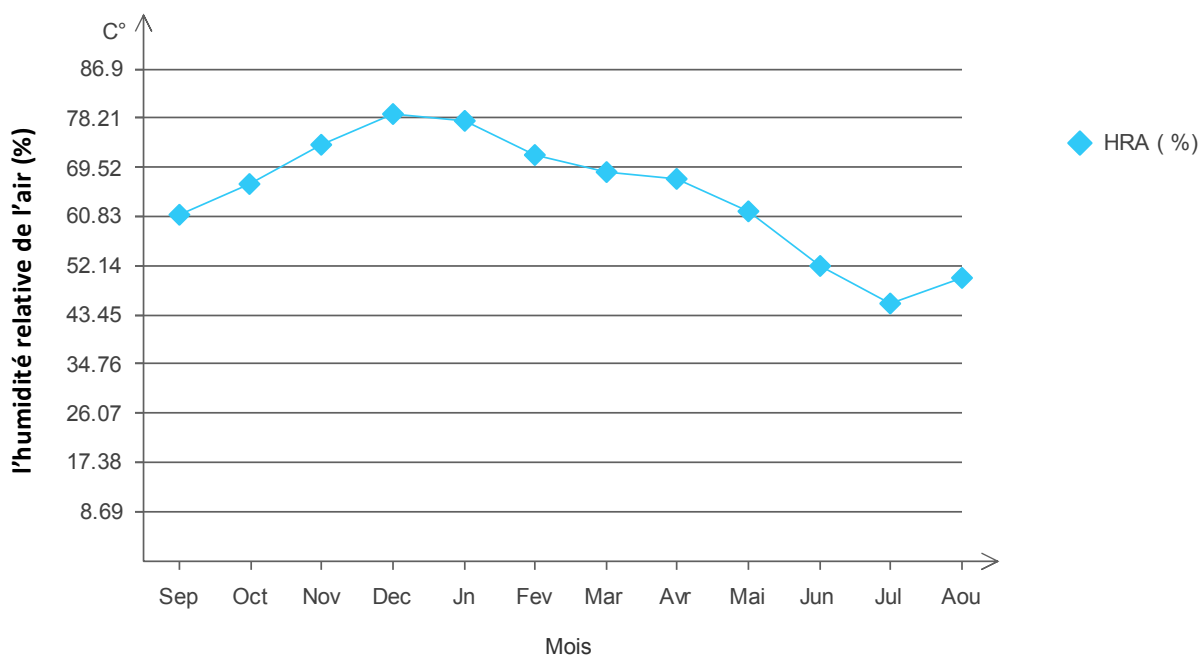
L'Humidité relative mesure la quantité de vapeur d'eau présente dans l'air, en comparaison avec la quantité maximum d'eau qu'il peut contenir à une température donnée.

L'humidité moyenne mensuelle et annuelle de l'air, selon les données de la station météo de Hassi Fdoul est répartie et figurée au tableau I.5.

**Tableau I. 5 : Distribution mensuelle de l'humidité relative de l'air**

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jn	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Annuel
HR(%)	51.9	61.9	72.4	76.7	77.2	67.5	63.3	58.5	53.4	43.7	58.1	41.1	60.48

Source : Station météorologique de Hassi Fdoul (1990-2010)



**Figure I.7 : Distribution mensuelle de l’Humidité relative de l’air (%)**

L’humidité relative moyenne annuel de l’air est de 61%.Le mois le plus sec est juillet dont l’humidité relative moyenne est de l’ordre de 41.1%. le mois le plus humide est Janvier dont l’humidité relative moyenne est de l’ordre de 77.2%.

Dans la région envisagée, l’humidité relative moyenne mensuelle varie dans les limites de 41-58% au cours de la saison chaude et de 72-77% au cours de la saison froide.

Ainsi, le climat y est tempéré humide de novembre à mars, très sec de juin à août et sec tempéré le reste de l’année.

**I.3.5 Le Vent**

Pour caractériser le régime du vent, nous avons dépouillé les données de la station météorologique de Hassi F’doul comme suit :

**Tableau I. 6 Vitesse moyenne mensuelle du vent**

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jn	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Annuel
Vitesse du vent (m/s)	2.4	2.4	2.6	2.6	2.5	2.4	2.8	2.4	2.2	2	2.3	2.2	2.4

Source : Station météorologique de Hassi Fdoul (1990-2010)

La vitesse moyenne annuelle du vent est 2.4 m/s. La vitesse moyenne mensuelle minimale du vent est de 2 m/s (Juin), celle moyenne mensuelle maximale atteint 2.8 m/s (Mars).

**I.3.6 Insolation**

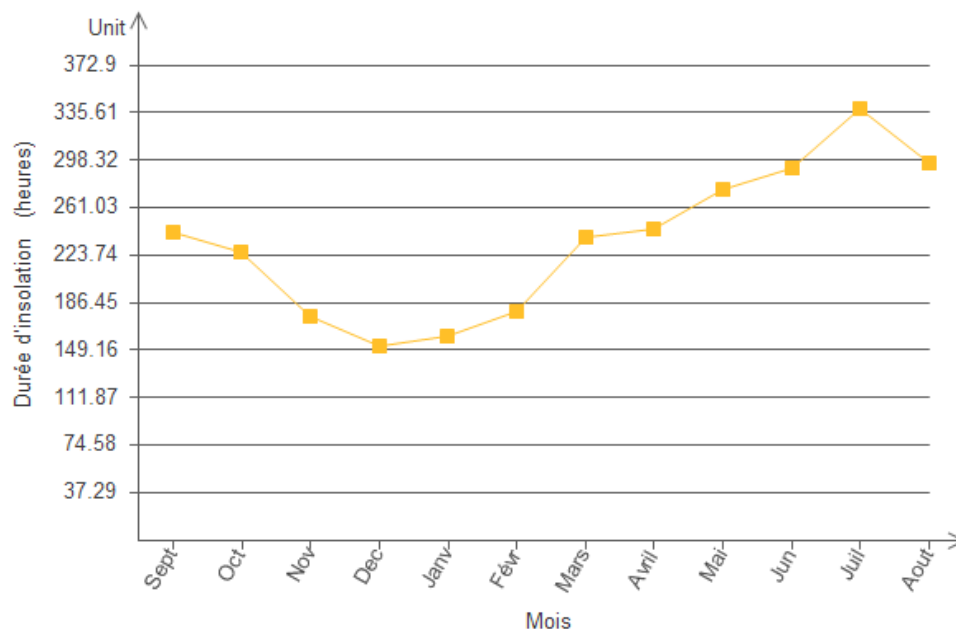
L’insolation est un paramètre climatique que l’on utilise pour le calcul de l’évapotranspiration potentielle.

La durée moyenne mensuelle de l’insolation est celle calculée d’après les données de la station météorologique de Hassi Fdoul.

**Tableau I.7 : Distribution fréquentielle de la durée d’insolation totale (h) (1990-2010)**

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Févr	Mars	Avril	Mai	Jun	Juil	Aout	Annuel
Durée d’insolation (h/j)	9.2	8.8	7.7	7.7	8.3	8	8.4	9.2	9.3	10.6	11.5	10.6	9.10

Source : Station météorologique de Hassi Fdoul (1990-2010)



**Figure I.8: Distribution fréquentielle de la durée d’insolation totale (h) (1990-2009)**

La durée de l’insolation annuelle est de 9.10 heures par jour. la durée d’insolation est importante durant les mois de mai à aout et moins importante du mois de décembre à février.

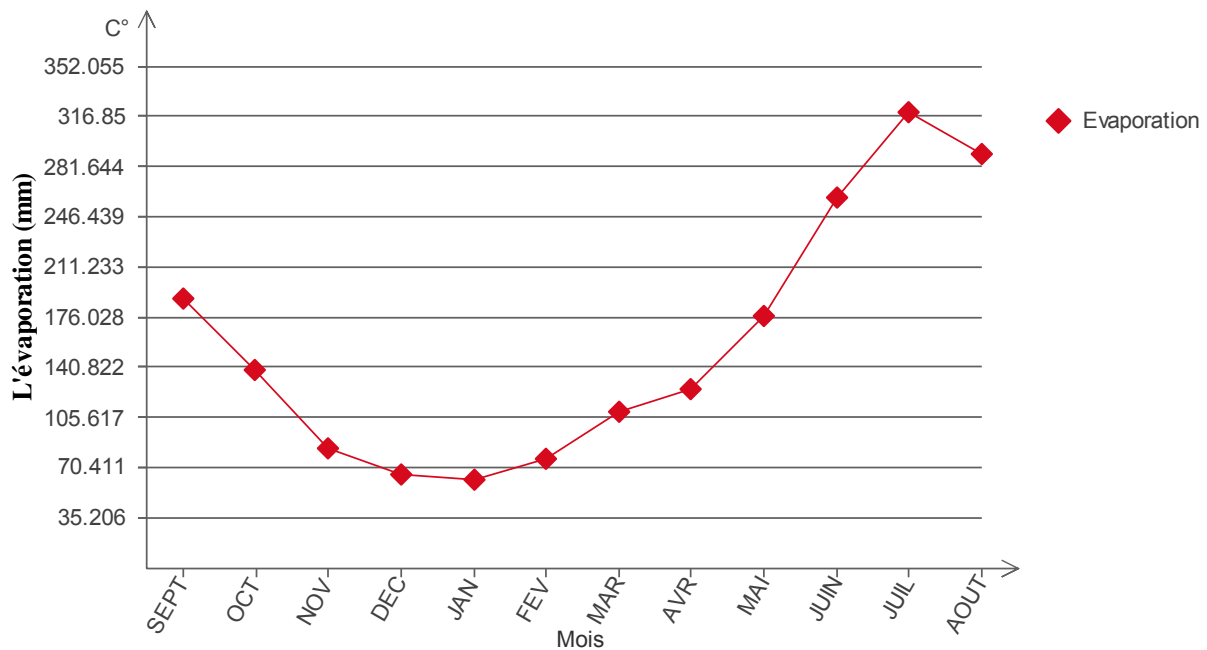
### I.3.7Evaporation

Les valeurs de l’évaporation moyenne mensuelle et annuelle des plans d’eau dans la région d’étude sont estimées à partir des données d’observation mesurées niveau de la station météorologique de Hassi F’doul.

**Tableau I.8 : Répartition mensuelle de l’évaporation**

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Annuel
Evaporation (mm/j)	122	80	46	27	26	40	64	100	133	172	221	197	102.33

Source : Station météorologique de Hassi Fdoul (1990-2009)



**Figure I.9 : Répartition mensuelle de l'évaporation (mm)**

L'examen de ce tableau montre que l'évaporation est importante durant les mois de mai à aout correspond à un volume évaporé de 59.76 % et faible du mois de novembre à mars où le volume évaporé est de 16.53 %.

Les valeurs moyennes minimales et maximales de la tension de vapeur d'eau se situent respectivement en mois de janvier (26 mm) et au mois de juillet (221 mm).

### I.3.8 Les gelées

Les gelées sont en général dues à l'interaction de deux phénomènes, Le passage d'une masse d'air froid (Température inférieure à 0° C) avec des pertes de chaleur excessive par rayonnement ou par évaporation.

En hiver c'est surtout le passage des masses d'air froid qui provoque les gelées noires. Au printemps et automne, les gelées dite « de rayonnement » ou gelées blanches, résultent surtout des pertes de chaleur par rayonnement et parfois par évaporation.

Le nombre moyen mensuel de jours avec les températures négatives (gèle) fourni par la station de Hassi F'doul

**Tableau I.9 : Nombre de jour de gelée**

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Annuel
Nombre de jours avec gèle	-	02	05	15	17	12	09	04	01	-	-	-	35.95

Source : Station météorologique de Hassi Fdoul (1990-2010)

Dans la zone considérée, les gelées peuvent avoir lieu aux mois de janvier et de mars ce qui représente un risque pour les cultures agricoles surtout en période de semis.

Les gelées peuvent avoir lieu durant les mois de novembre jusqu'au mois de avril, dont le plus grand nombre est enregistré en Janvier avec 17 jours de gelée.

### I.3.9 Le siroco

Le siroco peut être observé dans n'importe quel mois de l'année. C'est le vent sec et chaud qui assèche le sol et fait augmenter l'évapotranspiration des plantes et de ce fait il constitue un danger pour les cultures agricoles.

Le nombre de jours moyen de siroco pris d'après les données de la station météorologique de Hassi F'doul pour la période de 1990 – 2010, est indiqué dans le tableau suivant :

**Tableau I. 10 : Nombre de jours moyen mensuel de siroco**

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Annuel
Nombre de jours avec siroco	0.5	0.3	0	0	0.1	0.0	0.5	1	1.4	1.7	5.8	2	13.3

Source : Station météorologique de Hassi Fdoul (1990-2009)

Le tableau I.10 montre une période bien déterminée de l'année, qui s'étale du mois de Janvier à Octobre avec un nombre de jours moyen annuelle de 13.3 jours.

### I.3.10 La Neige

Le nombre moyen mensuel de jours avec de la neige tombante, selon les données de la station météo de Hassi F'doul pour une période de 20 ans (1990-2009), figure au tableau suivant :

**Tableau I.11 : Le nombre moyen mensuel de jours avec de la neige**

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Annuel
Nombre de jours avec de la neige	0.00	0.00	0.20	1.20	1.80	1.8	0.65	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00	5.95

Source : Station météorologique de Hassi Fdoul (1990-2009)

La neige peut tomber en période novembre – avril. Le plus souvent elle est observée en février et janvier. Le nombre moyen de jours avec de la neige tombante est de 5.95 jours par an.

### I.3.11 La grêle

Le nombre des jours de grêle est de 6.6 jours par an et se repartie comme l'indique le tableau au-dessus. La fréquence la plus élevés est relevé en décembre; février et mars

**Tableau I.12 : Nombre moyen mensuel de jours de grêle**

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Annuel
Nombre de jours de grêle	0.4	0.3	0.2	1.4	0.7	1.1	1.7	0.5	0.4	0.2	-	0.1	6.6

Source : Station météorologique de Hassi Fdoul (1990-2009)

Dans la zone étudiée le plus souvent il y a de la grêle au mois de mars. Le nombre moyen de jours où il y a de la grêle est de 6.6 jour par an.

#### I.4 Indices agro-météorologiques

La caractérisation du climat d'une zone donnée à l'aide d'indices ou de diagrammes permet de comparer les climats d'une région à l'autre. Ils prennent généralement en compte l'offre pluviométrique, la demande évaporatoire et les températures. Ceux qui sont les plus couramment utilisés sont les suivants :

##### I.4.1 Indice d'aridité annuel de De Martonne (1926)

Il nous permet de connaître le degré de sécheresse de la région. Il est fonction des températures et des précipitations ; il est calculé par la relation suivante :

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

I : indice d'aridité annuel

P : précipitations moyennes annuelles en mm.

T : températures moyennes annuelles en °C

Application :

P = 316.9mm

T = 14.59 °C

Ce qui donne :

$$I_A = 12.88$$

Suivant les valeurs de (I), **De Martonne** a établi la classification suivante :

**Tableau I.14 : Classification du climat selon Indice d'aridité de De Martonne**

Valeur de ( I <sub>A</sub> )	Type de climat	Irrigation
≤ 5	Hyperaride	Indispensable
5-7.5	Désertique	
7.5-10	Steppique	
10-20	Semi-aride	Souvent indispensable
20-30	Tempère	Parfois utile
≥30	Humide	Utile

Selon la classification De Martonne, notre climat est Semi-aride, ce qui rend l'irrigation nécessaire.



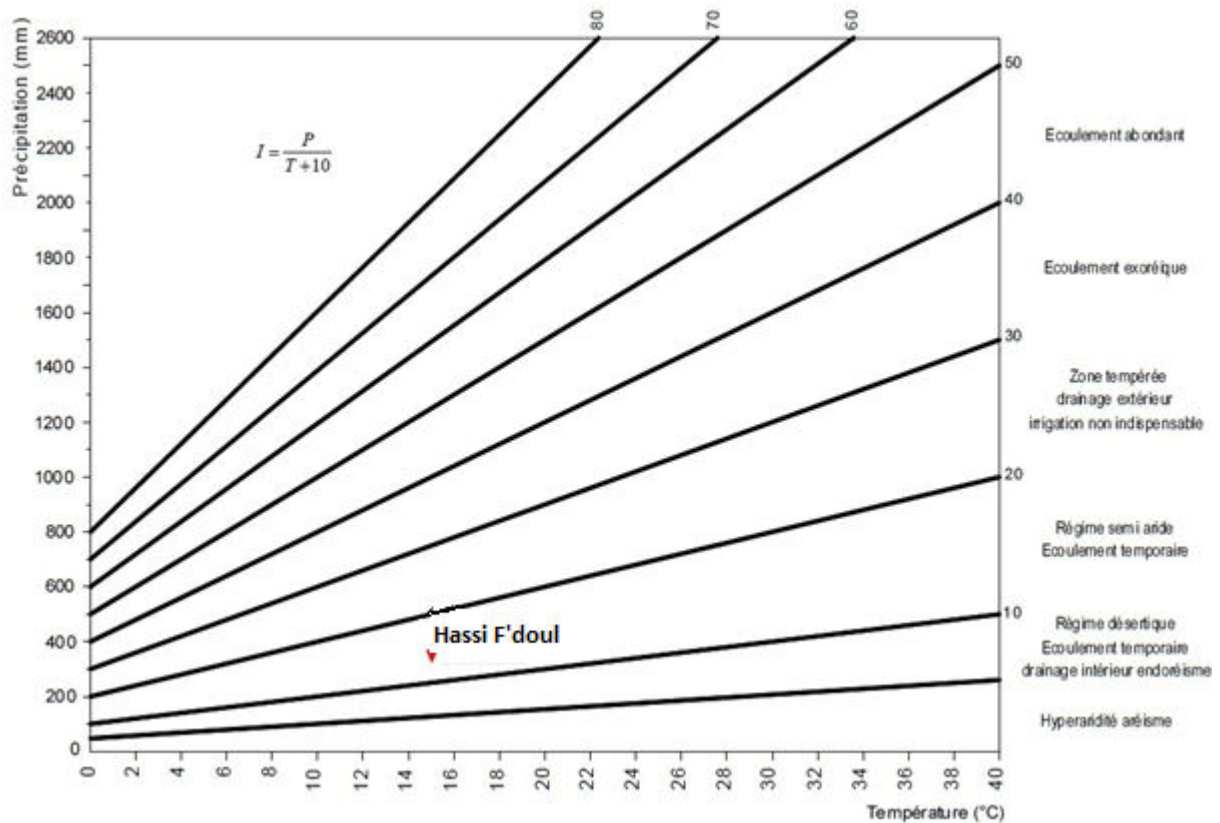


Figure I.10: Abaque de l'indice d'aridité annuel de De Martonne.

#### I.4.2 Quotient pluviothermique d'Emberger (1955)

Pour déterminer les climats de la zone méditerranéenne, **L. Emberger** a proposé la détermination d'un quotient pluviométrique  $Q_2$ , qui dépend des précipitations moyennes annuelles et des moyennes de températures minima et maxima, respectivement des mois le plus froid et le plus chaud. Il propose donc la formule suivante :

$$Q_2 = \frac{2000P}{M^2 - m^2} \quad (\text{I.3}) \quad \text{où}$$

P : précipitation moyenne annuelle (mm)

M : moyenne des maxima du mois le plus chaud (K°)

m : moyenne des minima du mois le plus froid (K°)

L'application numérique donne les résultats suivants :

P = 316.9 mm

M = 302.46 °K

m = 275.46 °K

Ce qui donne :

$$Q_2 = 40.62$$

Et on se référant au diagramme bioclimatique la valeur de  $Q_2$  situe notre zone permet de dire que le climat type semi-aride.

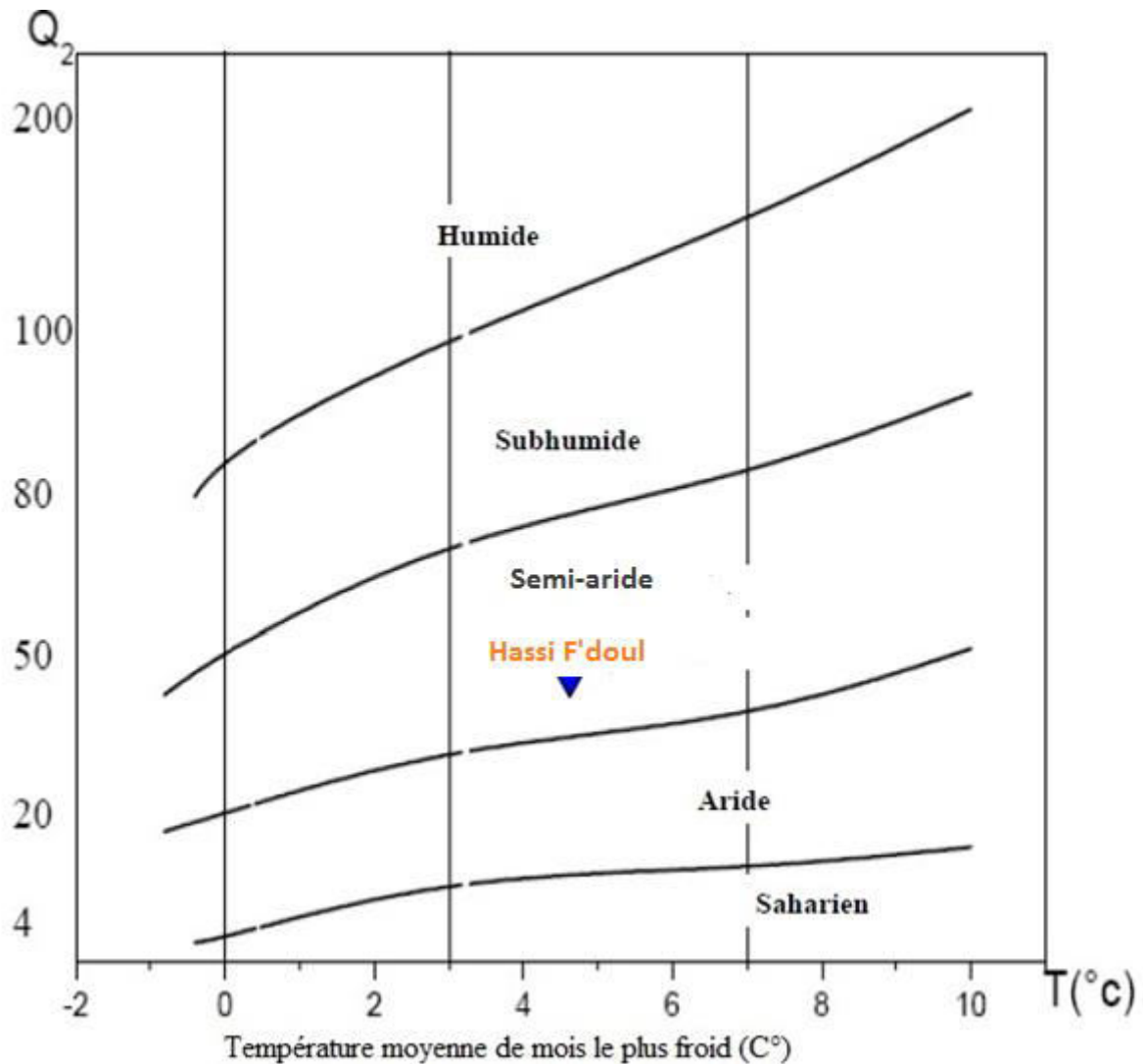


Figure I.11: Diagramme bioclimatique d'Emberger

### I.4.3 le diagramme ombro-thermique de Gaussen

Dans cet indice, on considère qu'un mois est sec quand le cumul des précipitations exprimées en millimètres est inférieure au double de la température, c'est à-dire quand le rapport  $P/T < 2$ , ce diagramme ombro-thermique permet la détermination de la période sèche.

Lorsque la courbe de précipitation passe au-dessous de la courbe de température, la période qui s'étale entre les points d'interactions des deux courbes correspond à la durée de la période sèche.

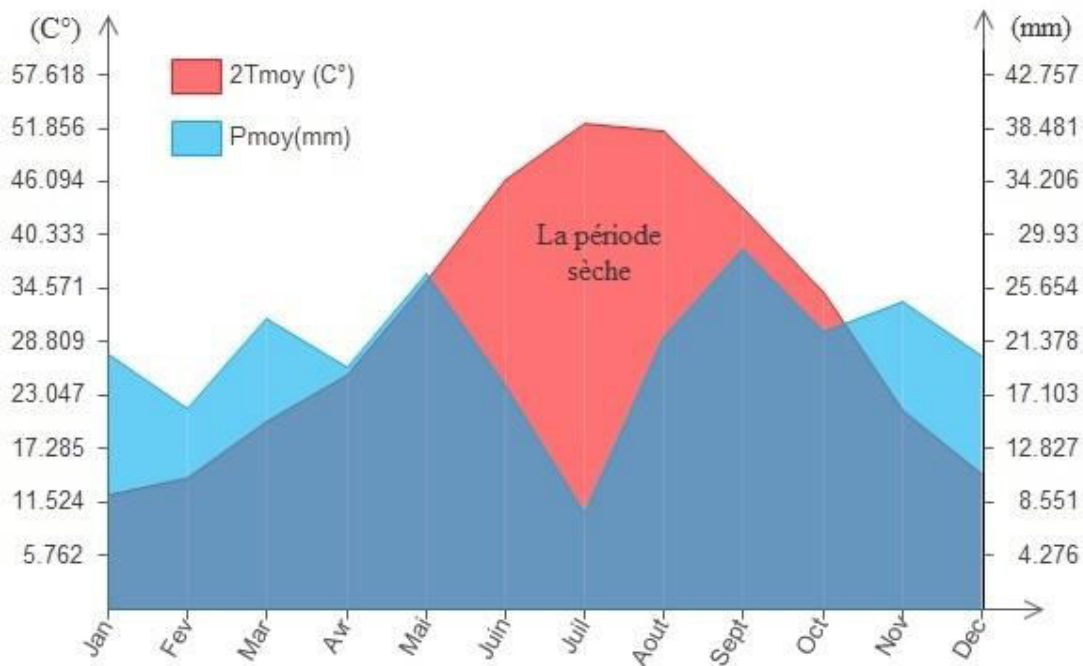


Figure I.12: Diagramme de Gaussen pour la zone du projet

Lorsque la courbe des températures dépasse celle des précipitations, il y'a sécheresse totale, dans le cas contraire on dit que la période est humide.

Une période sèche qui dure 7 mois allant du mois de mars jusqu'au début de mois d'octobre, et une période humide qui dure 5 mois allant du mois d'octobre jusqu'au mois de février.

#### I.4.5 Comparaison des indices climatiques

Sachant que les éléments climatiques les plus importants pour caractériser un climat sont les précipitations, les températures et l'évaporation ; les méthodes combinant ces éléments sont plus intéressantes que celles qui incluent un seul élément. Toutes ces méthodes ont qualifié le climat de la région d'étude comme étant semi-aride, ce qui est en conformité avec la carte des étages bioclimatiques, établie par l'Agence Nationale de l'Aménagement du Territoire (ANAT, 2004) (Figure I.14).

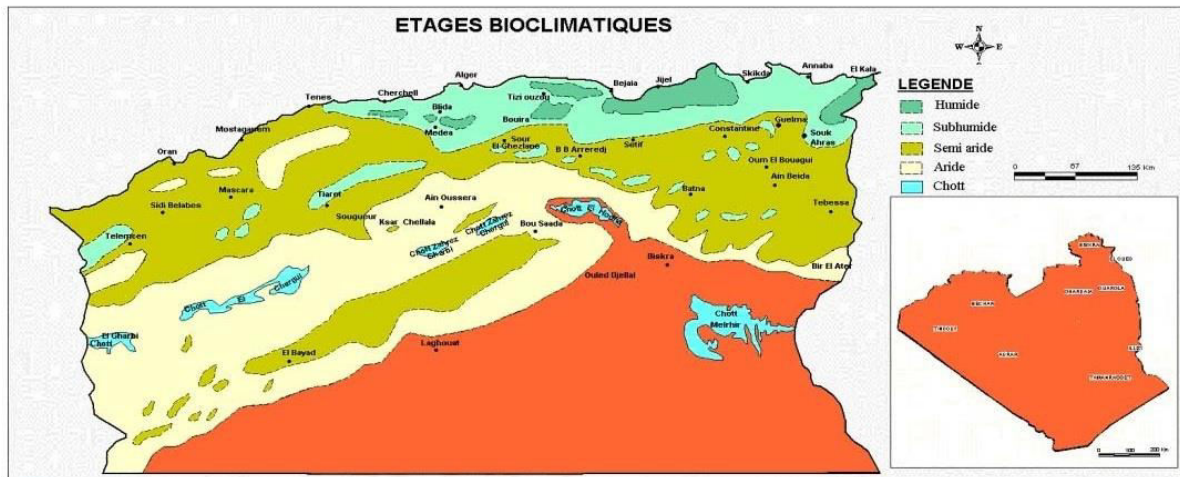


Figure I.13: Carte simplifiée des zones bioclimatiques de l'Algérie (ANAT,2004)

### I.5 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons traité les principales données qui nous aident à connaître les paramètres climatiques et météorologiques développés dans ce chapitre indiquent que la zone d'étude est relativement semi-aride.

La période pluvieuse débutera à partir du mois de novembre et se terminera au début de mois de mai. Le mois de juillet est le mois le plus sec.

L'introduction de l'irrigation est donc indispensable pour le développement des cultures et l'intensification de l'agriculture.

## **CHAPITRE II :**

### *Etude Agro-pédologique*

## CHAPITRE II : Etude Agro-pédologique

### II.1 Introduction

Le sol représente la couche extérieure ou supérieure de la surface dont la roche mère s'est fragmentée par altération au cours du temps sous l'action du climat, de l'activité végétale, animale ou humaine.

Le sol est le rapport de fixation des cultures, il est aussi un magasin d'eau et d'éléments minéraux. La capacité de ce réservoir est liée à sa composition granulométrique appelé texture. Associé à la structure, ces deux propriétés définissent plus ou moins la grande facilité de la circulation de l'eau et de l'air dans le sol.

### II.2 La pédologie du sol

Le but visé par la prospection pédologique, est d'obtenir une image représentative des divers types de sols et des horizons qui se trouvent sur l'emplacement où nous voulons établir des cultures, aussi tenter d'évaluer la capacité des sols du secteur étudié, d'assurer un bon développement végétatif des cultures envisagées et de valoriser économiquement l'investissement.

Pour l'irrigation, plusieurs caractéristiques doivent être prises en considérations, on peut citer notamment : la profondeur et la texture, la structure, les caractéristiques chimiques (PH, CE.....) qui influent sur l'éventail des possibilités culturales de la zone à irriguer.

La classification utilisée est celle en usage en Algérie par l'ANRH, les différentes catégories de sols reconnues dans la vallée de la zone d'étude repartissent entre les classes suivantes :

- ✓ **Sols peu évolués.**
- ✓ **Sols calcimagnésiques.**

#### II.2.1 Sols peu évolués :

Seule la sous-classe des sols peu évolués non climatiques est représentée par le groupe des sols peu évolués d'apport alluvial ces derniers sont formés sur les alluvions quaternaires. Ces sols occupent une superficie de 40% de la surface totale et s'étendent sur l'est de la zone d'étude du Nord jusqu'à la partie sud du périmètre.

- ✓ **Localisation :** ils se situent presque exclusivement le long de piedmont de l'atlas saharien dans les zones d'épandage des oueds.
- ✓ **Roche-mère :** il s'agit le plus souvent d'alluvions calcaires de texture extrêmement variables suivant les oueds et leurs situations dans la zone d'épandage (amont ou aval).

- ✓ **Végétation-occupation du sol** : la végétation naturelle est réduite grâce aux contraintes relevant des sols.

La description des profils pédologiques réalisés dans la zone d'étude a été effectuée par les services de l'ANRH. Elle se représente par 4 profils.

#### ❖ **Profils pédologiques des Sols peu évolués :**

Le profil pédologique est la topographie à un instant donné à l'évolution d'un sol, à partir des observations analytiques et en tenant compte de l'environnement.

Notre choix est porté donc sur la prise d'un échantillon correspondant à des profils Pédologiques permettant une meilleure appréhension des caractères physico-chimiques du sol de la zone d'étude, pour cela nous allons décrire les quatre profils caractérisant ce type de sol qui occupe environ de 40% de la totalité du surface agricole en question.

#### ➤ **Description du profil 1 :**

- ✓ **Date d'observation** : le 11 septembre 2009.
- ✓ **Topographie** : pente généralement faible microrelief espacés.
- ✓ **Végétation** : touffes d'alfa.

#### ➤ **Profondeur : 0 à120 cm :**

- ✓ Bruns ocre clair.
- ✓ Texture sableuse peu argileuse.
- ✓ Calcaire.
- ✓ Deux lits très peu épais d'argile limoneuse.
- ✓ Quelques taches blanches gypseuses.

Les résultats des analyses du profil numéro 1 sont donnés par le tableau II.1

**Tableau II.1 résultats d'analyse du profil 01**

Profondeur en (cm)	argile	Limons fins	STF(%)	Sable fins	Sable grossiers	PH	Calcaire total(%)	Matière organique(%)
0-50	10	5	1	35	6	9.2	6.8	1.15
50-120	11	7	1	19	8	8.4	7.9	0.45

Source : ANRH de DJELFA

**Noter bien** : le terme STF c'est la fraction du sable très fin.

Les résultats des analyses chimiques du sol du profil 01 sont donnés par le tableau II.2

Tableau II.2 : résultats des analyses chimiques du profil 01

Profondeur en (cm)	PH	Bilan ionique de l'extrait de saturation						
		Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	SO4 (mg/l)	Cl (mg/l)	Hco3 (mg/l)
0-50	8.2	11	5	9.2	1.3	13.6	30.1	3.1
50-120	8.4	17	10.2	9.8	1.35	10.52	37.4	2.7

Source : ANRH de DJELFA

Il en résulte des deux tableaux II.1 et II.2 que le sable fin est prédominant sur les autres constituants granulométriques. La présence de Cl et SO4 provoque la formation d'une couche imperméable donc le lessivage est important, l'inconvénient majeur des sols sableux, l'irrigation consomme beaucoup d'eau et d'énergie.

- **Mise en valeur**

Sous réserve d'effectuer des travaux de nivellement et de défrichage d'importance moyenne ces sols conviennent à toutes les cultures céréalières et en particulier à celles préférant les terres peu sableuses ou argileuses.

- **Description du profil 2 :**

- ✓ **Date d'observation :** le 11 septembre 2009.
- ✓ **Topographie** pente généralement faible microdunes espacées.
- ✓ **Végétation** d'alfa.

- **Profondeur :**

- ✓ **0-15 cm :** brun clair – texture limono-argileuse-structure nuciforme-cohérent-poreux-calcaire-racines.
- ✓ **15-30 cm :** brun jaune clair-texture limoneuse-structure fondue à tendance lamellaire – cohésion faible-calcaire-racines.
- ✓ **30-120 cm :** brun ocre clair-texture argileuse avec deux lits très peu épais limons-argileux-poreux-structure fondue-cohérence moyenne-calcaire et gypse.

Les résultats des analyses du profil numéro 2 sont donnés par le tableau II.3

Tableau II.3 résultats d'analyse du profil 02

Profondeur en (cm)	argile	Limons fins	STF(%)	Sable fins	Sable grossiers	PH	Calcaire total(%)	Matière organique(%)
0-50	10	5	1	49	6	9.2	6.8	1.15
50-120	11	7	1	22	7	8.4	7.9	0.45

Source : ANRH de DJELFA

**Noter bien :** le terme STF c'est la fraction du sable très fin.

Les résultats des analyses chimiques du sol du profil 01 sont donnés par le tableau II.4



Tableau II.4 : résultats des analyses chimiques du profil 02

Profondeur en (cm)	PH	Bilan ionique de l'extrait de saturation						
		Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	SO4 (mg/l)	Cl (mg/l)	Hco3 (mg/l)
0-50	8.2	11	5	9.2	1.3	13.6	30.1	3.1
50-120	8.4	17	10.2	10	0.53	10.52	32.9	2.7

Source : ANRH de DJELFA

- **Mise en valeur**

En éliminant les buttes sableuses par un nivellement de moyenne importance accompagné d'un défrichement, ces sols peuvent être irrigués et convenir à toutes les cultures céréalières.

- **Description du profil 3 :**

- ✓ **Date d'observation :** le 11 septembre 2009.
- ✓ **Topographie** pente généralement faible microdunes espacés.
- ✓ **Végétation** d'alfa.

- **Profondeur :**

- ✓ **0-15 cm :** brun clair –texture limono-argileuse-structure nuciforme-cohérent-poreux-calcaire-racines.
- ✓ **15-30 cm :** brun jaune clair-texture limoneuse-structure fondue a tendance lamellaire –cohésion faible-calcaire-racines.
- ✓ **30-120 cm :** brun ocre clair-texture sableuse argileuse avec deux lits très peu épais limons-argileux-poreux-structure fondue-cohéson moyenne-calcaire- gypse.

Les résultats des analyses du profil numéro 2 sont donnés par le tableau II.5

Tableau II.5 résultats d'analyse du profil 03

Profondeur en (cm)	argile	Limons fins	STF(%)	Sable fins	Sable grossiers	PH	Calcaire total(%)	Matière organique(%)
0-70	11	5.6	1	42.8	6.2	9.1	6.8	1.15
70-120	11.5	7	1	27	7	8.4	7.9	0.35

Source : ANRH de DJELFA

Les résultats des analyses chimiques du sol du profil 01 sont donnés par le tableau II.4

Tableau II.6 : résultats des analyses chimiques du profil 03

Profondeur en (cm)	PH	Bilan ionique de l'extrait de saturation						
		Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	SO4 (mg/l)	Cl (mg/l)	Hco3 (mg/l)
0-70	8.2	11.1	5.1	9.2	1.3	13.6	30.1	3.1
70-120	8.4	15	10.2	10	0.53	8.52	30	2.7

Source : ANRH DJELFA

D'après les résultats d'analyses des deux tableaux II.5 et II.6 indiquent une texture argilo-limoneuse à la base du deuxième horizon et cette zone est riche par des éléments chimiques.

D'une manière générale, la texture fine dès 45 cm devient très fine vers 80 cm, mais si la cohésion augmente, la porosité reste bonne. Il semble que la présence de gypse dans les horizons à texture lourde contribue à maintenir la structure et la porosité stables même lorsque la texture devient très fine.

- **Mise en valeur :**

La présence du deuxième horizon à texture fine à très fine contribue un obstacle à l'égard des racines des arbres sensibles aux sols lourds.

Après un défrichement préalable, ces sols conviennent légalement à toutes les cultures irriguées non arbustives et de préférence à celles adaptés au sol peu argileux.

- **Description du profil 4 :**

- ✓ **Date d'observation :** le 11 septembre 2009.
- ✓ **Topographie :** pente faible
- ✓ **Végétation :** d'alfa.
- ✓ **Occupation actuelle :** céréale

- **Profondeur :**

- ✓ **0-25 cm :** brun ocre –texture sableuse peu argileuse-structure fondue-cohérent faible- quelques lits fins limono-poreux-calcaire-racines.
- ✓ **25-90 cm :** brun clair-texture argileuse à argua -structure polyédrique –cohésion –calcaire.

Les résultats des analyses du profil numéro 4 sont donnés par le tableau II.7

**Tableau II.7 résultats d'analyse du profil 04**

Profondeur en (cm)	argile	Limons fins	STF(%)	Sable fins	Sable grossiers	PH	Calcaire total(%)	Matière organique(%)
0-25	16	21	1	7	12	8.6	9.35	1.49
25-90	11.5	7	1	77	7	8.4	7.9	0.35

Source : ANRH DJELFA

Les résultats des analyses chimiques du sol du profil 04 sont donnés par le tableau II.8

**Tableau II.8 : résultats des analyses chimiques du profil 04**

Profondeur en (cm)	PH	Bilan ionique de l'extrait de saturation						
		Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	SO4 (mg/l)	Cl (mg/l)	Hco3 (mg/l)
0-25	8.6	17	8.1	0.84	2.4	10	22.4	5.2
25-90	8.2	18	7.3	0.7	2.2	8	21	4.3

Source : ANRH DJELFA

### II.2.2 Sols calcimagnésiques

Ce type de sols est localisé dans des zones sur élevées et assez éloignées des cours d'eau. Ils reposent sur une croûte ou un encroûtement.

#### ❖ Profils pédologiques des sols calcimagnésiques carbonatés bruns calcaires à encroûtements peu profond :

Ils occupent une superficie soit 60% de notre zone d'étude et s'étend sur la partie ouest du périmètre, leur situation dans le paysage permet à ces sols de rester sains, ces derniers sont représentés par les profils 5 et 6.

##### ➤ Description du profil 5 :

- ✓ **Date d'observation** : le 11 septembre 2009.
- ✓ **Topographie** : pente très faible.
- ✓ **Végétation** : d'alfa.

##### ➤ Profondeur :

- ✓ **00 - 20 cm**: frais brun –sable limono -poreux-calcaire-racines.
- ✓ **20-40 cm** : frais brun beige clair-texture sableuse limoneuse peu différencié
- ✓ **40-80 cm** : Croûte calcaire consolidée.

Les résultats des analyses du profil numéro 5 sont donnés par le tableau II.9

**Tableau II.9 résultats d'analyse du profil 05**

Profondeur en (cm)	argile	Limons fins	STF(%)	Sable fins	Sable grossiers	PH	Calcaire total(%)	Matière organique(%)
0-40	20	21	1	44	3	7.3	9.35	6.21
40-80	30	36	1	9	0.9	7.1	7.9	6.71

Source : ANRH DJELFA

Les résultats des analyses chimiques du sol du profil 04 sont donnés par le tableau II.10

**Tableau II.10 : résultats des analyses chimiques du profil 04**

Profondeur en (cm)	PH	Bilan ionique de l'extrait de saturation						
		Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	SO4 (mg/l)	Cl (mg/l)	Hco3 (mg/l)
0-25	7.5	30	13.8	5.6	1.7	6.7	40.4	1.9
25-90	7.1	27	7.3	3.4	1	5	39	2

Source : ANRH DJELFA

##### ➤ Description du profil 6:

- ✓ **Date d'observation** : le 11 septembre 2009.
- ✓ **Topographie** : pente très faible.
- ✓ **Végétation** : d'alfa.

➤ **Profondeur :**

- ✓ **00 - 30cm:** frais brun –texture équilibrée-structure grenue friable-poreux –racine fines.
- ✓ **30-80 :** Croûte calcaire consolidée, cohérent assez compact.

Les résultats des analyses du profile numéro 6 sont donnés par le tableau II.11

**Tableau II.11 résultats d'analyse du profile 06**

Profondeur en (cm)	argile	Limons fins	STF(%)	Sable fins	Sable grossiers	PH	Calcaire total(%)	Matière organique(%)
0-30	32	16	1	30	10	8.15	20	1.31
30-80	22	12	1	14	0.9	8.32	22.14	1.68

Source : ANRH DJELFA

Les résultats des analyses chimiques du sol du profile 06 sont donnés par le tableau II.12

**Tableau II.12: résultats des analyses chimiques du profile 06**

Profondeur en (cm)	PH	Bilan ionique de l'extrait de saturation						
		Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	SO4 (mg/l)	Cl (mg/l)	Hco3 (mg/l)
0-30	8.1	10	3.45	0.9	1.4	6.7	31.2	1.9
30-80	8.1	12	3.4	1.4	1	5	26	2

Source : ANRH DJELFA

**Tableau II.13 : conductivité électrique**

P (cm)	0-50	50-100	100-150
CE (mmhos /cm)	3.5	3.6	1.98

Source : ANRH DJELFA

- **Mise en valeur :**

Après un défrichement préalable, ces sols conviennent légalement à toutes les cultures irriguées arbustives (pêcher) et de préférence à celles adaptés au sol calcimagnésiques peu argileux.

### *II.3 Les contraintes édaphiques à la mise en valeur*

L'étude pédologique a mis en évidence certains paramètres édaphique du sol qui qui agissent sur la croissance des végétaux. Il s'agit principalement du taux de calcaire, de la texture, de la salure et de l'Acidité (pH).

#### *II.3.1 Le taux du calcaire*

Les fiches analytiques ont montré les sols du périmètre renferment un taux élevé de calcaire élevé. Ce qui constitue une contrainte majeure pour les cultures arboricoles. La gamme des cultures maraichères se trouve également réduite. Les cultures céréalières et fourragères supportent mieux les terres calcaires. L'aptitude des sols à l'irrigation dépendra alors de la profondeur et de sa concentration en calcaires.

### ***II.3.2 La salure***

Les sols du périmètre sont localement atteints par la salure où on a enregistré en bas de certains profils des valeurs supérieures à 2 mmhos/cm. Ce qui représente une alerte et une mise en garde afin de prendre au sérieux ce paramètre et de surveiller son évolution sous irrigation.

### ***II.3.3 Acidité***

L'acidité d'un sol, caractérisée par son pH. Les valeurs du pH des profils analysés virent en totalité vers l'alcalinité (pH dépassant souvent la barre de 8) ce qui décline l'aptitude des sols à l'irrigation.

### ***II.4 Etude des aptitudes culturales***

Les zones homogènes ont été délimitées sur la carte en faisant la synthèse de la carte des aptitudes culturales en irrigué, la répartition de ces zones a été effectuée selon :

- ✓ Leur aptitude aux cultures en irrigué.
- ✓ Les problèmes que pose-leur en valeur.
- ✓ La nature des travaux et aménagements indispensables ou recommandés.

D'après les résultats recueillis de l'étude pédologique ainsi les caractéristiques climatiques de la zones d'étude ; les cultures à mettre en place sont :

#### ***II.4.1 Les cultures céréalières et fourragères***

Actuellement ce sont les principales spéculations pratiquées. Les conditions du milieu sont relativement favorables pour les cultures céréalières et fourragères ; une seule aptitude est définie :

C11: Aptitude bonne pour toutes les cultures céréalières et fourragères, et moyenne pour la luzerne.

#### ***II.4.2 Les cultures maraichères***

M15 : Aptitude bonne pour artichaut, oignon, navet, choux, épinard et laitue et moyenne pour : tomate, ail, aubergine, pastèque, melon, piment, poivron, haricot, concombre et pois.


Il serait difficile, d'entreprendre les cultures de nouvelle variété, notamment certaines cultures maraichères.

#### ***II.4.3 Les cultures arboricoles***

B21 : Aptitude bonne pour abricotier sur franc, olivier, et figuier.

Il serait difficile d'entreprendre les cultures de nouvelles variétés, notamment certains arbres fruitiers ainsi que certaines cultures industrielles.

Tableau II.14 : calendrier des principales cultures préconisées

Culture	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
Bersim												
Avoine												
Blé dur- Orge												
Haricot, vert												
Oignon sec												
Pêcher												
 Période de semis-plantation jusqu'au début de période de récolte												

Le calendrier culturel choisi, permet de diversifier les cultures, leur irrigation permettra d'intensifier leurs rendements, ce qui nous conduit vers un développement économique important pour la région de Hassi f'doul .

Tableau II.15 : Les pourcentages proposés aux différentes cultures

N° de la parcelle	culture	Superficie (ha)	Pourcentage %
1	<b>Pêcher</b>	<b>10.49</b>	<b>53.26</b>
2		<b>8.76</b>	
3		<b>10.19</b>	
4		<b>7.31</b>	
5		<b>8.34</b>	
6		<b>9.83</b>	
7	<b>Bersim</b>	<b>9.75</b>	<b>9.46</b>
8	<b>Haricot-verte</b>	<b>6.29</b>	<b>6.1</b>
9	<b>Avoine</b>	<b>5.62</b>	<b>5.45</b>
10	<b>Oignon-sec</b>	<b>10.18</b>	<b>9.87</b>
11	<b>Blé dur-Orge</b>	<b>16.35</b>	<b>15.86</b>
12			
<b>Totale</b>		<b>103.11</b>	<b>100</b>

### II.5 L'eau dans le sol :

Les cultures se développent, puisent du sol l'eau et les éléments nutritifs, mais la quantité d'eau donnée à la culture n'est pas entièrement absorbée par la culture, une partie percole et se perd en profondeur, pour cela il ne faut pas espérer faire des économies d'eau sur les besoins intrinsèques des plantes cultivées, car leur vie toute entière est basée sur un énorme gaspillage d'eau.

L'objectif est d'établir un bilan hydrique pour la détermination des besoins en eau des cultures.

**II.5.1 La réserve utile en eau RU**

C'est La quantité d'eau du sol retenue entre la capacité de rétention et le point de flétrissement permanent constitue la quantité d'eau disponible pour les plantes, notée RU. On l'exprime en millimètre d'eau par centimètre du sol.

En l'absence de mesures de la capacité de rétention et du point de flétrissement, on peut également estimer la RU soit à partir des analyses de sol, soit à partir de données moyennes acceptées.

**II.5.2 La réserve facilement utilisable RFU**

La réserve utile c'est la quantité d'eau contenue dans la tranche de sol explorée par les racines, entre le point de ressuage et le point de flétrissement.

Mais les plantes ayant d'autant plus de mal à extraire l'eau que l'humidité s'approche du point de flétrissement, on nomme Réserve Facilement Utilisable (RFU).la quantité d'eau égale à 1/3ou 2/3 de la RU (SOLTNER, 1986) ;

On considère généralement que la RFU correspond au 2/3 de la réserve Utile(RU) On obtient donc :

$$RFU (m_3/Ha) = 4500 \times y \times h \times Hr \times da \dots\dots\dots (II.1)$$

(Clément et Galand, 1979)

**y = 2/3**

**da=1.1 g.cm-3** Densité apparente du sol g.cm-3

**h :** Profondeur d'enracinement(m)

**Hrf =6.5%** donnée représente la différence entre l'humidité pondérale à la capacité de la rétention et l'humidité pondérale au point de flétrissement (%)

Donc l'application numérique nous donne :

$$RFU = 214.5 \times h$$

### *II.6 Conclusion*

Ce chapitre a été consacré pour l'analyse agro-pédologique de la zone d'étude, les sols appartiennent aux classes présentent des potentialités de mis en valeur importante.

Les surfaces de la zone d'étude sont occupées par deux classes importantes :

- ✓ Classe des sols peu évolués.
- ✓ Classe des sols calcimagnésiques.

Les contraintes édaphiques recensées sont principalement le taux de calcaire élevé et la texture fine.

Il s'est avéré que certains espèces arbustives notamment l'amandier, l'olivier et pêcher peuvent cultiver dans cette zone, nous avons opter dans notre projet d'implanter ces variétés d'arbre bien étendu certains avec des travaux au préalable (rooter, labours défrichage....etc) afin d'augmenter la profondeur du sol.

Les cultures auront donc de doubles objectifs :

- ✓ L'alimentation en fruit et les légumes de la région.
- ✓ Lutte contre l'érosion et l'effet désertique cela dit en passant par l'installation d'un brise vent (champs d'arbres) qui va nous apporter par la suite des amendements organiques ainsi une fertilisation minérale.



## **CHAPITRE III :**

### *Analyse des ressources en eau*

## CHAPITRE III : Analyse des ressources en eau

### III.1 Introduction

Avant d'entamer une étude d'aménagement hydro-agricole, il est strictement indispensable de localiser et de quantifier l'eau nécessaire à l'irrigation, par conséquent on va présenter les ressources en eau qui peuvent alimenter notre zone d'étude.

Dans notre région existe deux types de ressources hydriques, eaux souterraines Présentant sous forme des nappes, nappes phréatique profondes et nappes calcaires, et des eaux superficielles c'est les eaux d'oueds Mellah et Hajia.

### III.2 Ressources en eau disponibles

#### III.2.1 Ressources superficielles

Les eaux superficielles sont insignifiantes compte tenu de l'absence de barrages et de retenues collinaires importantes en dehors de celles résumées dans le tableau 3.

**Tableau 01 montre les ressources superficielles dans la wilaya de djelfa**

Commune	Capacité annuelle (Hm <sup>3</sup> )
Charef (Hadjiaa)	1.87
Taâdmit (Toukersane)	1.54
Gorita et Deldoul	1.1
Kalane	0.60
Kourirech	2.30
Oued Boutreifis	0.40
Chebaïka	0.04
Oued El Kirane	0.04
Total	7.89

Source :ANARH DJELFA

#### III.2.2 Ressources souterraines

On distingue :

- ✓ Les nappes aquifères renouvelables qui sont alimentées par l'infiltration des eaux de pluies, la fonte des neiges et les écoulements d'oueds (alluvions quaternaire).
- ✓ Les nappes turoniennes formées, essentiellement, de calcaire avec quelques alternances marneuses vers le sommet.
- ✓ Les nappes aquifères faiblement ou non renouvelables, dites fossiles (cas de l'Albien).
- ✓ Des grès plus ou moins consolidés du Barrémien dans la plaine de Ain Oussera, le plateau du Sersou, le syndical de Djelfa.

Les eaux souterraines les plus connues sont celles de la plaine d'Ain Oussera, le synclinal de Djelfa et les nappes du Zahrez (tableau 4).

**Tableau 02 montre les nappes souterraines existantes dans la wilaya de djelfa**

Dénomination	Quantité potentielle	Quantité estimée mobilisable	Quantité mobilisée
Nappe d'Ain Oussera	55	31	30.05
Nappe de Oued Touil	50	40	38.45
Synclinal de Djelfa	40	30	29.19
Nappes du Zahrez	140	70	69.00
Total	235	171	166.69

Source : ANRH DJELFA

En résumé que l'eau disponible pour notre région est celle de l'eau souterraine provient essentiellement des forages qui disposent du 70 l/s comme débit répartis comme suit : 44.3 l/s ,11 l/s, 14.7 l/s

### III.3 Etude de la qualité de l'eau d'irrigation

Lors d'un aménagement hydro-agricole, il est impératif que l'eau exploitée pour l'irrigation accomplisse certaines conditions qui garantissent le bon développement des plantes, afin d'éviter les impacts négatifs sur l'environnement en particulier la salinisation des sols qui est le principal risque encouru par les terrains irrigués.

La qualité d'eau dépend des certains facteurs :

- ✓ La concentration totale en sels dissous.
- ✓ Le rapport de Sodium par rapport aux autres cations.
- ✓ La présence de Bore et d'autres éléments toxiques.

Suivant l'analyse physico-chimique effectuée aux échantillons prélevés à partir du forage prévu pour l'alimentation de la parcelle ,le tableau montre les caractéristiques suivants :

**Tableau 03 l'analyse chimique de l'eau prévue pour l'irrigation**

Eléments	Valeurs	
Ca <sup>2+</sup>	190 mg.l <sup>-1</sup>	9.5 méq.l <sup>-1</sup>
Mg <sup>2+</sup>	107 mg.l <sup>-1</sup>	8.56 méq.l <sup>-1</sup>
Na <sup>+</sup>	334 mg.l <sup>-1</sup>	14.83 méq.l <sup>-1</sup>
B	17.7 mg.l <sup>-1</sup>	00.44 méq.l <sup>-1</sup>
HCO <sub>3</sub>	304 mg.l <sup>-1</sup>	05.05 méq.l <sup>-1</sup>
CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	268 mg.l <sup>-1</sup>	4.51 méq.l <sup>-1</sup>
CL <sup>-</sup>	16.37 mg.l <sup>-1</sup>	4.8 méq.l <sup>-1</sup>
Conductivité électrique CE à 25 C°	2.21 mmhos.cm <sup>-1</sup>	
pH	8.01	
SAR	4.83	

Source : ANRH DJELFA

### III.3.1 Les limites admissibles

La classification des eaux suivant la qualité chimique a été établie selon le diagramme de classification des eaux d'irrigation, en fonction de deux paramètres, celui de la conductivité électrique CE, et le rapport d'absorption du Sodium SAR et le carbonate de sodium résiduel RSC.

#### ✓ La conductivité électrique

La conductivité électrique est une propriété associée à la mobilité des ions, elle est mesurée à

25°C et exprimée en mmhos/cm.

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

**Tableau 04** : Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique

<i>Classe</i>	<i>Conductivité électrique CE (mmhos/cm) à 25°C</i>	<i>Qualité des eaux</i>
C1	$CE \leq 0,25$	<i>Eau de risque faible</i>
C2	$0,25 < CE \leq 0,75$	<i>Eau de risque moyen</i>
C3	$0,75 < CE \leq 2,25$	<i>Eau de risque élevé</i>
C4	$CE > 2,25$	<i>Eau de risque très élevé</i>

#### Noter bien que :

C1 : convient pour toutes les cultures.

C2 : convient pour les plantes moyennement tolérantes.

C3 : ne convient qu'à des sols bien drainés et des plantes tolérantes.

C4 : eau difficilement utilisable sur sol bien drainé.

En ce qui concerne l'eau d'irrigation de notre parcelle c'est de 2.21 mmho/cm, alors il est de classe C3.

**C3 (0,75 à 2,25 dS·m<sup>-1</sup>) eau moyennement à fortement salée** sera seulement utilisée sur des sols de bonne à moyenne perméabilité. Des lessivages réguliers sont souvent nécessaires pour prévenir une salinisation des sols.

Des contrôles de salinité des sols seront effectués régulièrement et des cultures moyennement à fortement tolérantes à la salinité seront sélectionnées.

Quand on utilise des eaux salées pour irriguer, il est déconseillé de réduire les doses, dans le but de diminuer la quantité de sels apportée dans le sol. Il en résulte une concentration des substances nocives dans la zone des racines des plantes.

Par contre la meilleure technique consiste à forcer la dose d'eau afin d'entraîner les sels hors de portée des racines. Un drain peut permettre leur évacuation, si le drainage naturel est insuffisant.

✓ **Le SAR (Sodium Absorption Ration)**

L'analyse doit comporter un bilan ionique et le calcul du ratio(SAR) .il s'agit de l'estimation de la prédominance de l'ion Na par rapport à deux autres cations (Ca et Mg).même dans le cas de faible salinité totale, une concentration excessive en sodium (risque alcalin)peut provoquer la dispersion des minéraux argileux et entrainer une dégradation de la structure du sol. Le risque alcalin est caractérisé par le rapport d'adsorption du sodium qui met en rapport les concentrations en sodium (facteur de dispersion) et en calcium et magnésium (agent de floculation).

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

$$D'ou \quad S.A.R = \frac{14.52}{\sqrt{\frac{8.56 + 9.5}{2}}} = 4.83$$

Les valeurs élevées de SAR font augmenter le risque d'alcalinisation du sol comme suit :

**Tableau 05 :** Classification des eaux en fonction du S.A.R

<i>Classe</i>	<i>S.A.R.</i>	<i>Danger d'alcalinisation</i>
<i>S<sub>1</sub></i>	<i>SAR ≤ 10</i>	<i>Risque faible</i>
<i>S<sub>2</sub></i>	<i>10 &lt; SAR ≤ 18</i>	<i>Risque moyen</i>
<i>S<sub>3</sub></i>	<i>18 &lt; SAR ≤ 26</i>	<i>Risque élevé</i>
<i>S<sub>4</sub></i>	<i>SAR &gt; 26</i>	<i>Risque très élevé</i>

On réfère au diagramme de classification des eaux d'irrigation (ANNEXE 3.), on peut affirmer que notre eau est caractérisée par une salinité élevé avec un degré d'alcalinité faible (C3- S1).

**La classe S1 (0 < SAR < 10) eau faible en sodium**, elle peut être utilisée sur presque tous les sols avec un faible danger d'accumulation de quantité nocive de sodium échangeable ; très peu de danger d'alcalinisation.

On réfère au diagramme de classification des eaux d'irrigation (ANNEXE 3.), on peut affirmer que notre eau est caractérisée par une salinité élevé avec un degré d'alcalinité faible (C3- S1).

Pour obtenir une classification des eaux d'irrigation-salinité et SAR, on peut se référer au diagramme de la figure III.3 proposé par l'US Salinity Laboratory.

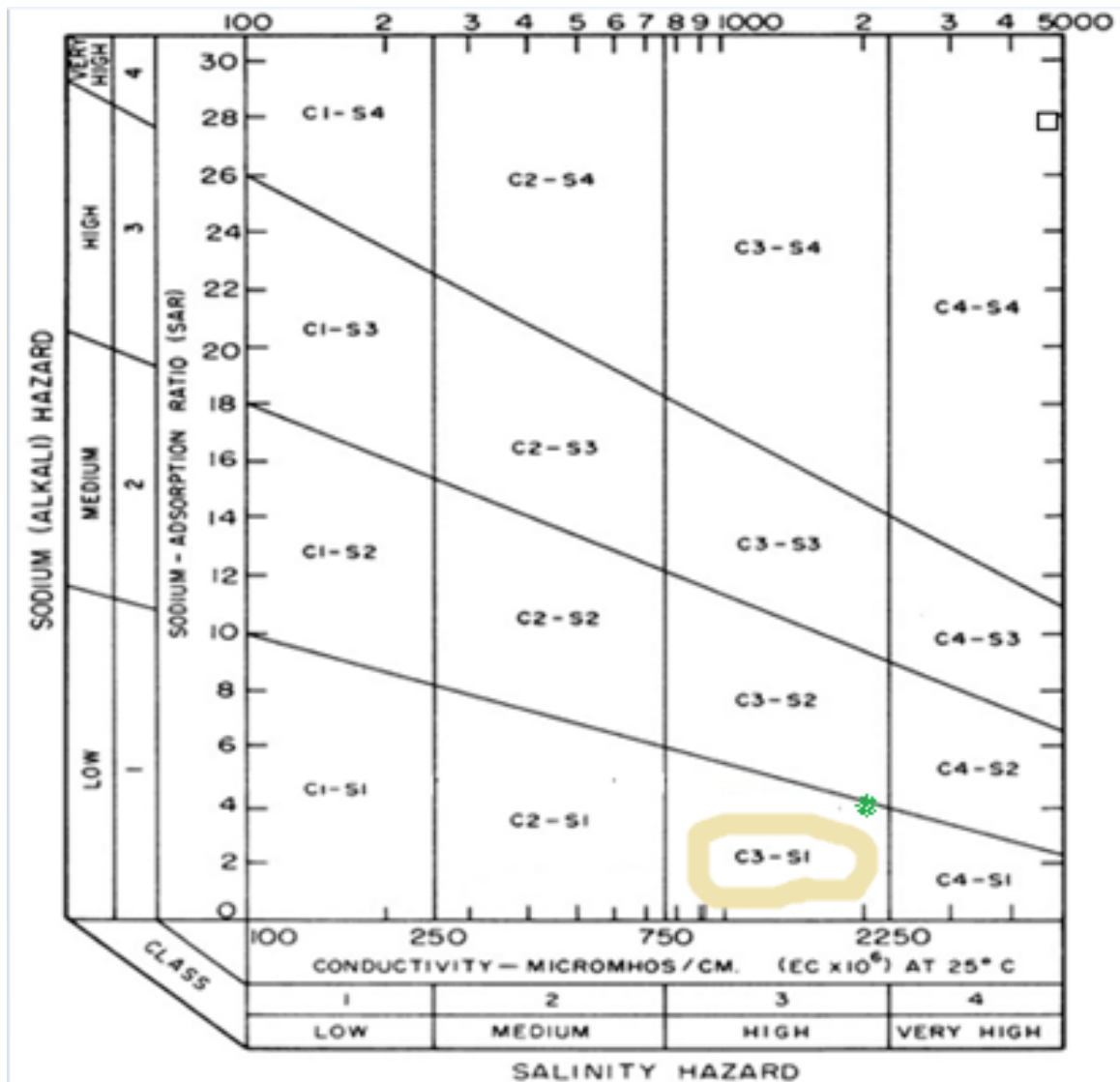


Figure III.1 : Diagramme pour déterminer la qualité évaluée d'une eau d'irrigation à partir de son coefficient d'absorption du sodium (SAR) et de sa conductivité électrique (US salinity Laboratory Staff, 1953)

✓ Carbonate de sodium résiduel (RSC)

Le RSC se calcule grâce à l'équation suivante:

$$RSC = (CO_3^{--} + HCO_3^-) - (Ca^{2++} + Mg^{+2})$$

C'est un autre moyen de calculer la teneur en sodium grâce au Mg et au Ca. Cette valeur peu apparaître dans certains rapports d'analyse d'eau.

Si le RSC < 1.25, l'eau peut être utilisée pour l'irrigation.

Si le RSC > 1.25, l'eau n'est pas appropriée à l'irrigation.

D'où :  $RSC = (5.05 + 4.51) - (8.56 + 9.5) = - 8.5 < 1.25$

Alors en appuyant à ce résultat et les autres cités ci-après l'eau prévue est utilisable pour l'irrigation.

### III.4 Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique

L'homogénéisation des données est une analyse statistique de l'information aidant à une prise de décision conséquente. Pour vérifier l'homogénéité de la série pluviométrique on procède au test de **Mood** la vérification de l'homogénéité d'une série pluviométrique par cette méthode repose sur le procédé ci-dessous:

- ✓ Soit un échantillon  $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$  ; déterminons sa médiane. La médiane  $M$  est le nombre qui sépare la série (ordonnée en valeurs croissantes) en deux groupes de même effectif. C'est un paramètre de position de la série.
- ✓ Pour les valeurs inférieures à la médiane sont codés comme "0". ceux qui sont supérieurs, sont codés comme "1". Les valeurs égales à la médiane ne sont pas utilisées dans l'analyse.
- ✓ Soit "  $N$  " la taille de l'échantillon,  $N_S$  Le nombre totale de séries de "1" ou "0" et  $T_S$  la taille de la plus grande série de "1" ou "0" .
- ✓  $N_S$  suit approximativement une loi normale et  $T_S$  suit approximativement une loi binomiale.

Ceci a permis d'établir que pour un niveau de signification (le risque)  $\alpha = 5\%$ , les conditions du test sont les suivantes :

$$N_S > 0,5 \left( N + 1 - \mu_{1-\frac{\alpha}{2}} \sqrt{N + 1} \right) \quad (III.2) \text{ où}$$

$\mu_{1-\frac{\alpha}{2}}$  Le variable réduite gaussienne de risque  $\alpha = 5\%$ ,  $\mu_{0.975} = 1.96$  ;

$$T_S < 3,3 \log_{10}(N + 1) \quad (III.3)$$

Tableau 06 : Test de Mood pour la station de Meskiana

Année	Précipitation	0 ou 1
94/95	344,8	1
95/96	352,5	1
96/97	270,2	0
97/98	291,4	0
98/99	371	1
99/00	285,1	0
00/01	438,8	1
01/02	441	1
02/03	190	0
03/04	295,7	1
04/05	232,6	0
05/06	244,9	0
06/07	219	0
07/08	295,3	0
08/09	437,7	1
09/10	284,6	0
10/11	412,8	1
11/12	258,1	0
12/13	371,1	1
13/14	301	1

**La médiane :**

$$0,5 (25 + 1 - 1.96\sqrt{25 + 1}) = 6.01 < N_S$$

$$3,3 \log_{10}(20 + 1) = 4.36 > T_S$$

La condition de **Mood** est vérifiée, donc la série des précipitations moyennes annuelle de la station de **Hassi f'doul** est homogène.

### III.5 Choix des lois de probabilités

Les précipitations sont mesurées ponctuellement mais c'est un phénomène organisé dans l'espace et qui présente une certaine cohérence et homogénéité, compte tenu de l'effet du relief, alors que ce n'est pas le cas de débits à l'exutoire de bassins versants.



Il existe en hydrologie un arsenal fort important de loi de probabilité. Deux fonctions de répartition fournissent une excellente approximation de la distribution empirique des pluies qui garantit le meilleur ajustement possible:

- ✓ Loi de Gauss (loi Normale).
- ✓ Loi de Galton (loi log –Normale).

**III.5.1 Ajustement à la loi de Gauss (loi Normale)**

C'est la loi normale la mieux connue et la plus étudiée des lois de probabilités usuelles. Est caractérisée uniquement par la moyenne et l'écart-type. Sa fonction de densité de probabilité est :

$$F(x) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u e^{-\frac{u^2}{2}} du \quad (III.4)$$

$$u = \frac{P - \bar{P}}{2} \quad (III.5)$$

*u* : La variable réduite de Gauss.

L'ajustement des pluies annuelles par cette loi repose sur le procédé ci-dessous :

- ✓ On calcul les caractéristiques empiriques de la série, la moyenne  $\bar{P}$  et l'écart-type  $\sigma$ .
- ✓ Trier les valeurs dans l'ordre croissant et attribuer un rang à chaque valeur.
- ✓ Calcul de la fréquence empirique de (Hazen, équation (III.6)). pour chaque rang (*r*).

$$F(P_r) = \frac{r-0.5}{n} \quad (III.6)$$

- ✓ Calcul de la variable réduite « *u* » du Gauss (équation (III.5)).
- ✓ Représentation graphique des couples ( $F_i, P_i$ ) de la série sur un papier gaussien.
- ✓ Ajustement d'une relation linéaire selon l'équation de Henry,  $P_{\%} = \bar{P} + \sigma \cdot u_{\%}$  (III.7).
- ✓ On Calcul les quantiles et les intervalles de confiance de différents périodes de retour.

Les résultats obtenus à partir du logiciel HYFRAN sont présentés dans le tableau et la figure ci-dessous :

**Tableau 07 Les quantiles de période de retour 10, 20, 50, 100 et 1000 ans**

T	Fréquence (AND)	PT	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)
10	0.900	414	23.1	368 – 459
20	0.950	441	26.4	389 – 493
50	0.980	472	30.4	413 – 532
100	0.990	493	33.3	428 – 558
1000	0.999	551	41.6	469 – 632

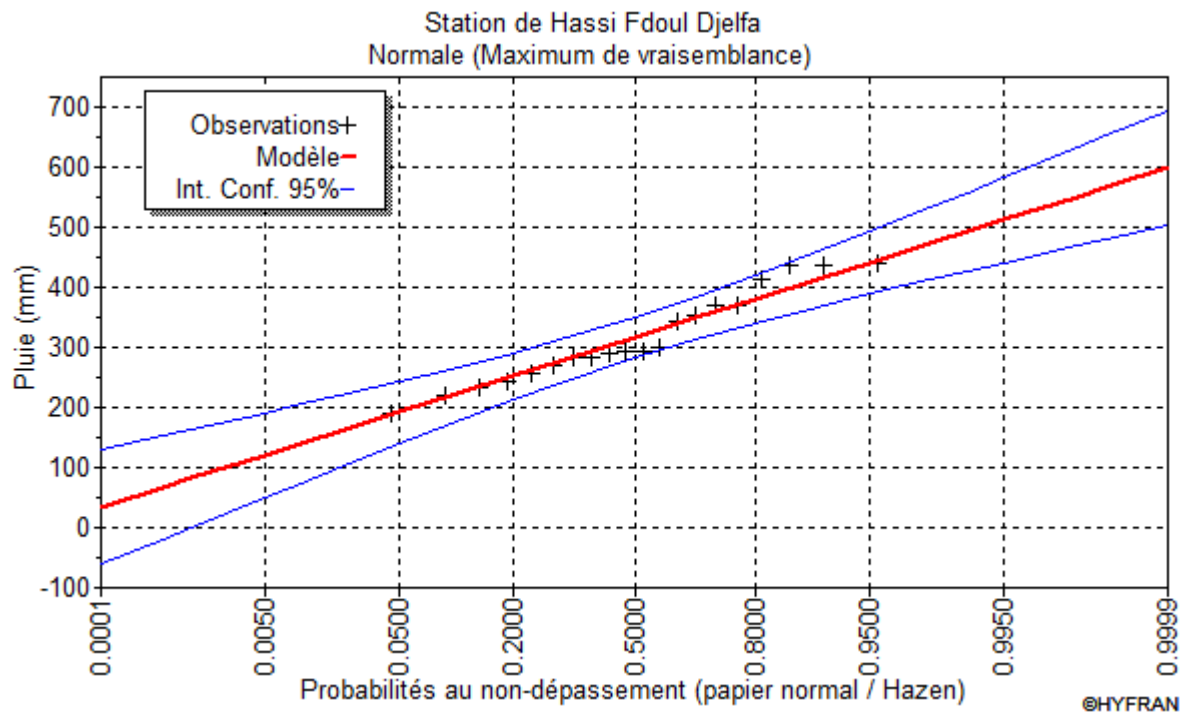


Figure III.2 : Ajustement graphique pour les pluies à une loi de Gauss

### III.5.2 Ajustement à la loi de Galton (loi log –Normale)

Un modèle fréquentiel très souvent utilisé pour décrire le comportement statistique des valeurs extrêmes est la distribution statistique de Galton, La fonction de répartition de la loi de Galton  $F(x)$  s'exprime de la manière suivante :

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_u^{+\infty} e^{-\frac{u^2}{2}} du \quad (III.4)$$

$u$  La variable réduite de Gauss  $u = \frac{Y_i - \bar{Y}}{\sigma_y}$  où

$$Y_i = \log(P_i) \quad (III.8)$$

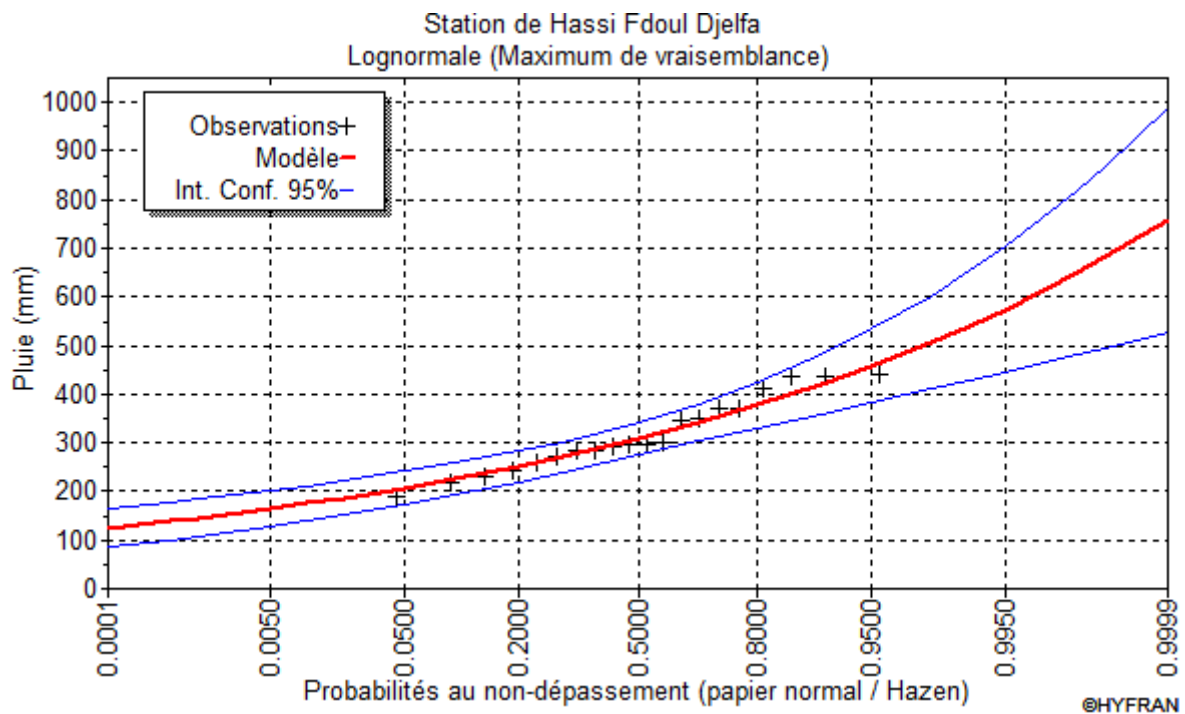
L'ajustement des pluies annuelles par cette loi repose sur le procédé ci-dessous :

- ✓ On calcul les caractéristiques empiriques de la série, la moyenne  $\bar{Y}$  et l'écart-type  $\sigma_y$ .
- ✓ Trier les valeurs dans l'ordre croissant et attribuer un rang à chaque valeur.
- ✓ Calcul de la fréquence empirique de (Hazen, équation (III.6)).
- ✓ Calcul de la variable réduite «  $u$  » du Gauss (équation (III.5)).
- ✓ Représentation graphique des couples  $(F_i, P_i)$  de la série sur un papier log-normal.
- ✓ Ajustement d'une relation linéaire selon l'équation de Galton  $P_{0\%} = 10^{\overline{\log(p)} + \sigma_y \log(u)}$  (III.9)
- ✓ On Calcul les quantiles et les intervalles de confiance de différents périodes de retour.

Les résultats obtenus à partir du logiciel HYFRAN sont présentés dans le tableau et la figure ci-dessous :

**Tableau 08 Les quantiles de période de retour 10, 20, 50, 100 et 1000 ans**

T	Fréquence (AND)	PT	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)
10	0.900	420	31	359 – 481
20	0.950	458	38.6	383 – 534
50	0.980	506	49.1	410 – 602
100	0.990	541	57.4	428 – 653
1000	0.999	650	86.4	481 – 820



**Figure III.3 : Ajustement graphique pour les pluies à une loi de Galton sur un papier normal**

### III.6 Le test d'adéquation khi-deux

Parmi tous les tests existants, le test du  $\chi^2$  de K. PEARSON est le plus pratique et le plus utilisé bien qu'il ne soit pas très puissant. Pour mettre en œuvre ce test, on procède de la façon suivante :

- on découpe l'échantillon de n éléments, en K classes ( $K > 4$ ) de façon à ce que chaque classe contienne théoriquement plus de 5 éléments ;

- soit  $n_i$  le nombre d'éléments contenus dans la  $i^{ème}$  classe et  $n'_i (> 5)$  le nombre théorique qui devrait s'y trouver ; on forme le terme suivant :

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(n_i - n'_i)^2}{n_i} \quad (III.10)$$

Cette variable  $\chi^2$  suit une loi de probabilité dite loi du  $\chi^2$ , à  $\nu$  degrés de liberté avec :

$$\nu = K - p - 1$$

K = Nombre de classes ;

p = Nombre de paramètres estimés d'après l'échantillon.

Les tables données en annexes permettent de connaître la valeur numérique du  $\chi^2$  qui a  $\alpha\%$  de chance d'être dépassé par le seul fait du hasard, en fonction des valeurs dev.

La loi normale est adéquate pour une erreur  $\alpha$  si et seulement si :  $\chi^2_{\text{calculé}} < \chi^2_{\text{théorique}}$ .

Les résultats du test pour les deux lois sont présentés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 09 Test de khi-deux pour les deux lois**

La loi	Normale	log –Normale
$\chi^2$ calculé	4.00	5.8
Degré de liberté $\alpha$	3	3
$\chi^2$ théorique ( $\alpha = 0.01$ )	11.35	11.35
$\chi^2$ théorique ( $\alpha = 0.05$ )	7.82	7.82
Pour une erreur $\alpha = 0.01$	La loi est adéquate	La loi est adéquate
Pour une erreur $\alpha = 0.05$	La loi est adéquate	La loi est adéquate

### III.7 Détermination de l'année de calcul

Les deux lois de Gauss et log normal sont très proche mais la série s'ajuste mieux à la loi normal, 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 :

$$P_{80\%}^{sec} = P_{moy.i} \times \frac{P_{80\%}}{P_{50\%}} \quad (III.11)$$

Avec :

$P_{80\%}^{sec}$  : Précipitation mensuelle de l'année de calcul ;

$P_{moy.i}$  : La précipitation moyenne mensuelle ;

$P_{80\%}$ : La précipitation théorique annuelle de fréquence 80%;

$P_{50\%}$ : La précipitation théorique annuelle de fréquence 50% ;

On déduire les valeurs de  $P_{80\%}$  et  $P_{50\%}$  selon l'équation de Galton (III.9) :

$$P_{80\%} = 253 \text{ mm}$$

$$P_{50\%} = 317 \text{ mm}$$

Donc :

**Tableau 10 Précipitation mensuelle de l'année de calcul**

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout
$P_{moy.i}$	40.18	20.9	24.29	30.12	42.31	30.26	27.31	38.08	28.32	13.48	5.01	16.64
$P_{80\%}^{sec}$	32.07	16.68	19.39	24.04	33.77	24.15	21.80	30.39	22.60	10.76	4.00	13.28

### III.8 Conclusion

A travers ce chapitre nous avons défini les ressources en eau disponibles dans la région d'étude, Pour cela et d'après les résultats d'analyse chimique, le calcul de la conductivité électrique CE et le rapport d'adsorption du sodium SAR de l'eau d'irrigation du forage, on a constaté que la salinité =2.25mmho/cm d'après la classification des eaux en Algérie et un degré d'alcalinisation=4.83.

Donc l'eau utilisée pour l'irrigation ne présente pas de danger d'alcalinisation cependant il est salé et Pour résoudre le problème de la salinité il faut :

- ✓ Choisir des cultures tolérantes à une salinité existante ou éventuelle.
- ✓ prévoir un supplément d'eau pour le lessivage.

A propos de l'ajustement des séries des pluies moyennes annuelles il faut signaler que le test de Khi carré a montré un ajustement meilleur avec la loi normale Ce qui nous a conduit à prendre en considération cette loi pour l'estimation des pluies servant au dimensionnement d'un réseau d'irrigation.

## **CHAPITRE IV :**

### *Choix des techniques d'arrosage*

## CHAPITRE IV : Choix des techniques d'arrosage

### IV.1 Introduction

L'irrigation est l'opération consistant à apporter artificiellement de l'eau à des végétaux cultivés pour en augmenter la production, et permettre leur développement normal en cas de déficit d'eau. On appelle un mode d'irrigation la manière avec laquelle l'eau arrive de la source jusqu'à la culture, pour chaque mode on peut distinguer plusieurs techniques d'irrigation.

Dans ce chapitre nous nous contenterons de donner une définition des différents modes et techniques d'irrigation, ainsi les critères de choix d'une technique convenable pour les différents contraintes qui caractérisent la zone d'étude.

### IV.2 Irrigation gravitaire

L'irrigation gravitaire encore appelée irrigation de surface consiste à prélever l'eau en un point haut et à la laisser s'écouler par gravité. On distingue de nombreuses techniques d'apporter l'eau. Nous n'en distinguerons que trois types :

#### IV.2.1 Irrigation par bassins de submersion

Dans l'irrigation par bassins de submersion, ceux-ci sont constitués de cuvettes en terre, à fond plat, entourées de diguettes de faible hauteur. Ces diguettes sont conçues pour empêcher le passage de l'eau dans les champs adjacents. Cette technique est utilisée, d'une façon générale, pour l'irrigation des rizières sur terrain plat, Cette méthode est aussi utilisée pour l'irrigation des arbres fruitiers

Le temps de remplissage du bassin doit être suffisamment faible par rapport à la durée totale de l'infiltration de la dose pour obtenir une bonne uniformité de l'irrigation. La surface à donner à chaque bassin est donc fonction du débit disponible et de la perméabilité du terrain : elle peut varier de 7 m<sup>2</sup> par L/s pour des sols sableux à 70 m<sup>2</sup> par L /s pour des sols argileux. Des expérimentations in situ doivent être réalisées pour chaque périmètre afin de déterminer les valeurs optimales à retenir.

Dans cette méthode, les canaux d'arrivée d'eau sont très nombreux, et les pertes par infiltration sont importantes dans les canaux, La consommation d'eau est donc forcément forte et le rendement total de l'irrigation ne peut être bon.

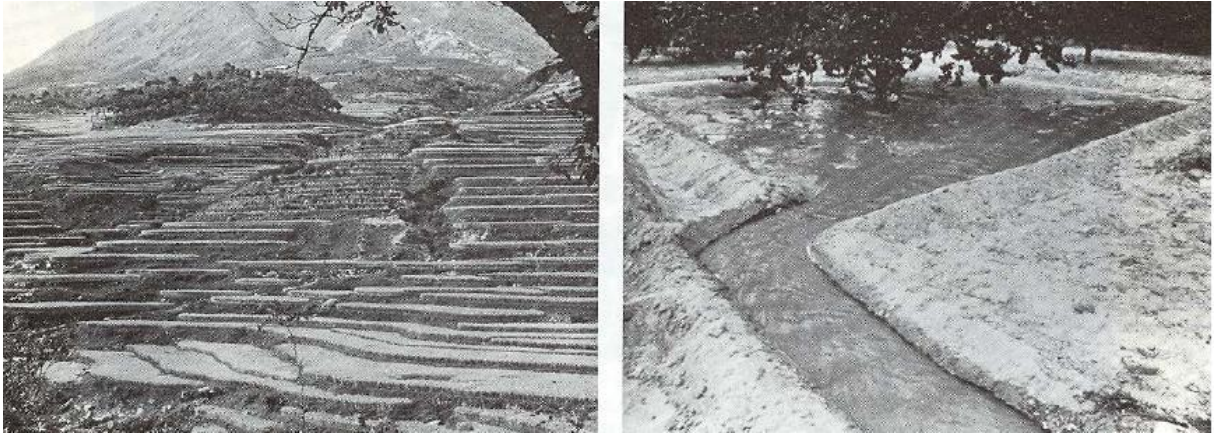


Figure IV.1 : Irrigation par bassins à flanc de coteau (à droite), les arbres fruitiers (à gauche)

#### IV.2.2 Irrigation à la raie

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

La forme des sillons est généralement de forme trapézoïdale ou triangulaire. La section étant constante sur toute la longueur du sillon, le périmètre mouillé décroît d'amont en aval, ce qui entraîne des pertes par percolation à l'amont des rigoles.

L'écartement des sillons sera choisi en fonction de la nature du sol et des cultures pratiquées. L'humidification par infiltration latérale de toute la zone racinaire implique un espacement maximal d'autant plus faible que le sol sera très perméable.

La longueur à donner aux sillons est en relation avec les paramètres de l'irrigation (débits admis en tête de raie et la durée de l'irrigation).



Figure IV.2 : Irrigation à la raie avec utilisation de siphons



### IV.2.3 Irrigation par planches

L'irrigation par planches aussi appelées calants est surtout réservée aux cultures céréalières ou fourragères. L'irrigation à la planche, s'effectue par le ruissellement d'une lame d'eau sur une planche (terrain en pente parfaitement nivelé) délimitée par deux diguettes longitudinales ou levées, l'eau est déversée à la partie supérieure de la planche constituant le petit côté d'un rectangle. Le ruissellement en nappe uniforme implique un nivellement assurant une pente transversale nulle (écart toléré : 2 à 3 cm).

La largeur des planches varie de 5 à 30 m. Ce sont les conditions topographiques qui interviennent en premier lieu pour fixer cette largeur : on recherche, en effet, une pente transversale nulle, à la précision près des engins de nivellement (2 à 3 cm). Par ailleurs, afin d'éviter des percolations, on limite à 8 à 10 cm la dénivelée entre deux planches adjacentes. Cela fixe un maximum aux largeurs adoptées pour les planches lorsque la pente transversale n'est pas nulle.

La longueur L à donner aux planches est en relation avec la pente de ces dernières et le débit utilisé.



Figure IV.3 : Irrigation par planches (Alimentation des planches par siphons)

### IV.3 Irrigation par pluie artificielle

Le mode de l'irrigation par aspersion est conçu sur le modèle de la pluie naturelle. L'eau est refoulée sous pression dans un réseau de conduites, ensuite elle est diffusée par des asperseurs sous la forme d'une pluie artificielle.

Ce mode d'irrigation a vu se développer différents types de matériel d'aspersion à commencer par les couvertures totales puis intégrales, les rampes pivotantes et frontales, enfin les enrouleurs avec canon asperseur.

On distingue deux grands types de systèmes d'irrigation par aspersion :

#### IV.3.1 Installations fixes ou semi-fixes

Les réseaux fixes sont composés de canalisations posées sur le sol en début de saison d'irrigation (ou jusqu'à la fin de la culture selon les cas), suivant une maille définie par les caractéristiques de l'asperseur qui est utilisé. Ils conviennent aux 1 cultures en ligne, mais ils gênent en règle générale la circulation des engins de traitement. On distingue :

- **la couverture intégrale** : pour laquelle la totalité des canalisations et des asperseurs est mise en place sur la parcelle. Des vannes permettent de compartimenter l'arrosage qui peut de ce fait être automatisé. C'est un système onéreux principalement employé pour l'arboriculture, les pépinières ou moins fréquemment le maraîchage ;
- **la couverture totale** ou comme dans le système précédent toutes les canalisations sont mises en place avant la saison et après le semis, mais où, contrairement à la couverture intégrale et par souci d'économie d'équipement seul un asperseur est mis en place sur la rampe. Ainsi une ligne d'asperseurs regroupés en une unité élémentaire sera déplacée de position en position pour arroser la parcelle.



Figure IV.4 : Irrigation par aspersion (Installations fixes ou semi-fixes)

### IV.3.2 Installations mobiles

Les rampes d'arrosage sont de deux types, il y a la rampe pivotante et la rampe frontale.

La rampe pivotante est un appareil d'irrigation automatique, généralement fixe, arrosant un cercle ou une portion de cercle en rotation autour d'un point central d'amenée d'eau, l'amenée d'eau se faisant par une conduite enterrée.

La rampe est une conduite aérienne, incluse dans une poutre, sur laquelle sont répartis les organes d'arrosage (asperseurs ou buses d'arrosage). Ces poutres sont articulées entre elles et soutenues par des tours montées sur pneus et équipées de moteurs identiques. Le rayon d'action de ces appareils est variable suivant les parcelles à irriguer, allant d'une centaine de mètres à 600-800 mètres (la surface arrosée moyenne est d'environ une centaine d'hectares).

La hauteur sous travée est de 2,9 ou 3,6 m. Dans les régions ventées, l'aspersion à une telle hauteur peut constituer un réel inconvénient. C'est la raison pour laquelle certains remplacent les asperseurs par des cannes télescopiques ou non, descendant jusqu'à 1,50 m du sol

Le système par rampe pivotante est un système d'irrigation automatique et fiable pour un investissement qui varie suivant le nombre d'hectares irrigués (les rampes les plus longues coûtant moins à d'hectare que les rampes courtes).



**Figure IV.5 : Irrigation par aspersion, Installations mobiles (Pivot)**

### ***IV.3.3 Irrigation par canons d'arrosage***

L'enrouleur est constitué d'un asperseur ou d'un canon installé sur un traîneau à roues ou à patins fixé au bout d'un tube flexible enroulé sur une bobine. La bobine et le moteur hydraulique qui permet son réenroulement, ainsi que les matériels de contrôle du fonctionnement de l'ensemble, sont supportés par un chariot équipé de roues et monté dans la plupart des cas sur une tourelle. Le centre de la bobine est raccordé au réseau d'irrigation par un tuyau souple et une vanne appelée hydrant.

C'est un matériel d'une grande souplesse d'utilisation (arrosage de cultures différentes) qui s'adapte à tous les types de terrain et de relief et où les contraintes de main-d'œuvre sont acceptables.



**Figure IV.6 : Irrigation par canon d'arrosage**

### ***IV.4 Irrigation Localisée***

Le principe l'irrigation localisée ou micro-irrigation est d'apporter au plus près de la plante l'eau ruissellement observées sur tous les autres systèmes d'irrigation. On arrive ainsi à n'apporter que 80 à 60 % au mieux de l'ETP. La micro-irrigation recouvre un grand nombre de systèmes qui ne peuvent se distinguer que par le débit délivré par les microémetteurs. Ces débits varient de 1 à 2 litres par heure pour les plus faibles appelés goutteurs jusqu'au débit des plus petits asperseurs utilisés en aspersion classique. On peut distinguer :

- des microémetteurs ou goutteurs dont les débits se situent en 1 l/h et 4 à 6 l/h ;
- des micro-jets dont la surface arrosée est de quelques mètres carrés et les débits de l'ordre de 10 à 60 l/h ;
- des micro-asperseurs dont le débit peut varier entre 500 et 600 l/h.

Tous ces émetteurs sont utilisés avec des pressions dites basses variant de 0,5 à bars.

Dans ces systèmes, l'eau est canalisée dans des tuyaux en plastique et distribuée à partir d'orifices de conception plus ou moins sophistiquée, appelés microémetteurs ou goutteurs ou de petites dérivations alimentent des micro-asperseurs ou micro-jets.

En micro-irrigation, la fréquence des arrosages est très supérieure à celles des autres méthodes, ce qui maintient une forte humidité du sol, proche de la capacité de rétention, favorable à la croissance des cultures.



**Figure IV.7 : Micro-irrigation par goutteurs**



**Figure IV.8 : Micro-irrigation par micro-asperseurs**

### IV.5 Les avantages et les inconvénients des modes d'irrigations

On désigne par efficacité ou par efficacité d'un système le rapport entre les quantités d'eau effectivement utilisées et les quantités dérivées en tête de l'aménagement.

**Tableau IV.1 : Les avantages et les inconvénients des différents modes d'irrigations.**

<b>Irrigation gravitaire</b>	
<b>Avantages</b>	<b>Inconvénients</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coût d'investissement relativement faible.</li> <li>- Besoins en énergie faibles ou nuls.</li> <li>- Insensibilité au vent.</li> <li>- Matériel d'irrigation assez simple.</li> <li>- possibilité de lessivage sans risques d'érosion.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pertes importantes d'eau.</li> <li>- Temps d'irrigation important.</li> <li>- Inadaptation aux sols très filtrants.</li> <li>- Nécessité de nivellement et son entretien.</li> <li>- difficulté d'accès au terrain.</li> </ul>
<b>Irrigation par pluie artificielle</b>	
<b>Avantages</b>	<b>Inconvénients</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Absence de nivellement préalable.</li> <li>- Bonne adaptation à tous les types de sol.</li> <li>- Nécessite moins de mains d'œuvres.</li> <li>- Contrôle précis des doses appliquées.</li> <li>- Possibilité d'automatisation.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coût d'investissement élevé.</li> <li>- Dépense énergétique élevée.</li> <li>- Sensibilité au vent.</li> <li>- Exige une bonne qualité d'eau.</li> <li>- Main d'œuvre (installation mobile).</li> </ul>
<b>Irrigation localisée</b>	
<b>Avantages</b>	<b>Inconvénients</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Excellent rendement des cultures.</li> <li>- Excellent efficacité d'arrosage à la parcelle.</li> <li>- Très faible besoin de main d'œuvre.</li> <li>- Possibilité d'automatisation.</li> <li>- Favorable du point de Phytosanitaire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nécessite une maintenance rigoureuse.</li> <li>- Nécessite la filtration de l'eau d'irrigation.</li> <li>- Coût très élevé du matériel.</li> <li>- Exige une bonne qualité d'eau.</li> <li>- Apte seulement pour les cultures par rangée.</li> </ul>

### IV.6 Efficacité d'un système d'irrigation

On désigne par efficacité ou par efficacité d'un système le rapport entre les quantités d'eau effectivement utilisées et les quantités dérivées en tête de l'aménagement.

Cette notion s'apparente donc à un rendement. Elle doit être clairement explicitée en précisant, d'une part, le niveau considéré du système et, d'autre part, la durée de la période sur laquelle porte l'appréciation.

#### IV.6.1 Efficacité de l'irrigation à la parcelle

L'efficacité de l'irrigation à la parcelle représente le rapport entre les volumes d'eau effectivement utilisés par les plantes (évapotranspiration) et les volumes livrés en tête de parcelle.

Cette efficacité sera fonction de la technique d'irrigation utilisée, de son adéquation aux conditions du milieu naturel, de la technicité de l'irrigant.

**IV.6.2 Efficacité de l'application de l'eau (distribution)**

L'efficacité de l'application de l'eau représente le rapport entre les volumes d'eau disponibles pour une utilisation par la culture et les volumes d'eau livrés aux champs d'irrigation. Il est important, ici, de préciser la période sur laquelle porte l'estimation.

$$E_d = 100 \cdot \frac{w_d}{w_s} \quad (IV.1)$$

$w_d$  : L'eau disponible pour une utilisation par la culture;

$w_c$  : L'eau livrée à champ.

L'efficacité de l'application de l'eau donne une idée générale de la façon dont un système d'irrigation effectue sa tâche principale d'obtenir de l'eau pour les racines des plantes.

**IV.6.3 Efficacité d'adduction (transport)**

C'est le pourcentage de l'eau de source qui atteint le champ.

$$E_t = 100 \cdot \frac{w_c}{w_s} \quad (IV.2)$$

$w_c$  : L'eau délivrée à champ ;

$w_s$  : L'eau transportée de la source.

L'efficacité d'adduction est d'une grande importance lors que à irrigation de surface (canaux et fossés ouverts), pour l'irrigation suppression (conduits fermés) l'efficacité de transport devrait être près de 100 %.

**IV.6.4 Efficacité de l'uniformité de la distribution**

C'est le pourcentage de la façon dont l'eau est uniformément appliqué sur la surface à arroser,

$$U_d = 100 \cdot \frac{l_q}{l_i} \quad (IV.3)$$

$l_q$  : Hauteur d'eau moyenne infiltrée sur le quart le moins arrosé de la placette de mesure ;

$l_i$  : Hauteur d'eau moyenne infiltrée sur l'ensemble de la placette.

En irrigation par aspersion, il est plus fréquent d'utiliser le coefficient d'uniformité introduit par Christiansen (1942) :

$$U_d = 100 \left( 1 - \frac{SD}{M} \right) \quad (IV.4)$$

Où SD est l'écart type et M la moyenne des hauteurs d'eau mesurées à l'aide de pluviomètres disposés au centre des mailles d'un réseau quadrillant la parcelle ou l'élément de parcelle étudiée.

*En irrigation de surface*, de la conception du réseau et des variables qui caractérisent une irrigation (débit de la raie, temps d'irrigation, pente, rugosité, caractéristiques physiques du sol, forme de l'élément d'irrigation, longueur de l'élément d'irrigation).

*En irrigation par aspersion*, de la pression de service, de la variation de cette pression durant l'irrigation, de l'espacement entre les asperseurs, de la nature des buses, des caractéristiques de l'asperseur et de la vitesse du vent.

*En irrigation localisée*, de la pression au niveau des distributeurs ainsi que sa variation, des caractéristiques des distributeurs et leur sensibilité à la variation de la pression et à l'obstruction.

#### **IV.6.5 Efficience d'un système d'irrigation**

L'efficience globale d'un système d'irrigation résulte des rendements en cascade qui affectent le transport, la distribution et l'uniformité. La formule communément employée pour l'estimation de l'efficacité d'un réseau d'irrigation, est donnée l'expression suivant

$$E_i = E_d \cdot E_t \cdot U_d \quad (IV.5)$$

Avec :

$E_i$ : Efficience d'irrigation en (%) ;

$E_t$ : Efficience de transport en (%) ;

$E_d$ : Efficacité de distribution en (%) ;

$U_d$ : Efficacité de l'uniformité de la distribution.

L'évaluation exacte des pertes est très difficile et même presque impossible, suite des multiples variables qui interviennent. Les ordres de grandeurs suivants peuvent être proposés

**Tableau IV.2 : Gamme de l'efficacité des différents systèmes d'irrigation.**

Type d'irrigation	L'efficience globale
Bassins de submersion	60-80
Raies	55-75
Planches	40-75
Aspersion	65-85
Micro irrigation	70-90

Source : Valeurs indiquées dans divers articles de la FAO.

#### **IV.7 Critères et options pour des techniques d'irrigation appropriées**

L'adaptation des différentes techniques d'irrigation, à savoir l'irrigation de surface, par aspersion ou micro-irrigation, dépend principalement des contraintes suivantes:

##### **IV.7.1 Les contraintes naturelles**

Les conditions naturelles telles que le type de sol, la pente, le climat, la qualité de l'eau et sa disponibilité, ont l'impact suivant sur le choix d'une technique d'irrigation :

*Type de sol*

Les sols sableux sont caractérisés par une faible capacité de rétention et un taux d'infiltration élevé. C'est pourquoi, en sols sableux, la dose d'arrosage est faible mais les arrosages sont moins espacés, surtout quand ces sols ne sont pas profonds. Dans ces conditions, l'irrigation par aspersion ou au goutte à goutte est plus appropriée que l'irrigation de surface. Avec du limon ou de l'argile les trois méthodes sont utilisables, mais l'irrigation de surface est la plus courante. Les sols argileux à faible taux d'infiltration offrent des conditions idéales à l'irrigation de surface.

Quand le sol est hétérogène à l'intérieur d'un périmètre d'irrigation, l'irrigation par aspersion ou au goutte à goutte assure une meilleure uniformité de distribution que l'irrigation de surface.

Les sols de périmètre de MESKIANA présente une texture limoneuse, la perméabilité est moyenne, d'où l'irrigation de surface doit être prudente afin d'éviter l'asphyxie des plantes, dans ce cas l'irrigation par aspersion et l'irrigation localisée ont des avantages du fait qu'on peut donner des faibles doses.

*La pente*

L'irrigation par aspersion ou au goutte à goutte est préférable sur des terrains à forte pente ou à pente irrégulière. En effet, chacune des deux méthodes requiert peu ou pratiquement pas de travaux de nivellement. L'exception à cette règle est le cas des rizières aménagées en terrasses sur des terrains à fortes pentes.

L'irrigation de surface ne s'adapte pas facilement aux terrains à pente irrégulière, car la préparation des bassins, sillons ou planches requiert des travaux de nivellement considérables.

Notre périmètre a une pente qui ne dépasse pas les 2 % en général, donc cette dernière ne présente aucune contrainte particulière.

*Le climat*

Les vents forts peuvent déformer les trajectoires des filets liquides en irrigation par aspersion. Dans des régions à vents forts dominants, l'irrigation à la goutte à goutte ou de surface est préférable. En irrigation d'appoint, les méthodes par aspersion et au goutte à goutte sont plus appropriées que l'irrigation de surface, puisqu'elles ont la flexibilité de s'adapter à la demande variable en eau au niveau de la ferme.

notre zone d'étude est caractérisée par des vitesses faibles d'une part et moyenne d'autre part ( 1.9 m/s au moyen ), et est caractérisée par un évaporation élevé durant l'été, ce qui provoque une perte d'eau importante.



*La disponibilité de l'eau*

L'efficacité d'un réseau d'irrigation (**Tableau IV.2**) par aspersion ou au goutte à goutte est généralement supérieure à celle d'un réseau d'irrigation de surface; par conséquent ces deux méthodes sont préférables à l'irrigation de surface au cas où les ressources en eau sont limitées. Par ailleurs, il est bon de rappeler que l'efficacité d'irrigation dépend aussi bien des compétences de l'agriculteur que de la méthode utilisée.

*La qualité de l'eau*

Avec une eau chargée de sédiments, il est plus convenable d'utiliser la technique d'irrigation de surface que les autres techniques par aspersion ou au goutte à goutte. En effet, les sédiments peuvent provoquer l'obstruction des asperseurs ou des goutteurs. Dans le cas d'une eau saline, l'irrigation au goutte à goutte est particulièrement appropriée. En effet, comme l'eau est fournie aux pieds des plantations, la salinité du sol ne sera pas sérieusement affectée par l'irrigation à l'eau saline.

**IV.7.2 Les contraintes agricoles**

Le choix du système d'irrigation pour se conformer à la nature des plantes cultivées à irriguer. Les cultures en lignes et l'espacement de ces lignes, La valeur financière et la hauteur des cultures sont facteurs à prendre en considération lors du choix de la technique d'irrigation.

Les types des cultures envisagées dans notre périmètre de MESKIANA sont constitués de cultures fourragère, céréale, maraîchage, pour des raisons d'économie d'eau essentiellement on retient l'irrigation par aspersion pour les cultures fourragères et maraîchages.

**IV.7.3 Les contraintes techniques et économiques**

Le niveau de technicité requis pour l'installation et le fonctionnement d'une méthode d'irrigation affecte sa sélection dans un cas déterminé. En général, les techniques des méthodes d'irrigation par aspersion et au goutte à goutte sont plus complexes que celles de l'irrigation de surface.

Les équipements des réseaux d'irrigation de surface, et spécialement pour les projets d'irrigation à petite échelle, sont plus simples et plus faciles à entretenir, à moins que le pompage des eaux soit requis.

**IV.7.4 Les contraintes Sociales et institutionnelles**

Le choix d'une méthode d'irrigation dépend des traditions des irrigations dans la région ou dans le pays. L'introduction d'une nouvelle méthode d'irrigation peut amener des difficultés inattendues. Généralement, les agriculteurs sont réticents à adopter les nouvelles techniques d'irrigation. La gestion des équipements sera aléatoire, et les frais seront trop élevés comparés aux bénéfices.

Les besoins en main- d'œuvre pour l'aménagement, le fonctionnement et l'entretien des projets d'irrigation de surface sont toujours supérieurs à ceux des projets d'irrigation par aspersion ou au goutte à goutte. L'irrigation de surface nécessite des travaux de préparation de terrain assez soignés, un entretien régulier et une bonne conduite des irrigations pour assurer le bon fonctionnement du réseau. En aspersion ou au goutte à goutte, les travaux de préparation du terrain sont très minimes, et les besoins en main-d'œuvre pour le fonctionnement et l'entretien des réseaux sont moins importants que pour l'irrigation de surface.

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

**Tableau IV.3 : Analyse multicritères de choix de technique d'arrosage.**

Contraintes	Irrigation de surface	Irrigation par Aspersion	Irrigation localisé
<b>Climat</b>			
Semi-aride	1	2	2
Evaporation	1	2	2
Vent (1.9 m/s)	3	2	3
<b>L'alimentation en eau</b>			
Salinité « moyenne »	2	1	1
Ressource « retenu »	3	3	3
<b>Sol et terrain</b>			
Perméabilité (moy)	2	3	2
Texture (limoneuse)	2	2	3
Salinité	1	1	1
Erosion (moy)	1	2	2
Pente (2%)	3	3	3
<b>Agriculture</b>			
Maraîchage	2	2	3
Fourragère et céréales	1	3	0
<b>Economique</b>			
Economie d'eau	0	2	3
Coût de construction	2	1	1
Coût d'exploitation	1	2	2
<b>Social et institutionnel</b>			
Facile à gérer	2	2	2
Personnels qualifié	3	2	2
Potentiel de l'automatisation	0	3	3
Temps d'irrigation	2	3	1
<b>Adaptation (%)</b>	<b>54.39</b>	<b>70.18</b>	<b>66.67</b>

- 0**: Déconseillé ;  
**1**: Adapté avec réserve;  
**2**: Adapté ;  
**3**: Très Adapté.

**IV.8 Conclusion**

En se basant sur ce qui précède, et en fonction des caractéristiques climatiques, agro-pédologiques et Sociales de La zone d'étude, on peut choisir la technique d'irrigation par goutte a goutte qui nous convient plus aussi présente beaucoup d'avantage par rapport à les autres techniques d'irrigation.

Pour les cultures de l'assolement on opte l'irrigation par aspersion et l'irrigation localisé, on propose que l'efficience globale de cette technique d'irrigation est 85 %.

## **CHAPITRE V :**

### *Estimation des besoins en eau d'irrigation*

## Chapitre V : Estimation des besoins en eau d'irrigation

### V.1 Introduction

L'évaluation du potentiel d'irrigation, sur la base de ressources du sol et de l'eau, ne peut se faire en évaluant simultanément les besoins en eau d'irrigation.

Les besoins nets en eau d'irrigation est la quantité d'eau nécessaire à la croissance des cultures. Elle est exprimée en millimètres par mois et par hectare ou en ( $m^3 \cdot Ha^{-1} \cdot mois^{-1}$ ), ils dépendent de la répartition et du cycle végétatif des cultures, le climat et la capacité de stockage de l'eau dans le sol.

Dans ce chapitre, nous allons analyser tous ces paramètres de la manière la mieux adaptée à la zone d'étude, afin de mieux estimer les besoins nets en eau d'irrigation.

### V.2 Estimation de l'évapotranspiration

L'évapotranspiration est le transfert d'un vapeur d'eau à partir d'une couverture végétal, La quantité d'eau perdue, la surface est la somme de l'évaporation physique du sol et de transpiration végétale.

On appelle ainsi évapotranspiration la quantité totale d'eau consommée par l'ensemble couvert végétal-sol qui ne pourra être satisfaisante que si l'offre du sol le permet.

Le phénomène d'évapotranspiration exprime donc une demande climatique ou « pouvoir » évaporant de l'air représentée par un passage dans l'atmosphère de l'eau de la phase liquide à la phase gazeuse et reliée de façon étroite aux éléments du climat : température, humidité de l'air, vent, rayonnement ...

#### V.2.1 Méthodes de calcul de l'évapotranspiration potentielle (ETP)

Il s'agit d'une valeur d'évapotranspiration maximale de référence pouvant représenter la demande climatique. On la définit comme étant la quantité d'eau transpirée par unité de temps par une végétation courte et verdoyante, recouvrant complètement le sol, de hauteur uniforme et qui ne manque jamais d'eau. Donc l'ETP ne dépend que des conditions météorologiques observées.

Pour cela, il existe plusieurs méthodes d'évaluation de l'évapotranspiration de référence, les plus utilisées, sont :

- ✓ Méthodes des lysimètres.
- ✓ Méthodes des stations expérimentales.
- ✓ Méthodes directes de l'évaporation.
- ✓ Méthodes empiriques.

En ce qui concerne les méthodes empiriques, il existe des formules de calcul dont les principales sont:

- ✓ Thornthwaite (1944).
- ✓ Blaney – Criddle généralisée (1950).
- ✓ Turc (1962).
- ✓ Penman- Monteith-FAO (1998).

L'utilisation de ces modèles nécessite la connaissance de certaines données climatiques telles que, les températures maximales et minimales de l'air, les humidités relatives maximale et minimale, la radiation solaire globale et la vitesse du vent.

### V.2.1.1 Méthode de Thornthwaite

L'agronome américain G.W. Thornthwaite proposa en 1944 une expression pour l'estimation de l'évapotranspiration potentielle en tenant compte seulement de la température mensuelle. Le développement de cette expression donne la formule suivante :

$$ETP = 16. \left(\frac{10. T}{I}\right)^a . K \quad (V. 1)$$

ETP : L'évapotranspiration potentielle mensuelle (mm).

T : La moyenne interannuelle des températures du mois (°C).

I : L'indice thermique annuel  $I = \sum_{m=1}^{12} i(m)$ .

i : L'indice thermique mensuel  $i = \left(\frac{T}{5}\right)^{1.514}$ .

a : Exposant en fonction de l'indice thermique annuel  $a = 0.016. I + 0.5$  (Serra L. 1954).

K : Un coefficient de correction liée à la latitude et du mois considérés (**Annexe V.1**).

Les résultats de l'application de cette formule sur la plaine de Meskiana sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau V.1 : Valeurs de l'ETP estimées par la formule de Thornthwaite.**

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Total
T(C°)	20.7	15.34	9.38	5.7	4.6	6.18	9.4	11.7	16.65	22.83	26.36	26.25	
i	8.59	5.46	2.59	1.22	0.88	1.38	2.60	3.62	6.18	9.97	12.39	12.31	67.19
a	1.57												
K	1.03	0.97	0.86	0.84	0.87	0.85	1.03	1.1	1.21	1.22	1.24	1.16	
ETP	96.42	56.72	23.23	10.38	7.68	11.93	27.92	42.04	80.47	133.19	169.65	157.67	817.31

### V.2.1.2 Méthode de Blaney – Criddle généralisée

C'est une méthode simple, basée sur la température de l'air, Elle ne fait intervenir directement qu'un seul facteur météorologique: la température.

Cette formule ne convient que pour les pays arides et semi-arides. L'évapotranspiration de référence en mm/jour ou période considérée est donnée par :

$$ETP = P \times (0,457 \times T + 8,13) \times K \quad (V.2)$$

ETP : L'évapotranspiration potentielle mensuelle (mm).

T : La moyenne interannuelle des températures du mois (°C).

P: Pourcentage d'éclairement mensuel, fonction de la latitude (**Annexe V.2**).

K : Coefficient en fonction de la culture et de la zone climatique.

Parce qu'il est difficile à calculer l'ETP par cette méthode pour chaque type de culture, Nous calculons la moyenne pondérée de coefficient cultural K.

Dans une zone semi aride, K = 0.75 pour les cultures maraîchères (44% de la superficie de la zone d'étude) et K = 0.85 pour les cultures céréalières et fourragères (56%).

$$K = 0.44 \times 0.75 + 0.56 \times 0.85 = 0.806$$

Les résultats de l'application de cette formule sur le périmètre de Hassi f'doul sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau V.2 : Valeurs de l'ETP estimées par la méthode de Blaney – Criddle généralisée.**

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout
T(C°)	20.7	15.34	9.38	5.7	4.6	6.18	9.4	11.7	16.65	22.83	26.36	26.25
P	8.36	7.87	6.97	6.88	7.05	6.88	8.35	8.88	9.76	9.77	9.93	9.37
ETP	124.99	101.28	73.56	62.78	61.32	64.06	88.19	101.72	130.57	154.16	170.30	160.30

### V.2.1.3 Méthode de Turc

Suite à ses expériences faites sur des cuves lysimétriques à Versailles, Rothamsted et Groningen, L. Turc a publié une gamme de formules permettant le calcul de l'ETP. En 1962, il ajouta à sa formule de calcul de l'ETR, le bilan radiatif et introduisit l'humidité relative. En gardant la simplicité et la disponibilité des données météorologiques, la formule de Turc s'écrit ainsi :

Si  $h_r \geq 50\%$

$$ETP = 0.013 \times j \times (I_g + 50) \frac{T}{T + 15} \quad (V.3)$$

Si  $h_r < 50\%$

$$ETP = 0.013 \times j \times (I_g + 50) \times \left(1 + \frac{50 - h_r}{h_r}\right) \times \frac{T}{T + 15} \quad (V.3)$$

ETP : L'évapotranspiration potentielle mensuelle (mm).

T : La moyenne interannuelle des températures du mois (°C).

$h_r$  : L'humidité relative moyenne de l'air sur la période (%).

$I_g$  : La radiation solaire globale ( $\text{cal.cm}^{-2}.\text{jour}^{-1}$ )

$$I_g = I_{ga} (0.18 + 0.62 h/H)$$

$I_{ga}$  : La radiation maximale théorique tirée des abaques (**Annexe V.3**)

H : La durée astronomique du jour, définie à partir des abaques (**Annexe V.4**).

h : La durée d'insolation effective mesurée par l'héliographe (**Tableau I.7**).

Les résultats de l'application de cette formule sur le périmètre de Hassi f'doul sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau V. 3 : Valeurs de l'ETP estimées par la méthode de Turc.**

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout
hr(%)	51.9	61.9	72.4	76.7	77.2	67.5	63.3	58.5	53.4	43.7	58.1	41.1
T(°C)	20.7	15.34	9.38	5.7	4.6	6.18	9.4	11.7	16.65	22.83	26.36	26.25
H (heurs)	372.63	349.48	306.96	300.7	312.85	307.74	371.37	393.53	438.04	438.93	445.3	419.78
h (heurs)	285.2	264	238.7	231	257.3	224	260.4	276	288.3	318	356.5	318
$I_{ga}$	746.97	593.83	455.42	392.2	432.26	556.15	716.13	855.28	946.84	978.84	956.58	873.64
$I_g$	488.91	385.01	301.55	257.40	298.22	351.09	440.23	525.85	556.80	615.87	646.99	567.58
ETP	121.87	85.78	52.75	33.01	31.87	45.64	73.66	98.41	124.49	179.31	173.24	186.46

#### V.2.1.4 Méthode de Penman- Monteith-FAO

En 1948, Penman et Monteith ont combiné le bilan énergétique avec la méthode de transfert de masse et dérivé une équation pour calculer l'évaporation d'une surface libre d'eau à partir des enregistrements climatologiques de l'ensoleillement, la température, l'humidité et la vitesse du vent.

En 1998, la FAO a recommandé l'adoption de la méthode de combinaison de Penman-Monteith comme une évapotranspiration de référence notée ( $ET_0$ ) et élaboré les procédures de calcul des différents paramètres. En définissant la culture de référence comme étant une culture hypothétique avec une hauteur supposée de 0,12 m ayant une résistance de surface de  $70 \text{ s m}^{-1}$  et un albédo de 0,23, La formule de Penman- Monteith-FAO, se présentant comme suite :



$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} U_2(e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)} \quad (V.4)$$

$ET_0$  : L'évapotranspiration de référence mensuelle (mm).

$T$  : La moyenne interannuelle des températures du mois (°C).

$R_n$  : La radiation nette à la surface des cultures ( $MJ\ m^{-2}\ j^{-1}$ ).

$G$  : Le flux de chaleur du sol ( $MJ\ m^{-2}\ j^{-1}$ )

$e_s$  : La pression saturante de vapeur d'eau (KPa).

$e_d$  : La pression actuelle de vapeur d'eau (KPa).

$\Delta$  : La pente de la courbe de la pression de vapeur.

$\gamma$  : La constante psychométrique ( $KPa\ ^\circ C^{-1}$ ).

Le calcul de l'évapotranspiration de référence est réalisé à l'aide de logiciel d'aide au pilotage d'irrigation CROPWAT8, fondé sur la méthode de Penman- Monteith-FAO, Pour l'exploitation du logiciel, nous devons fournir les informations mensuelles de la station météorologique (la température, l'humidité, la vitesse du vent et l'insolation).

Les résultats de l'application de cette formule sur notre zone d'étude sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau V.4 : Valeurs de l'ETP estimées par la méthode de Penman- Monteith-FAO**

Mois	Temp.Moy °C	Humidité %	Vent m/s	Insolation heures	Ray MJ/m <sup>2</sup> /jour	ETo mm
Janvier	4.6	77.2	2.5	8.3	12.1	34.72
Février	6.18	67.5	2.4	8.0	14.3	47.88
Mars	9.4	63.3	2.8	8.4	17.9	81.22
Avril	11.4	58.5	2.4	9.2	21.7	103.2
Mai	16.25	53.4	2.2	9.3	23.4	137.95
Juin	22.83	43.7	2.0	10.6	25.7	176.1
Juillet	26.36	58.1	2.3	11.5	26.7	191.89
Août	26.25	41.1	2.2	10.6	24.1	188.1
Septembre	20.7	51.9	2.4	9.2	19.7	142.91
Octobre	15.34	61.9	2.4	8.8	16	90.9
Novembre	9.38	72.4	2.6	7.7	12	51.6
Décembre	5.7	76.7	2.6	7.7	10.7	35.65
<b>Totale</b>						1282.12

V.2.1.5 Critique et choix

Nous observons des résultats hétérogènes selon les méthodes utilisées (Figure V.1).

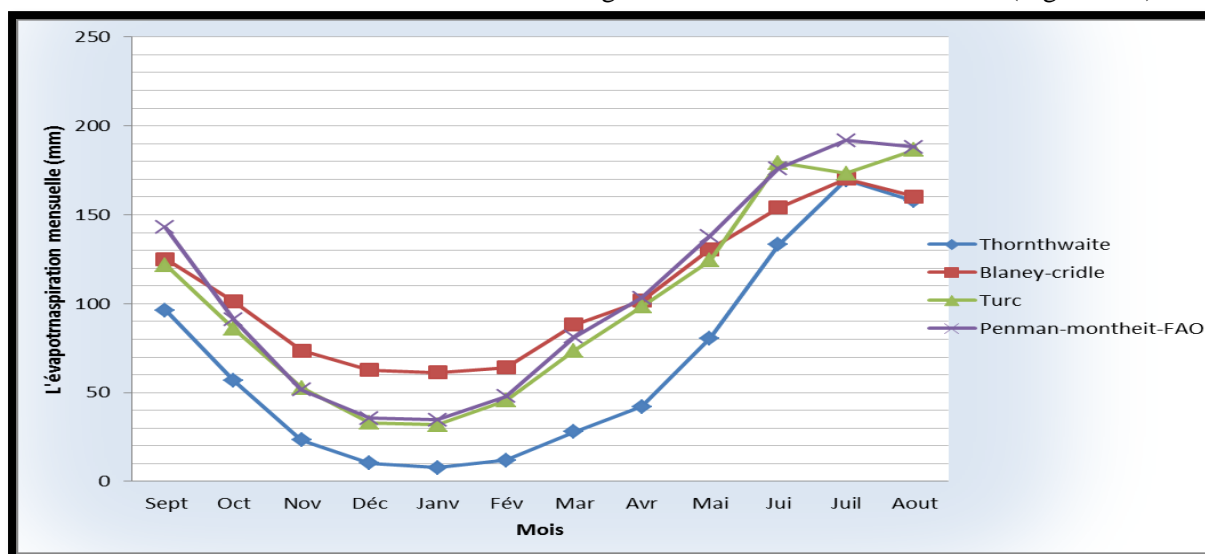


Figure I.1 : L'évapotranspiration mensuelle selon les méthodes utilisées

Les deux premières méthodes sont des méthodes d'estimation de l'évapotranspiration (Thornthwaite et Blaney – Criddle) ne font intervenir directement qu'un seul facteur météorologique: la température. Or il est certain que les besoins en eau des cultures peuvent varier fortement pour des régions ayant une température de l'air similaire.

D'une façon générale et quel que soit la zone considérée, les formules qui donnent les meilleurs résultats sont celles qui font intervenir la radiation (Turc, Penman- Monteith-FAO). Ces deux dernières méthodes ont des résultats très proches.

On entraîne donc à choisir l'évapotranspiration calculée par la formule de Penman-Monteith-FAO, qui se base sur le bilan énergétique.

V.2.2 Estimation de l'évapotranspiration maximale (ETM)

$$ETM = Kc.ETP \quad (V.5)$$

Tableau V.5 : Coefficient culturel ( $K_c$ ) de chaque culture, en fonction du stade végétatif de la plante.

Culture	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
Bersim	1,01									0,65	0,95	1,00
Maïs				0,50	1,15	1,15	0,60	0,60				
Avoine	1,10	1,20	1,00						0,60	0,90	1,00	1,10
Blé dur- Orge	1,00	1,05	1,15	1,15	0,20	0,20					0,70	0,85
Oignon, sec	0,70	0,90	1,00	1,10	0,90	0,85						
Pomme de terre			0,75	1,10	1,20	0,75						
Pêche	0,78	0,70	0,50	0,50	0,53	0,68	0,83	0,95	0,95	0,95	0,91	0,84
Chou cabus									0,75	1,05	1,05	0,90
Melon				0,70	0,75	1,05	0,90					
Laitue								0,80	1,00	0,90		
Haricot, vert				0,75	0,95	0,70						

Source : Bulletin « irrigation et drainage », (Bulletin F.A.O, N° 24).

### V.3 Estimation de la pluie efficace

La pluie efficace c'est la partie des précipitations qui contribue à satisfaire les besoins en eau de la culture et/ou le besoin net d'eau d'irrigation.

Il est difficile d'évaluer les pluies efficaces sans avoir recours à des mesures effectuées pendant de longues périodes, en différents endroits.

Par conséquent, en l'absence de telles données, nous utiliseront couramment des méthodes expérimentales, dont la fréquemment utilisée est :

- ✓ La méthode proposée par la FAO :

$$P_{eff} = \alpha \cdot P \quad (V.6)$$

$P_{eff}$  : La précipitation efficace en (mm/mois) ;

$P$  : La précipitation (mm/mois), On prend la précipitation de probabilité de dépassement 80% ( $P_{80\%}$ ) (cf. Chapitre 03);

$\alpha$  : Coefficient pour les zones aride et semi-aride  $0.7 < \alpha < 0.95$ .

**Tableau V.6 : Les précipitations efficaces notées sur la zone d'étude**

Mois	Jan	Fev	Mar	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
$P_{80\%}$	33.77	24.15	21.80	30.39	22.60	10.76	4.00	13.28	32.07	16.68	19.39	24.04
$P_{eff} - FAO$	27,02	19,32	17,44	24,31	18,08	8,61	3,20	10,62	25,66	13,34	15,51	19,23

### V.4 Calcul des besoins nets en eau d'irrigation

Lorsqu'on établit les besoins périodiques en eau d'irrigation pour une culture ou un plan de culture donnés, il faut tenir compte de façon préférentielle de trois variables ( $ETP$ ,  $P_{eff}$  et  $RFU_r$ ). La relation qui existe entre les besoins nets  $B_{net}$  et ces variables peut être exprimée comme suit:

$$B_{net} = ETP - P_{eff} - RFU_r \quad (V.7)$$

$$RFU_{th} = 214.5 * Z$$

**Tableau V. 7 Les profondeurs d'enracinements des différentes cultures(m)**

Culture	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	juillet	Août	Sept	Oct.	Nov.	Déc.
Bersim	0.25									0.05	0.1	0.15
Mais grain				0.10	0.20	0.30	0.40	0.50				
Vesce avoine	0.08	0.10	0.10						0,03	0.04	0.05	0.06
Orge / blé	0.4	0.5	0.6	0.6	0.7						0.3	0.3
Sorgho					0.20	0.40	0.50	0.60				
Piment poivron						0.4	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	
Petit pois	0.7	0.8	1.0	1.2								0.5
Carotte									0.10	0.20	0.25	0.30
Oignon vert									0.3	0.4	0.5	0.6
Oignon sec	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.6						
Pomme de terre			0.1	0.25	0.35	0.40						
Pêcher	1.8	1.8	1.8	1.8	1.9	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Navet									0.10	0.20	0.25	0.30
Choux									0.20	0.25	0.30	0.40
Melon				0.05	0.07	0.09	0.10	0.15	0.20			
Haricot vert			0.20	0.25	0,3	0.3						
Figuier					0.85	1.15	1.25	1.25	1.2			

Toutes les variables sont déjà définies, les valeurs négatives de  $B_{net}$  pour une période traduisent des excédents, tandis que des valeurs positives indiquent des déficits.

On suppose que les périodes soient indépendantes, donc l'excès d'eau d'une période n'influe pas sur la prochaine période.

Les résultats de calcul des besoins nets en eau d'irrigation des cultures sont détaillés dans le Tableau (Tableau V.7).

### V.5 Calcul des besoins bruts en eau d'irrigation

Les besoins bruts du périmètre sont estimés à partir des besoins nets de chaque culture.

Cette estimation dépend des paramètres suivants :

- L'efficacité du système d'irrigation ;
- La répartition des différentes cultures adaptées ;
- La superficie irriguée.

On calcule les besoins bruts d'après la formule suivante :

$$B_{bru} = \frac{B_{net}}{E_i} \quad (V.8)$$

$B_{bru}$  : Besoin brut des cultures (mm) ;

$B_{net}$  : Besoin des cultures (mm) ;

$E_i$  : L'efficacité globale du système d'irrigation, on prend  $E_i = 0.85$  (cf. Chapitre IV).

Les résultats de calcul des besoins en eau de chaque culture figurent dans un tableau récapitulatif (Tableau V.8).

Tableau V.8 : Besoins nets en eau d'irrigation (mm/mois)

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
<b>Peff (mm)</b>	27.02	19.32	17.44	24.31	18.08	8.61	3.20	10.62	25.66	13.34	15.51	19.23
<b>ETP (mm)</b>	34.72	47.88	81.22	103.2	137.95	176.1	191.89	188.1	142.91	90.9	51.6	35.65
<b>Bersim</b>	<b>ETM (mm)</b>	35.07								59.09	49.02	35.65
	<b>RFU<sub>r</sub> (mm)</b>	5.36								1.07	2.14	3.22
	<b>Bnet (mm)</b>	5.81								67.4	33.95	16.77
<b>Avoine</b>	<b>ETM (mm)</b>	38.19	57.46	81.22					85.75	81.81	51.60	39.22
	<b>RFU<sub>r</sub> (mm)</b>	1.72	2.15	2.15						0.86	1.07	1.29
	<b>Bnet (mm)</b>	9.45	35.99	61.63						67.61	35.02	18.7
<b>Blé dur- Orge</b>	<b>ETM (mm)</b>	34.72	50.27	93.40	118.68	27.59	35.22				36.12	30.30
	<b>RFU<sub>r</sub>(mm)</b>	8.58	10.73	12.87	12.87	15.02	8.58				6.44	6.44
	<b>Bnet (mm)</b>	-0.88	20.22	63.09	81.5	-14.45	18.03				14.17	4.63
<b>Haricot. vert</b>	<b>ETM (mm)</b>			86.85	77.40	131.05	123.27					
	<b>RFU<sub>r</sub> (mm)</b>			0	0	0	0					
	<b>Bnet (mm)</b>			65.12	47.73	106.53	108.22					
<b>Oignon sec</b>	<b>ETM (mm)</b>	24.30	43.09	81.22	113.52	124.16	149.69					
	<b>RFU<sub>r</sub>(mm)</b>	6.44	6.44	8.58	10.73	12.87	12.87					
	<b>Bnet (mm)</b>	-9.16	17.33	55.2	78.48	93.21	128.21					
<b>Pêcher</b>	<b>ETM (mm)</b>	28.82	37.35	40.61	51.60	68.98	103.90	142.00	167.41	135.76	86.36	49.02
	<b>RFU<sub>r</sub> (mm)</b>	38.61	38.61	38.61	38.61	40.76	42.90	42.90	42.90	42.90	42.90	42.90
	<b>Bnet (mm)</b>	-36.81	-20.58	-15.44	-11.32	10.14	52.39	95.9	113.89	67.2	30.12	-9.39

**Tableau V.9 : Tableau récapitulatif des besoins nets en eau d'irrigation (mm/mois)**

Culture	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Total
Bersim	5.81									67.4	33.95	16.77	123.93
Avoine	9.45	35.99	61.63							67.61	35.02	18.7	228.4
Blé dur-Orge	0	20.22	63.09	81.5	0	18.03					14.17	4.63	201.64
Haricot. vert			65.12	47.73	106.53	108.22					0	0	327.6
Oignon sec	0	17.33	55.2	78.48	93.21	128.21							372.43
Pêcher	0	0	0	0	10.14	52.39	95.9	113.89	67.2	30.12	0	0	369.64
Total	15.26	73.54	245.04	207.71	209.88	306.85	95.9	113.89	67.2	165.13	83.14	40.1	1623.64

**Tableau V.10 : Tableau récapitulatif des besoins bruts en eau d'irrigation (mm/mois)**

Culture	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Total
<b>Bersim</b>	6.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	79.29	39.94	19.73	145.8
<b>Avoine</b>	11.12	42.34	72.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	79.54	41.20	22.00	268.71
<b>Blé dur-Orge</b>	0.00	23.79	74.22	95.88	0.00	21.21	0.00	0.00	0.00	0.00	16.67	5.45	237.22
<b>Haricot. vert</b>	0.00	0.00	76.61	56.15	125.33	127.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	385.41
<b>Oignon sec</b>	0.00	20.39	64.94	92.33	109.66	150.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	438.16
<b>Pêcher</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	11.93	61.64	112.82	133.99	79.06	35.44	0.00	0.00	434.88
<b>Total</b>	17.96	86.52	288.28	244.36	246.92	361.01	112.82	133.99	79.06	194.27	97.81	47.18	1910.18

### V.6 Calcul des besoins en eau de lessivage

On remarque que la salinisation du sol n'est pas très élevée (0.3 à 2.5 mmhos.cm<sup>-1</sup>), mais en peut avoir une salinisation secondaire induite par l'activité humaine, liée fréquemment à des pratiques agricoles inappropriées.

Pour éliminer les sels accumulés dans le profil radiculaire, on doit fournir aux sols un apport d'eau supplémentaire afin de maintenir une humidité convenable assurant un entraînement des sels au-delà des racines.

Le besoin de lessivage minimum ou la fraction de lessivage nécessaire pour contrôler les sels dans la tolérance de la culture pour un rendement acceptable, sera calculée par l'équation (V.12) (Rhoades 1974).

$$L_r = \frac{EC_W}{5 CE_e - CE_W} \quad (V.9)$$

Où :

$L_r$  : La fraction de lessivage minimum (%) ;

$EC_W$  : Conductivité électrique moyenne de l'eau d'irrigation en mmhos.cm<sup>-1</sup>,  $CE_W = 1.01$  mmhos.cm<sup>-1</sup> (cf. Chapitre 03) ;

$CE_e$  : Salinité du sol moyenne tolérée par la culture qui provoque une chute de rendement de 10% (mmhos.cm<sup>-1</sup>).

Le tableau dans **Annexe V.5** donne les valeurs de  $CE_e$  pour différents taux de rendement de chaque culture de l'assolement, on prend la valeur moyenne  $CE_e = 3.52$  mmhos.cm<sup>-1</sup>.

$$L_r = \frac{2.21}{5 \times 3.52 - 2.21} = 0.137$$

La fraction de lessivage minimum est 13.7% des besoins en eau d'irrigation, pour ne pas sur dimensionner le réseau d'irrigation surtout que les besoins du mois de pointe sont importants, la dose de lessivage sera apportée en dehors des mois de pointe de préférence après une période pluvieuse pour profiter de la saturation complète du sol favorisant par suite la dissolution des sels et leur percolation.

Outre, le lessivage en période de pointe n'est pas efficace étant donné que l'évaporation pendant cette période est très importante et la quantité de l'eau est médiocre.

Tableau V.11 : Besoins totaux annuels

Culture	Surface (ha)	Bnet (mm)	Bnet (m <sup>3</sup> /ha)	Bnet (m <sup>3</sup> )
<b>Bersim</b>	<b>9.75</b>	123.93	12393.1	120832,7
<b>Avoine</b>	<b>5.62</b>	228.4	2284.4	12838,33
<b>Blé dure-Orge</b>	<b>16.35</b>	201.64	2016.4	32968,14
<b>Haricot. vert</b>	<b>6.29</b>	327.6	3276.3	20607,93
<b>Oignon sec</b>	<b>10.18</b>	372.43	3724.3	37913,37
<b>Pêcher</b>	<b>54.85</b>	369.64	3696.4	202747,5
<b>Besoins nets d'irrigation (m<sup>3</sup>)</b>				427908,034
<b>Besoins nets de lessivage (m<sup>3</sup>)</b>				58623.4
<b>Besoins nets totaux (m<sup>3</sup>)</b>				486531.4
<b>Besoins bruts totaux (m<sup>3</sup>)</b>				572389.88

### V.7 Le mode de distribution d'eau d'irrigation

Il est indispensable d'avoir la maîtrise des débits sur l'ensemble d'un réseau d'irrigation entre la source et les parcelles. Cette maîtrise est acquise grâce à l'action conjointe des dispositifs physiques dont le système est muni et aux interventions du gestionnaire opérationnel, le réseau doit être en mesure de livrer aux parcelles les débits nécessaires pour satisfaire les besoins en eau d'irrigation.

Il existe deux schémas généraux de répartition de l'eau vers les exploitations.

#### V.7.1 Une distribution au tour d'arrosage

Dans le cas d'une distribution au tour d'arrosage aussi appelée distribution par rotation ou au tour d'eau, le débit nécessaire est délivré successivement aux diverses parcelles (irrigation gravitaire), postes (aspersion) ou lots (irrigation localisée), de sorte à couvrir les besoins à intervalles réguliers. Dans le cas de d'irrigation par aspersion ou en irrigation localisée, le débit délivré par le réseau d'amenée est distribué successivement à des postes ou lots, dont la surface et le nombre dépendent du débit moyen des équipements de distribution et de la surface du périmètre irrigué.

Ce mode de distribution implique le respect d'un calendrier d'arrosage précisément défini, dont l'établissement repose sur le volume, la fréquence et la durée des apports, avec pour inconvénient un certain manque de souplesse, l'arrosage ne peut être programmé librement mais doit être effectué au moment prévu, quels que soient les besoins de la plante et l'humidité du sol.



### ***V.7.1.1 Tour d'arrosage à module fixe***

Dans le tour d'arrosage à module fixe, chaque irrigant disposera du module (débit) fixé à l'avance pendant une certaine durée et selon une périodicité déterminée.

Le tour d'arrosage à module fixe est d'un principe extrêmement simple, mais présente deux inconvénients :

- nécessité d'un réglage des débits dérivés par chaque tertiaire au cours du tour d'arrosage, d'où un travail important pour les aiguadiers chargés de la conduite et du contrôle de la distribution de l'eau d'irrigation ;
- rigidité des conditions de l'arrosage, mal adaptée à la diversité des besoins d'une polyculture comportant des plantes à profondeurs d'enracinement très variables.

### ***V.7.1.2 Tour d'arrosage à module variable***

Ce mode de répartition de l'eau est utilisé lorsque le périmètre à irriguer est divisé en quartiers, un bit fixe ou module étant assigné chaque quartier en fonction du débit spécifique et de la superficie du quartier. L'écoulement vers chaque quartier est continu et constant, les exploitations individuelles reçoivent la totalité du débit par rotation à heure fixe et pendant un intervalle de temps pré-établi. L'horaire et la quantité d'eau dépendent de la superficie de l'exploitation et de l'assolement.

La gestion d'un tel système requiert une programmation stricte mais elle est grandement facilitée dès lors que la rotation est effectuée au niveau des tertiaires. Dans ce cas, l'écoulement dans la branche principale et dans les secondaires et tertiaires est continu mais l'eau est livrée aux exploitants par rotation dans les tertiaires.

Ce mode d'opération est très souple et ne fait appel qu'à un minimum de programmation de la part des exploitants. Pour ce que le système puisse fonctionner, il est indispensable que le réseau soit conçu de manière à ce que les quartiers soient indépendants les uns des autres. D'autre part, la capacité des tertiaires est toujours supérieure à ce qu'elle serait dans le cas d'une rotation classique.

### ***V.7.2 Une distribution à la demande***

Cette méthode de distribution permet à l'irrigant d'arroser au moment où il le juge opportun. Le réseau devrait donc en principe permettre d'arroser simultanément l'ensemble du périmètre. Toutefois, si le nombre de prises  $N$  du réseau est suffisamment élevé, la probabilité de les voir toutes fonctionner en même temps est extrêmement faible, si bien que le dimensionnement peut se baser sur un débit inférieur au débit maximal théoriquement nécessaire.

Ce système est bien adapté aux périmètres constitués de petites exploitations avec des spéculations et des sols fortement hétérogènes où l'irrigation par rotation serait impraticable.

Dans le cadre de notre projet, on adopte une distribution d'eau d'irrigation à la demande, caractérisée par une souplesse en laissant l'irrigant d'utiliser selon sa convenance sa prise d'irrigation.

## V.8 Calcul de débits

### V.8.1 Débit fictif continue ( $Q_f$ )

Le calcul des débits caractéristiques permet de définir le débit maximum ou débit d'équipement que le système de dessert aura à fournir pour l'irrigation de chaque parcelle, déterminé en multipliant le débit spécifique de pointe par la surface agricole utile.

$$q_c = S_i \cdot q_s \quad (V.10)$$

Avec :

$q_c$  : Débit caractéristique (l/s) ;

$q_s$  : Débit effectif (l/s/ha) ;

$S_i$  : Surface de la parcelle i (ha).

Les résultats du calcul du débit de chaque parcelle d'irrigation sont présentés dans le tableau V.12.

**Tableau V.12 : Débit fictif continue pour chaque mois.**

Mois	$B_{net}$ (mm/ha)	$B_{net}$ (m3/ha)	$n_j$	$Q_{f,i}$ (l/s/ha)
Janvier	15.26	152.6	31	0.057
Février	73.54	735.4	28	0.304
Mars	245.04	2450.4	31	0.915
Avril	207.71	2077.1	30	0.801
Mai	209.88	2098.8	31	0.784
Juin	306.85	3068.5	30	<b>1.184</b>
Juillet	95.9	959	31	0.358
Août	113.89	1138.9	31	0.425
Septembre	67.2	672	30	0.259
Octobre	165.13	1651.3	31	0.617
Novembre	83.14	831.4	30	0.321
Décembre	40.1	401	31	0.150

### V.8.2 Débit spécifique ( $q_s$ )

Le débit spécifique ou débit fictif continu maximal représente le débit qui devra être véhiculé par le système d'irrigation pour satisfaire les besoins en eau des cultures durant le mois de pointe

$$q_s = \max(Q_{f,i}) \quad (VI.2)$$

Si  $q < 1.5$  l/s/ha la valeur de débit spécifique est acceptable si non on prend la valeur de débit spécifique de la culture la plus exigeante du modèle du mois de pointe.

D'après le tableau le débit spécifique pris en considération pour notre périmètre est  $q_s = 1.184$  l/s/ha.

### V.9 Conclusion

Au cours de ce chapitre, et en basant sur la méthode de Penman- Monteith-FAO pour estimer l'évaporation potentielle (ETP) et la méthode du département américain de l'agriculture (USDA) pour le calcul de la pluie efficace, nous avons pu estimer les besoins nets en eau d'irrigation pour les cultures de notre périmètre.

On remarque que le mois de pointe est le mois de juin, les besoins nets totaux annuel sont de  $486531.4\text{m}^3$ .

Donc à partir de ces résultats nous pouvons conclure que la capacité de production de la retenue suffit à l'alimentation de notre périmètre.

L'étude faite au niveau de ce chapitre nous a permis de calculer débit spécifique ( $q_s = 1.393$  l/s/ha). Ce débit permet de déterminer les débits à la parcelle et à l'entête de l'entité d'étude. Que nous les utilisons pour le dimensionnement de réseau d'adduction et de distribution.

Ainsi, dans le cadre de cette étude, on adopte une distribution d'eau d'irrigation à la demande.

## **CHAPITRE VI :**

*Étude de réseau d'adduction et de distribution*

## CHAPITRE VI : Étude de réseau d'adduction et de distribution

### VI.1 Introduction

Dans tout aménagement hydro-agricole d'une certaine taille, on peut distinguer trois types d'équipement.

#### VI.1.1 Les ouvrages de transport

Transportent l'eau d'irrigation depuis la prise d'eau jusqu'aux périmètres à desservir. Ces ouvrages transportent des débits importants sur de longues distances.

#### VI.1.2 Les réseaux de distribution

Répartissent à l'intérieur du périmètre et jusqu'aux prises d'irrigation propres à chaque agriculteur, l'eau amenée par les ouvrages ramifiés.

#### VI.1.3 Les équipements à la parcelle

Conduisent l'eau des prises d'irrigation jusqu'aux plantes.

Ce chapitre est spécifiquement consacré aux ouvrages de transport et réseaux de distribution pour lesquels nous examinerons les facteurs essentiels qui conduisent à définir l'organisation spatiale des ouvrages et les débits à transiter par tronçon.

L'objet du présent chapitre est la détermination des caractéristiques techniques et du gabarit des différents éléments dont l'ensemble constitue le réseau de distribution de l'eau depuis le lieu de prélèvement jusqu'aux lieux d'utilisation à des fins agricoles.

### VI.2 Présentation des variantes

#### VI.2.1 Variante N° 01

Elle consiste à placer le réservoir de stockage à une altitude de 793 pour assurer la charge.

#### VI.2.2 Variante N° 02

Le réservoir de stockage est placé coté gauche du périmètre à une altitude de 789.

#### VI.2.2 Choix de la variante

Le choix de variante a été basé sur le tracé ou les charges dans chaque borne sont assurées, pour cela on a choisi la variante 1 malgré qu'elle n'est pas la plus économique, car la 2ème variante malgré qu'elle respecte l'aspect de l'économie mais elle passe par un terrain accidenté et des obstacles (routes, constructions, clôtures,....) qui peut engendrer des éclatements et des vibrations de la canalisation et empêchent d'avoir les pressions voulu dans nos ilots.

### VI.3 Le plan de bornage

Le plan de bornage est le résultat d'un compromis entre l'intérêt des utilisateurs (qui souhaiteraient disposer d'une borne chacun, idéalement située par rapport à leur champ) et celui de l'organisme d'aménagement qui cherche à en limiter le nombre (de manière à diminuer le coût du réseau collectif).

En effet une forte densité améliore les conditions de travail des agriculteurs en diminuant les longueurs de canalisation mobile de surface, mais il en résulte une augmentation importante des frais d'installation du réseau fixe. Une trop faible densité accroît le travail de montage et de transport de canalisation mobiles.

La base du regroupement des parcelles sur une même borne est le découpage des propriétés. Dans le cas de petites propriétés morcelées :

- ✓ une prise par îlot d'exploitations ;
- ✓ quatre (04) prises maximum sur une même borne ;
- ✓ bornes implantées en limites d'îlots ;
- ✓ dénivelée maximum de 5 m entre les points les plus hauts et les plus bas du bloc d'îlots.

Pour les grandes propriétés :

- ✓ La borne se situe au centre de la parcelle.
- ✓ 4 prises sur la même borne.

### VI.4 Choix du tracé

Le tracé du réseau est projeté suivant le principe de proximité : plus courte distance pour relier l'ensemble des bornes au réseau de conduites principales, en tenant compte des contraintes du terrain qui limitent fortement les possibilités de choix : les règles générales suivies sont les suivantes :

- ✓ La recherche d'un tracé au plus court et avec le minimum de changement de direction concerne principalement la conduite maîtresse.
- ✓ Eviter dans la mesure du possible de faire passer des conduites en plein champs.
- ✓ Essayer de positionner la borne le plus proche de chaque parcelle à desservir afin d'éviter de pénaliser des exploitants par des têtes mortes trop longues.
- ✓ Les conduites suivront au maximum (dans la mesure du possible) les routes et pistes et éviterons les plantations et zones bâties.

### VI.5 Débits aux bornes

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 a été évalué précédemment (chapitre 6):

$$q_s = 1.393(\text{l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1})$$

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

$$Q_b = q_s \cdot S \text{ (VI.1)}$$

Avec :

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

$q_s$  : Débit spécifique (l/s/ha).

$S$  : Superficie de l'îlot (ha).

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

**Tableau VI.1 : Débit caractéristique de chaque îlot (bornes) d'irrigation.**

N° de l'îlot (bornes) d'irrigation	la superficie d'îlot (ha)	débit brut de la borne (l/s)
1	10.49	14.61
2	8.76	12.20
3	10.19	14.19
4	7.31	10.18
5	8.34	11.62
6	9.83	13.69
7	9.75	13.58
8	6.29	8.76
9	5.62	7.83
10	10.18	14.18
11	8.95	12.47
12	7.4	10.31
Total	103.11	143.63

**VI.6 Choix du type et de diamètre de la borne**

Le choix du type de la borne dépend de la surface à desservir par la borne :

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

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	DN= 65 mm
$8 < Q < 20$ l/s	DN= 100mm
$20 < Q < 25$ l/s	DN= 150mm
$Q > 25$ l/s	DN= 200mm

Les diamètres des bornes et des prises sont présentés dans le tableau VI.3.

**Tableau VI.3 : Les diamètres des bornes et des prises.**

débit brut de la borne (l/s)	Diamètre de la borne (mm)
14.61	100
12.20	100
14.19	100
10.18	100
11.62	100
13.69	100
13.58	100
8.76	100
7.83	65
14.18	100
12.47	100
10.31	100



## VI.7 Caractéristiques de la conduite principale (CP) et le réseau de distribution

### VI.7.1 Choix du type de matériau

Il n'existe pas de matériels présentant tous les avantages. Le choix des tuyaux sera donc un compromis accepté par l'agriculteur en fonction de ses contraintes d'investissement, du temps, économiques... etc.

#### VI.7.1.1 La fonte ductile

Les tuyaux en fonte ductile sont les plus résistants, utilisés lorsque les pressions d'utilisation sont élevées (16 bars et plus), un produit de métallurgie avancé.

La fonte ductile offre la marge de sécurité la plus élevée possible contre les pannes de service dues au mouvement du sol et aux contraintes de poutre, virtuellement incassable dans un service utilitaire ordinaire, elle offre aussi une résistance accrue au bris causé par une manipulation rude lors de l'expédition et de l'installation.

La résistance à la corrosion du tuyau en fonte ductile a été éprouvée dans tout un éventail de tests accélérés et s'est avérée au moins aussi bonne que celle de la fonte grise.

**Tableau VI.4 : Les caractéristiques de la gamme de produits des tubes en fonte ductile.**

Diamètres (DN) (mm)	80-100-125-150-200-250-300-350-400-450-500-600-700-800-900-1000
Longueur (m)	0.5 - 6
PN (bars)	10-16-25
Branchements	Soudure ou raccords
Durée de vie estimée (ans)	100

Source : GROUPE CHIALI

#### VI.7.1.2 Le plastique

Les tuyaux en plastique bien que moins résistants mécaniquement que tuyaux métalliques sont très employés en irrigation pour des pressions d'utilisation allant jusqu'à 16 bars. Quatre qualités principales distinguent ce tuyau des tuyaux métalliques :

- ✓ Légèreté (densité spécifique entre 0.9 et 1.4).
- ✓ Grande résistance aux corrosions de l'air et de l'eau.
- ✓ Grand pouvoir isolant électrique et thermique.
- ✓ Facilité de les coller à froid ou de les souder à basse température.

Dans l'irrigation on utilise principalement deux matières plastiques : le **chlorure polyvinyle (PVC)** (polymère du chlorure de vinyle  $H_2C=CHCl$ ), et le **polyéthylène (PE)** qui selon le procédé de polymérisation de l'éthylène  $H_2C=CH_2$  a une densité spécifique dite basse (**PEBD**), autour de 0.93 ou une densité dite haute (**PEHD**) autour de 0.99.

Les canalisations en PVC sont assez rigides à l'inverse des canalisations en PE. Les tuyaux en PE à basse densité (PEBD) sont souples ce qui permettent leur enroulement. Les tuyaux en PE à haute densité (PEHD).ont une plus grande rigidité et une meilleure résistance à la chaleur que les précédents et leur utilisation est en nette progression.

**Tableau VI.5 : Les caractéristiques de la gamme de produits des tubes en PVC**

Diamètres (DN) (mm)	20-40-50-63-75- 90-110-125-160-200-250-315-400-500-630
Longueur (m)	6
PN (bars)	PN 6 - PN 10 et PN 16
Branchements	Soudure à la colle ou raccords à pression par joints caoutchouc
durée de vie estimée (ans)	50

Source : GROUPE CHIALI

**Tableau VI.6 : Les caractéristiques de la gamme de produits des tubes en PEHD**

Diamètres (DN) (mm)	63- 75- 90-110-125-160-200-250-315-400-500-630
Longueur (m)	Couronne de 100 m pour DN 20 à 63 mm. Couronne de 50 pour DN 75- 90- 110mm. Barre droite de 12 m à partir du DN 125 mm
PN (bars)	PN 10 et PN 16
Branchements	Soudure a basse température ou raccords
durée de vie estimée (ans)	50

Source : GROUPE CHIALI

**Tableau VI.7 : Les caractéristiques de la gamme de produits des tubes en PEBD**

<b>Diamètres (DN) (mm)</b>	16 – 20 – 32 – 40 – 50 – 63 – 90 - 110 mm
<b>Longueur (m)</b>	Couronne de 100 m
<b>PN (bars)</b>	PN 4
<b>Branchements</b>	Soudure a basse température ou raccords
<b>durée de vie estimée (ans)</b>	50

Source : GROUPE CHIALI

Dans notre étude.nous utiliserons les conduites en PEHD.

### VI.7.2 Calcul des diamètres des canalisations

Le diamètre de la conduite principal et du réseau de distribution sera calculé sur la base d'une vitesse idéale.

$$D_{cal} = \sqrt{\frac{4Q_{dim}}{\pi.V_{ideal}}} \quad (VI.2)$$

Où :

$D_{cal}$  :Diamètrerecalculé (théorique) de tronçon considéré en (m) ;

$Q_{dim}$  :Débit véhiculé par le tronçon considéré en (m<sup>3</sup>/s) ;

$V_{ideal}$  :Vitesse admissible idéalechoisi en (m/s).

La fixation d'un seuil minimum de vitesse admissible dans les conduitesne correspond pas véritablement à un impératif technique.et n'a pour objectifque l'introduction d'un seuil raisonnable de diamètre maximum envisagé. pour transiter un débit donné. Ceci nous permettra d'accélérer le calcul d'optimisation.

Le choix du diamètre de la conduite est effectué de façon à ce que la vitesse d'écoulement dans la canalisation soit admissible et comprise entre la vitesse minimum et la vitesse maximum. et cela afin de ne pas provoquer certaine contrainte d'ordre technique : risque de coups de bélier violents lors des changements brusques du régime d'écoulement ou difficulté d'alimenter correctement les points à desservir.

**Tableau VI.8 : Seuil des vitesses admissibles en fonction des diamètres dans les conduites gravitaires.**

Diamètre (mm)	100	125	150	200	250	300	350	400	500
Vitesse minimum (m/s)	0.20	0.25	0.25	0.35	0.40	0.40	0.40	0.50	0.50
Vitesse maximum (m/s)	1.80	1.85	1.95	2.00					

Nous choisissons une vitesse moyenne de 1.4m/s admissible pour tous les diamètres.

Après avoir déterminé le diamètre calculé on choisit un diamètre normalisé oucommercialisé (qui diffère généralement de celui calculé) :  $D_{nor} \geq D_{cal}$

On calcul les vitesses obtenus par la normalisation des diamètres.Les résultats du calcul des diamètresde chaque tronçon sont présentés dans le tableau VI.9.

Tableau VI.9 : Diamètres des canalisations et vitesses d'écoulement.

Tronçon	L (m)	Q (l/s)	Q (m <sup>3</sup> /s)	D <sub>cal</sub> (m)	D <sub>cal</sub> (mm)	D <sub>nor</sub> (mm)	V <sub>cal</sub> (m/s)
N1-B6	297.21	13.69	0.01369	0.11	111.58	125	1.12
N1-B7	233.77	13.58	0.01358	0.11	111.13	125	1.11
N2-B5	308.72	11.62	0.01162	0.10	102.79	110	1.22
N2-B8	223.95	8.76	0.00876	0.09	89.27	90	1.38
N3-B4	307.63	10.18	0.01018	0.10	96.23	110	1.07
N3-B9	175.19	7.83	0.00783	0.08	84.38	90	1.23
N4-B3	310.36	14.19	0.01419	0.11	113.62	125	1.16
N4-B10	242.37	14.18	0.01418	0.11	113.56	125	1.16
N5-B2	273.15	12.20	0.0122	0.11	105.35	110	1.28
N5-B11	220.92	12.47	0.01247	0.11	106.48	110	1.31
N6-B1	255.34	14.61	0.01461	0.12	115.28	125	1.19
N6-B12	233.06	10.31	0.01031	0.10	96.82	110	1.08
N5-N6	213.05	24.92	0.02492	0.15	150.54	160	1.24
N4-N5	270.25	49.59	0.04959	0.21	212.37	250	1.01
N3-N4	167.01	77.96	0.07796	0.27	266.27	315	1.00
N2-N3	162.56	95.97	0.09597	0.30	295.43	315	1.23
N1-N2	214.26	116.35	0.11635	0.33	325.29	400	0.93
R-N1	439.10	143.62	0.14362	0.36	361.41	400	1.14

### VI.7.3 Calcul de perte de charge dans les conduites

La loi de perte de charge employée est celle de **Calmon et Lechapt**, donnée par la formule suivante :

$$j = \frac{Q^M}{D^N} L \quad (\text{VI. 3})$$

Avec :

$j$  : Perte de charge unitaire en (m/km) ;

$Q$  : Débit de la conduite en (m<sup>3</sup>/s) ;

$D$  : Diamètre de la conduite en (m) ;

$L, M$  et  $N$  : Constantes dépendantes de la rugosité absolue des canalisations.

Pour le PEHD  $L = 0.916$  ;  $M = 1.78$  et  $N = 4.78$  .

Généralement les pertes de charges singulières dans un réseau représentent environ 10% des pertes linéaires des conduites d'adduction. donc en prenant :  $k=10\%$ . la formule de calcul aura la forme suivante :

$$j = 1.0076 \frac{Q^{1.78}}{D^{4.78}}$$

$$\Delta H = j \times L \quad (\text{VI.4})$$

Où :

$\Delta H$  : Perte de charge totale en m ;

$j$  : Perte de charge unitaire en m/km ;

$L$  : Longueur de la conduite en m.

Les résultats des calculs sont présentés dans le tableau ci dessous :

Tableau VI.10 : Pertes de charge dans les canalisations.

Tronçon	L (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	D (m)	j (m/Km)	ΔH (m)
N1-B6	297.21	0.01369	0.125	10.0660	2.992
N1-B7	233.77	0.01358	0.125	9.9225	2.320
N2-B5	308.72	0.01162	0.11	13.8465	4.275
N2-B8	223.95	0.00876	0.09	21.8696	4.898
N3-B4	307.63	0.01018	0.11	10.9506	3.369
N3-B9	175.19	0.00783	0.09	17.8967	3.135
N4-B3	310.36	0.01419	0.125	10.7360	3.332
N4-B10	242.37	0.01418	0.125	10.7172	2.598
N5-B2	273.15	0.0122	0.11	15.1120	4.128
N5-B11	220.92	0.01247	0.11	15.7003	3.469
N6-B1	255.34	0.01461	0.125	11.3050	2.887
N6-B12	233.06	0.01031	0.11	11.1917	2.608
N5-N6	213.05	0.02492	0.16	8.9836	1.914
N4-N5	270.25	0.04959	0.25	3.6219	0.979
N3-N4	167.01	0.07796	0.315	2.6847	0.448
N2-N3	162.56	0.09597	0.315	3.8866	0.632
N1-N2	214.26	0.11635	0.4	1.7479	0.374
R-N1	469.07	0.14362	0.4	2.5426	1.116

**VI.7.4 Calcul de pression aux bornes et nœuds**

La pression au point X est donnée par la relation:

$$P = H - \Delta H - Z \quad (\text{VI.5})$$

$H$  : La charge totale ;

$\Delta H$  : La somme des pertes de charge en amont de point X ;

$Z$  : L'altitude de point X.

Les résultats des calculs sont présentés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau VI.11 : La pression aux bornes et nœuds en (m.c.e).**

Borne ou nœud	Altitude (m)	Charge (m)	Pression (m.c.e)
R	793	801.546	8.546
N1	785.80	800.429	14.629
N2	785.5	800.055	14.555
N3	785.35	799.423	14.073
N4	784	798.974	14.974
N5	781.9	797.996	16.096
N6	782.85	796.082	13.232
B1	785.09	793.09	8.000
B2	785.65	793.868	8.218
B3	785.85	795.642	9.792
B4	787.7	796.054	8.354
B5	788.35	795.780	7.430
B6	788.8	797.437	8.637
B7	783.75	798.110	14.360
B8	782.25	795.157	12.907
B9	782.15	796.288	14.138
B10	781.35	796.377	15.027
B11	780.8	794.527	13.727
B12	781	793.473	12.473

**NB :**

Concernant le système d'irrigation préconisé pour ces parcelles, l'irrigation par aspersion est déconseillée à cause de basses pressions par conséquent une irrigation localisée (goutte à goutte) est recommandée dans ce cas.

**VI.8 Dimensionnement du réservoir****a) Volume du réservoir**

Notre réservoir est situé à Dj bale Bougazouine à une altitude de 60 m. Le réservoir est reçoit l'eau refoulé par la station de pompage qui se fonctionne 20h/24h.

Pour dimensionner ce réservoir on utilise la formule suivante :

$$V_r = \frac{a * Q_{\max,j}}{100} \dots\dots\dots (VI.6)$$

Avec :

$V_r$  : capacité en (m<sup>3</sup>).

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

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

$Q_{\text{départ}}=143.62(l/s) = 12408.76(m^3/j)$

Donc  $Q_{\max j} = 12408.76 (m^3/j)$

$Q_{\text{arrivée}} = Q_{\max j} / 20 = 620.43(m^3/h) = 172.34(l/s)$

Calcul la fraction horaire  $a$  :

**Tableau VI.12** : Evaluation du volume résiduel du réservoir.

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



D'après le tableau  $a=16,6\%$

Donc  $V_r=16,7*12408.76/100=2072.26 \text{ m}^3$

La capacité normalisée sera  $V_r=2100\text{m}^3$

#### **b) La dimension du réservoir**

On prend :

- Une hauteur de 6 mètres.
- La géométrie de ce réservoir est rectangulaire.
- La longueur est 20m.
- La largeur est 18m.

### **VI.9 Conclusion**

A partir de ce chapitre on a proposé une variante plus classique pour projeter notre réseau d'adduction et de distribution. cette variante consiste en la projection d'une conduite maîtresse enterrée de différents diamètres (400 à 900mm) avec un débit maximal estimé à 143.62 l/s d'une longueur totale de 1496.2m. le matériau proposé est le PEHD à 10 bars.

12 bornes d'irrigation et robinets vannes sous regards sont proposés au niveau des ilots.

Le calcul de perte de charge dans les conduites est fait par la formule de Calmon et Lechapt pour une conduite en PEHD. ainsion a déterminé les pressions au niveau de chaque borne et nœud.

## **CHAPITRE VII :**

### *Dimensionnement d'un réseau d'irrigation goute à goutte*

## CHAPITRE VII Dimensionnement d'un réseau d'irrigation goutte à goutte

### VII.1 Introduction

L'irrigation "goutte à goutte" est principalement une technique, au moyen de laquelle l'eau et les fertilisants peuvent être mise directement à la disposition de la zone de répartition maximale du système racinaire de la culture agricole, grâce à des arroseurs conçus pour distribuer les faibles débits appropriés. Ces arroseurs appelés "tricklers ou goutteurs", réalisent une infiltration différentielle de l'eau suivant les trois dimensions en maintenant la tension eau-sol à une faible valeur. Ce qui engendre une économie parfaite de l'eau.

Le présent chapitre concerne le dimensionnement du réseau d'irrigation par aspersion, dont les principales caractéristiques ont été définies précédemment. Pour ce projet, nous avons choisi d'étudier la parcelle n°6B cultivé en pomme de terre. Les mêmes procédures ont été appliquées pour le dimensionnement d'autre parcelle en changeant ce qui doit être changé

### VII.2 Données générales

Le système le plus largement utilisé et le moins coûteux pour irriguer les parcelles de petites et moyennes dimensions est le système goutte à goutte à rampes mobiles avec une pression de fonctionnement basse à moyenne (2 bar).

Le réseau d'irrigation sera installé sur l'ilot N°6B alimentée par la borne N°6 et dont la pressions calculée est de l'ordre de 2.4. bar, ce qui est largement suffisant. La surface de l'exploitation est de 09 hectares.

Les paramètres de calcul utilisés dans ce chapitre sont des résultats des calculs à travers les chapitres précédents. En ce qui concerne notre cas (Ilot 03), les paramètres de calcul utilisés sont présentés dans le tableau suivant.

**Tableau VII.1 Caractéristiques de la parcelle à irriguer.**

<b>Paramètres de sol et de terrain</b>	
Superficie	10.19 ha
Longueur équivalent	460 m
Largeur	220 m
Perméabilité du sol (vitesse d'infiltration)	6.43 mm/h
RFU	42.9 mm
<b>Paramètres de système</b>	
Débit caractéristique	14.19 l/s
Pression de service	0.98 bar

VII.3 Composition d'une installation d'irrigation localisée

La figure suivante présente une illustration du schéma explicatif de l'installation du réseau goutte à goutte.

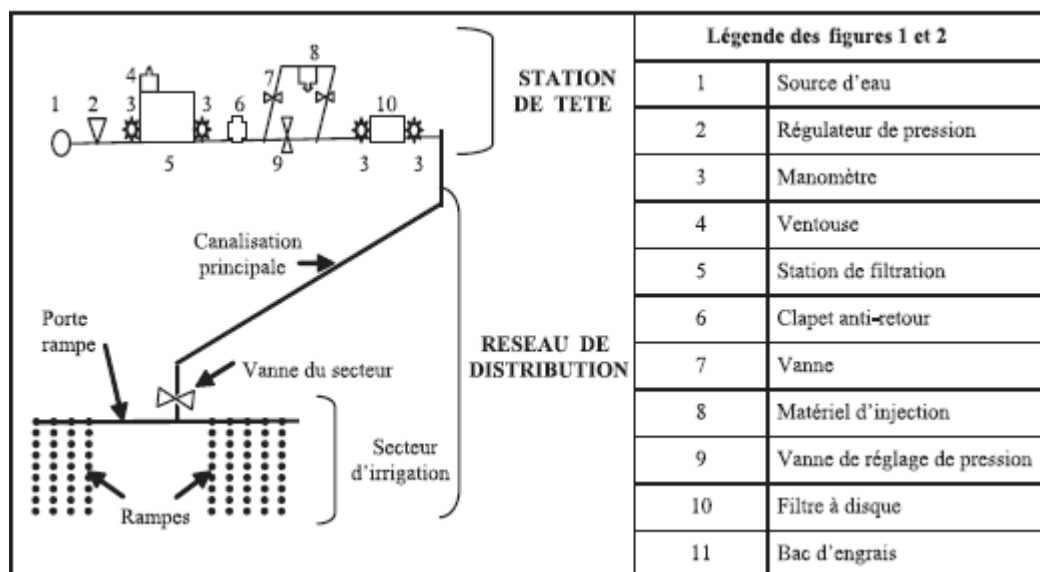


Figure VII.1 schéma explicatif d'une installation d'irrigation localisée

VII.3.1 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.

VII.3.2 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 soluble, azote en particulier 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, enrichie en engrais puis réinjectée dans la conduite principale. Avoir un bon filtre principal est une chose primordiale dans toutes les unités de tête. Le filtre à sable (ou à gravier), avec vannes permettant un nettoyage par contre-courant, est le meilleur, mais, avec de l'eau claire, un simple filtre à tamis peut suffire. Quand l'eau contient beaucoup de sable, on doit installer des filtres spéciaux, appelés dessableurs, qui fonctionnent suivant le principe au vortex.

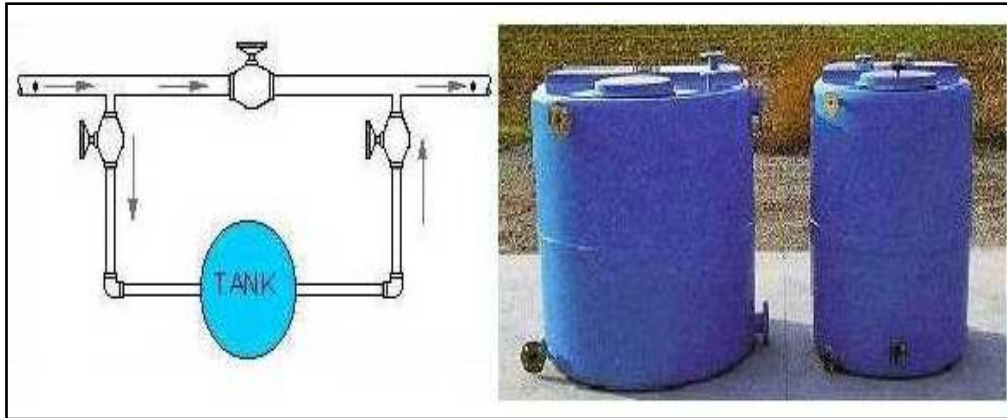


Figure VII.2 Dilueur d'engrais

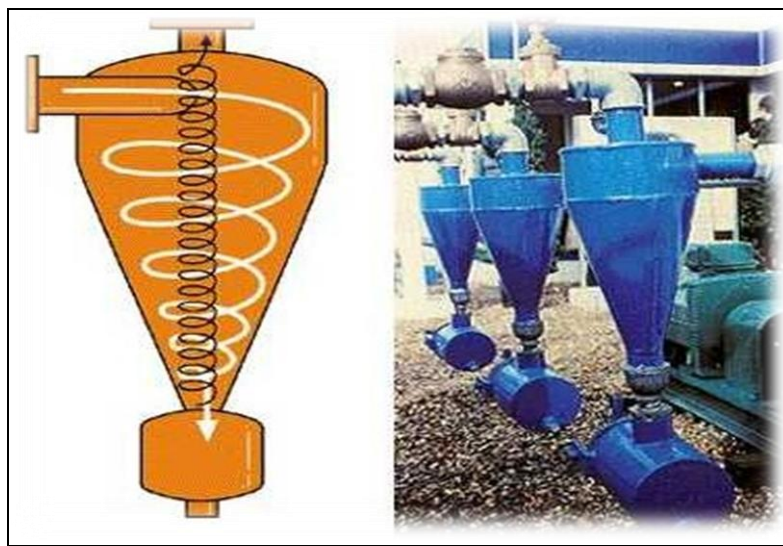


Figure VII.3 filtre à sable

### VII.3.3 la conduite principale

C'est la conduite qui relie au point de fourniture d'eau les diverses portes 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.

### VII.3.4 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).

### VII.3.5 les rampes

Qui sont toujours en PEBD (polyéthylène basse densité), à l'exception de quelques installations où l'on a utilisé du PVC rigide de petit diamètre. Les distributeurs y sont fixés avec un espacement prédéterminé. Il existe d'autres types de rampes qui assurent à la fois le transport et la distribution de l'eau, par exemple les rampes (ou gaines) poreuses ou perforées (à simple ou double section).

### VII.3.6 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. Ils peuvent être des goutteurs à très faible débit (quelques l/h), dont il existe de très nombreux types différents, des ajutages ou des mini diffuseurs dont le débit est un peu plus important (quelques dizaines de l/h).

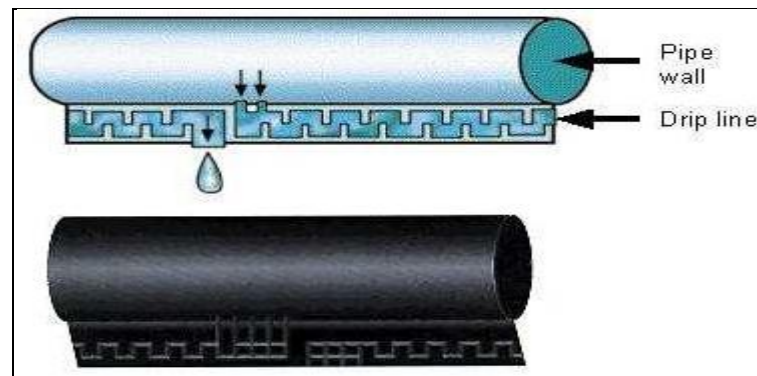


Figure VII.4 Goutteur incorporé dans une gaine souple



Figure VII.5 Goutteur

**VII.4 Dimensionnement****VII.4.1 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°03 alimenté par la borne N°03 et dont les pressions calculées sont de l'ordre de 0.98 bars, ce qui est suffisant. La surface de l'exploitation est de 10.19hectares.

➤ **Culture choisie : Pêches**

- ✓ 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 : 52.39 mm/mois (Juillet).

➤ **Caractéristiques des conditions de travail**

- ✓ Temps maximum journaliers de travail : 22 heures.

➤ **Détermination des données de bases**

- ✓ Surface totale a irriguée  $s(t) = 10.19$  ha

## VII.4.2 Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée

### VII.4.2.1 Influence du taux de couverture du sol

En micro-irrigation, les apports d'eau étant localisés sur une dose 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 besoins nets journaliers de pointe est 1.75 mm/jour (tableau des besoins en eau). En irrigation localisée les besoins se réduisent à

$$B_{ji} = 1.75 * 0,8 = 1.4 \text{ mm}$$



➤ 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<sub>cc</sub> : Humidité a la capacité au champ ;
- ✓ H<sub>pf</sub> : Humidité au point de flétrissement ;
- ✓ Y : Degré d'extraction de l'eau du sol ;
- ✓ Z : Profondeur d'enracinement en ;
- ✓ D<sub>a</sub> : La densité apparente du sol (D<sub>a</sub>=1.35) ;
- ✓ RFU<sub>th</sub>= 42.9 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
- ✓ S<sub>pd</sub> : Distance entre deux points de distribution voisins du même arbre
- ✓ S<sub>h</sub> : Largeur de la bande humidifiée
- ✓ S<sub>r</sub> : Ecartement entre rangs d'arbre
- ✓ S<sub>a</sub> : Espacement des arbres sur les rangs

**Tableau VII.2 les paramètres de la formule du calcul du pourcentage du sol humidifié**

H <sub>cc</sub> (%)	H <sub>pf</sub> (%)	Y	Z(mm)	D <sub>a</sub>	n	S <sub>pd</sub> (m)	S <sub>h</sub> (m)	S <sub>r</sub> (m)	S <sub>a</sub> (m)
27	13	2/3	1200	1.35	2	2	1	4	4

On obtient P = 50%

Donc Dose pratique (Dose nette).

$$D_p = 21.45 \text{ mm}$$

### VII.4.2.2 Fréquence des arrosages

La fréquence d'arrosage est donnée par la formule suivante

$$Fr = \frac{\text{Dose nette}}{B_{jl}} = \frac{21.45}{1.4} = 15.32 \text{ jours}$$

Donc on prend une fréquence d'arrosage de

$$Fr = 16 \text{ jours}$$

Après détermination de la fréquence d'arrosage, on recalcule

➤ **La dose réelle**

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

$$D_r = 12 * 1.4 = 22.4$$

➤ **La dose brute**

$$D_{brute} = \frac{D_r}{Cu * \text{eff}} = \frac{22.4}{0.9 * 0.9} = 27.65 \text{ mm}$$

### VII.4.2.3 Durée d'arrosage par mois

$$\theta = \frac{D_r * S_a * S_r}{n * q_g} = \frac{27.65 * 4 * 4}{2 * 4} = 55.3 \text{ heures/mois}$$

Sr et Sd espacement entre rang et distributeur, n et Qg nombre et débit du goutteur

### VII.4.2.4 Durée d'arrosage journalier

$$D_j = \frac{\text{durée d'arrosage}}{Fr} = \frac{55.3}{16} = 3.46 = 4 \text{ heures/jour}$$

### VII.4.2.5 Nombre de poste

Le nombre de poste par jour est défini comme suit :

$$N = \frac{\text{Temps de travail}}{\text{Durée d'arrosage journalier}} = \frac{22}{4} = 5,5 \text{ postes}$$

On prend 4 postes

## VII.4.2.6 Surface du poste (théorique)

$$Sp = \frac{\text{Surface totale}}{\text{Nombre de poste}} = \frac{10.19}{4} = 2.55\text{ha}$$

## VII.4.3 Calculs hydrauliques

## VII.4.3.1 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)

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

Avec

$q(g)$  : débit nominal du goutteur

$H(n)$  : pression nominal

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

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

## ➤ La répartition de la perte de charge

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

Avec

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

## ➤ 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.

**VII.4.3.2 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 = 234m

Largeur du terrain = 104 m

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

La longueur de la rampe : 52 m < 75m

La longueur de la porte rampe : 234 m

La longueur de la conduite secondaire : 310 m

**VII.4.3.3 Le nombre d'arbres par rampe**

$$N_{\text{arbres}} = L_r / E_r = 60 / 4 = 13 \text{ ( arbre/rampe )}$$

**VII.4.3.4 Nombre des goutteurs par rampe**

$$N = N_{\text{arbres}} * n = 13 * 2 = 26 \text{ goutteurs}$$

**VII.4.3.5 Le nombre des rampes**

$$N_r = L_{pr} / E_r = 234 / 4 = 58 \text{ rampes}$$

**VII.4.3.6 Débit de la rampe**

$$Q_r = N_g * Q_g$$

$$Q_r = 4 * 26 = 104 \text{ l/h}$$

**VII.4.3.7 Débit de la porte rampe**

$$Q_{pr} = Q_r * N_r * 2 = 104 * 58 * 2 = 12064 \text{ l/h}$$

On multiplie par 2 car la porte rampe coupe la surface du terrain au milieu de la parcelle

**VII.4.3.8 Nombre de porte rampe**

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

**VII.4.3.9 Débit de la conduite tertiaire**

$$Q_{csl} = Q_{pr} * N_{pr} = 12064 * 1 = 12064 \text{ l/h}$$

**VII.4.4 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 :

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

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

Avec

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

### VII.4.5 Calcul du diamètre de la rampe et vérification des pertes de charges

#### VII.4.5.1 Calcul du diamètre des rampes

$$D(\text{mm}) = \left( \frac{pdc_r \times 2.75}{0.478 \times Q(r)^{1.75} \cdot L(r)} \right)^{\frac{-1}{4.75}} = \left( \frac{1.2 \times 2.75}{0.478 \times 120^{1.75} \cdot 60} \right)^{\frac{-1}{4.75}} = 8.46 \text{ mm}$$

On prend un diamètre normalisé de 12 mm.

#### VII.4.5.2 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  $D = 16 \text{ mm}$

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 rampe 60 ;

$Q$  débit  $120 \text{ (l/h)} = 3.33 \times 10^{-5} \text{ (m}^3/\text{s)}$  ;

$D$  diamètre intérieur de la canalisation 0.012 m ;

$C_w = 140$  PEBD,

$\Delta H_{\text{rampe}} = 0.52 \text{ m}$  On voit que la perte de charge totale ne dépasse pas la limite imposée par la règle de Christiansen, 1.2 mce (hr max).

On prend  $D = 14 \text{ mm}$ .

### VII.4.6 Calcul de diamètre de porte rampe et Vérification des pertes de charges

#### VII.4.6.1 calcul de diamètre

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

$$D(\text{mm}) = \left( \frac{0.6 \times 2.75}{0.478 \times 7680^{1.75} \cdot 130} \right)^{\frac{-1}{4.75}} = 66.96 \text{ mm}$$

On arrondit à 90 mm

## VII.4.6.2 Vérification des pertes de charges

On recalcule les pertes de charges pour un  $D = 90$  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 porte rampe = 234m ;
- ✓ Q : débit 12064 (l/h) =  $3.35 \times 10^{-3}$  (m<sup>3</sup>/s) ;
- ✓ D : diamètre intérieur de porte rampe 0,09m ;

Avec :  $C_w = 140$  PEBD,  $L = 234$ m,

$$\Delta H_{\text{rampe}} = 0.86 \text{ m}$$

Les pertes de charges totales dans le réseau sont de 1.38 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 VII.3** Calculs des diamètres et pertes de charges des rampes

parametres	Lr (m)	Qr (l/h)	Dcal (mm)	Dn (mm)	hr(m) P. charge
Rampe	52	104	8.46	12	0.52
P/rampe	234	12064	66.96	90	0.86

## VII.4.7 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 (m<sup>3</sup>/s) ;  
V vitesse d'écoulement (m/s).

**Tableau VII.4 Calcul de diamètre de la conduite tertiaire**

L(m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	v supposée (m/s)	Dcal (mm)	Dn (mm)	Vcal (m/s)	hcal (m)
52	0.003	1.05	60.31	63	0.96	0.88

**VII.4.8 La pression d'eau à la borne de distribution**

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

**Tableau VII.5 Récapitulatif des calculs des diamètres et pertes de charges**

	La rampe	Porte rampe	Conduite tertiaire
Longueur(m)	52	234	52
Diamètre(m)	12	63	63
Débit (m <sup>3</sup> /s)	$2.88 \cdot 10^{-5}$	$3.35 \cdot 10^{-3}$	$3.35 \cdot 10^{-3}$
Pertes de charge(m)	0.52	0.86	0.88

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.

$$\Delta h = 12,26 = 1.23 \text{ bars.}$$

**VII. 5 Conclusion**

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

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.



**CHAPITRE VIII :**

*Pose de canalisation et ODC*

## Chapitre VIII : Pose de canalisation et ODC

### VIII.1 Introduction

La pose de canalisation joue un rôle très important dans leur stabilisation, et leur durabilité, et par conséquent dans la durée de vie du réseau et son bon fonctionnement. Dans ce contexte, et dans le but d'obtenir une meilleure coordination des travaux sur terrain, nous allons exposer la pose de canalisation en général, à effectuer dans notre agglomération, une chronologie des travaux à entreprendre, ainsi que les engins de terrassement qui vont être utilisés pour la mise en place des conduites.

### VIII.2. Choix et type de pose de canalisation pour l'agglomération :

Afin de répondre au critère de bonne mise en œuvre, il existe plusieurs variantes de pose de conduites :

- la Pose en terre;
- la Pose en mauvais terrains ;
- la Pose en galerie ;
- la Pose en pentes ;
- la Pose des conduites traversées des routes et voies ferrées
- la Pose en immersion (cours d'eau) ;
- la Pose à proximité d'une conduite d'assainissement
- la Passage de ponts
- la Pose sans tranchée ouverte

Le choix s'effectue en fonction de : la topographie du terrain et sa nature, la disposition des lieux et des différents obstacles qui peuvent être rencontrés. Selon ces facteurs on opte pour les poses suivantes :

#### VIII.2.1. Pose de canalisation en terre :

Le choix est justifié par la présence du réseau dans un terrain ordinaire en sa totalité.

Dans ce type de pose on procède à l'enfouissement des canalisations dans une tranchée de largeur et profondeur suffisante (détaillé ci-après) avec établissement des niches, et cela va nous permettre de les protéger contre les dégradations extérieures, de conserver la fraîcheur de l'eau et de les mettre à l'abri du gel.

#### VIII.2.2. Pose à proximité d'une conduite d'assainissement :

Ce cas concerne quelques tronçons dans notre projet qui seront posées dans la même tranchée que les conduites d'assainissement, dans ce cas il faut veiller à ce que les tuyaux d'eau potable soient posés au-dessus des tuyaux d'eau usée sur un rayon de 30m, comme l'indique la figure suivante :

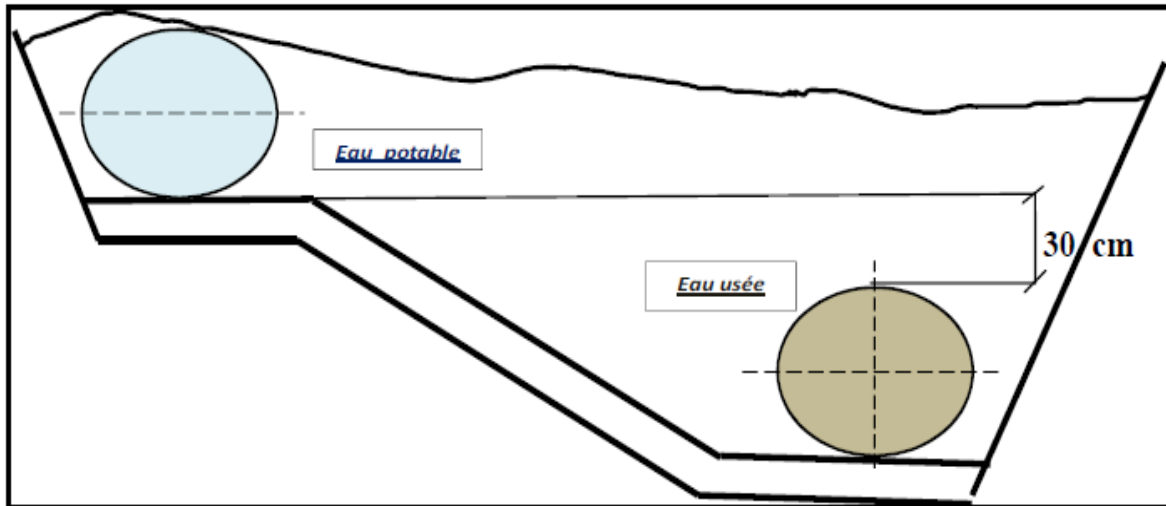


Figure VIII.1 : Pose à proximité d'une conduite d'assainissement.

### VIII.2.3. Pose des conduites en traversées des routes :

Cette pose aussi sera appliquée pour quelques tançons dans notre projet, pour qu'il n'y ait plus de transmission des vibrations dues aux charges et pour amortir les chocs qui peuvent nuire aux conduites et causer des ruptures, par suite des infiltrations nuisibles, on prévoit les solutions suivantes :

- Des gaines : ce sont des buses de diamètre supérieur dans lesquelles les conduites sont introduites.
- Par enrobage dans le béton : dans ce cas les conduites sont couvertes de béton.

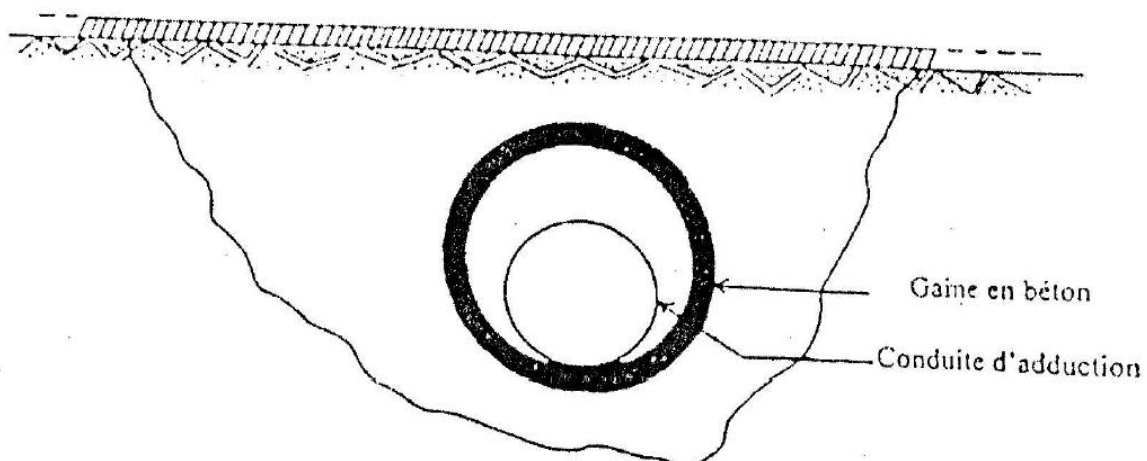


Figure VIII.2 : Traversée d'une route au moyen d'une gaine.

### VIII.2.4. Utilisation des Butées et verrouillage :

Tout système de canalisation véhiculant un fluide sous pression subit d'importantes contraintes : des forces de poussées apparaissent aux changements de direction par exemple.

Pour éviter tout risque de déboîtement, il convient essentiel de rééquilibrer ces efforts, soit en réalisant des massifs de butée en béton, soit en verrouillant le système de canalisations.

#### ➤ *L'utilisation de massifs de butées en béton :*

Est la technique la plus communément utilisée pour reprendre les efforts de poussée hydraulique d'une canalisation à emboîtement sous pression, différents types de massifs en béton peuvent être conçus selon la configuration de la canalisation, la résistance de la nature de sol, la présence ou non de nappe phréatique. Le massif reprend les efforts dus à une poussée hydraulique soit par :

- Frottement sur le sol (massif poids).
- Appui sur le terrain en place (massif butée).

En pratique, les massifs en béton sont calculés en tenant compte des forces de frottement et de la résistance d'appui sur le terrain.

#### ➤ *Verrouillage :*

Le verrouillage des joints à emboîtement est une technique alternative aux massifs en béton pour reprendre les efforts de poussées hydrauliques. Elle est essentiellement employée lorsqu'il existe des contraintes d'encombrement.

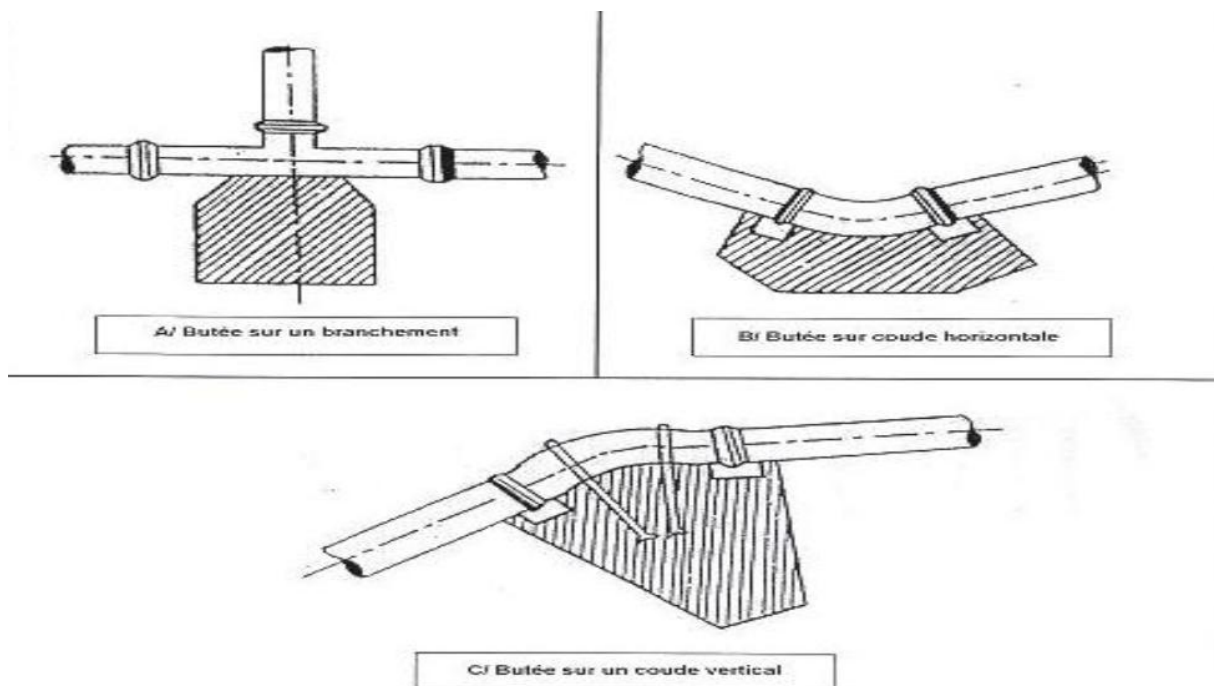


Figure VIII.3 : Les butées.

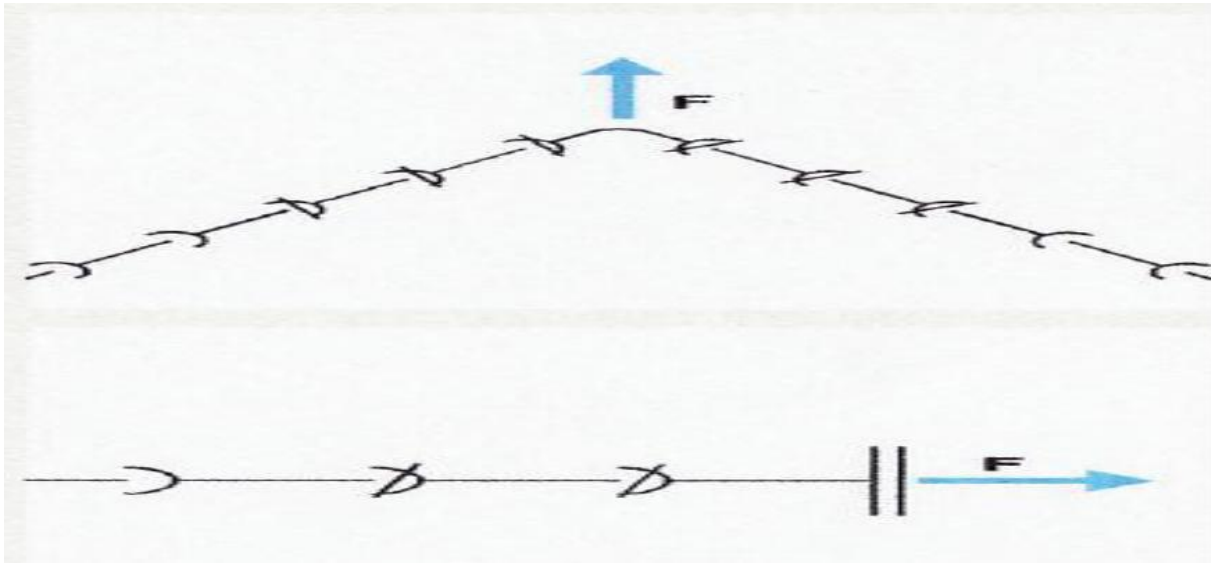


Figure VIII.4 : Verrouillage.

### VIII.3. Aménagement du lit de pose :

#### VIII.3.1. Implantation du tracé des tranchées sur le terrain :

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

#### VIII.3.2. Nivellement :

Le nivellement est la mesure des différences d'altitudes entre deux ou plusieurs points situés sur une pente uniforme. Lorsque le terrain compte des obstacles on procède au nivellement par cheminement et par un simple calcul, on détermine la hauteur de chaque point ainsi la profondeur de tranchée en point.

#### VIII.3.3. Excavation des tranchées :

Cette opération se divise en deux étapes :

➤ *Enlèvement de la couche végétale :*

Pour la réalisation de cette opération, on opte pour un bulldozer (voir Figure VIII.10).

➤ **Réalisation des fouilles :**

La réalisation de la tranchée et le remblaiement dépendent des paramètres suivants :

- Environnement ;
- Caractéristiques de la conduite (type de joint et diamètre) ;
- Nature du terrain (avec ou sans eau) ;
- Profondeur de pose.

NB : on choisit d'utiliser la pelle hydraulique pour la réalisation des fouilles (Figure VIII.9).

a. Largeur de la tranchée :

Elle doit être au minimum 0.60 m pour faciliter les travaux. Elle sera calculée en fonction du diamètre de la conduite, en laissant 0.30 m d'espace de chaque côté de celle-ci.

(Figure VIII.5). La largeur de la tranchée est donnée par la formule suivante :

$$B = D + (2 \times 0,30) \text{ (m)}$$

Avec :

B : largeur de la tranchée (m).

D : diamètre de la conduite (m).

b. La profondeur de la tranchée :

La profondeur doit être suffisante. Elle varie de 0.60 m à 1.20 m pour assurer la protection de la conduite contre les variations de la température et le risque d'écrasement sous l'effet des charges et des surcharges (Figure VIII.5).

On peut calculer la profondeur de la tranchée en utilisant la formule suivante :

$$H = D + H1 + H2 \dots \text{en (m)}$$

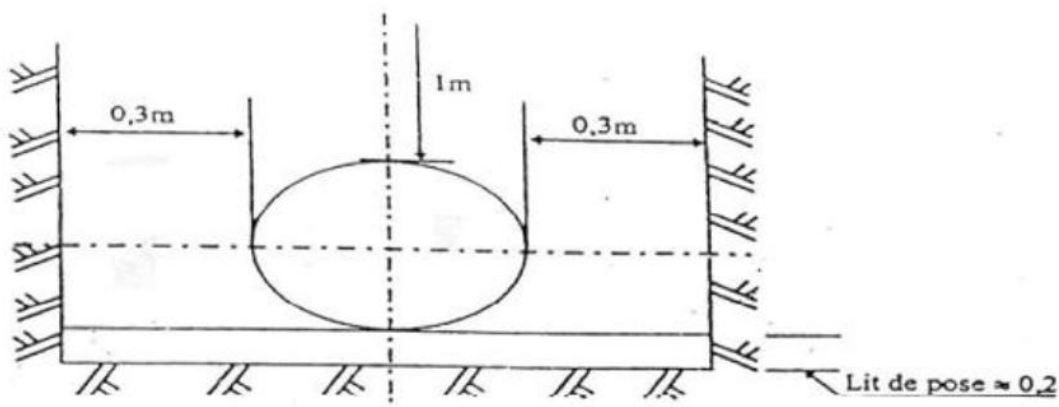
Avec :

H : la profondeur de la tranchée (m);

H1:profondeur du lit de pose prise égale à 0.2 m ;

H2:distance verticale séparant la génératrice supérieure de la conduite à la surface du sol (m)

D : diamètre de la conduite (mm).



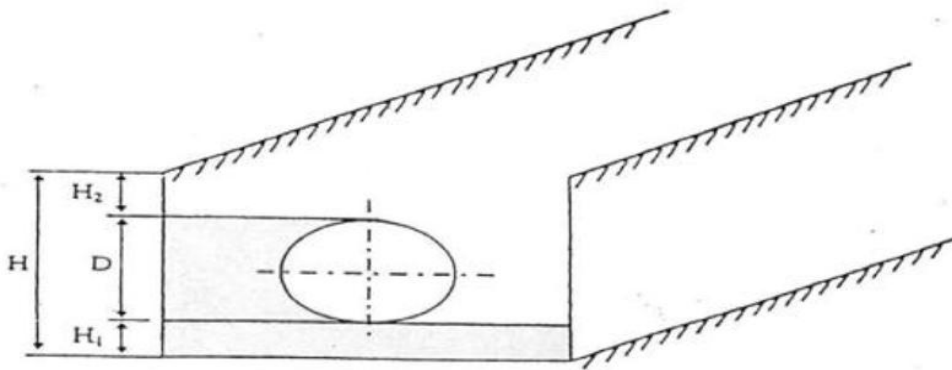


Figure VIII.5 : Schéma d'une tranchée avec une conduite circulaire.

c. Lit de pose :

Avant la pose de conduite, nous procédons à la pose d'un lit de sable de 0,15 m à 0,2 m d'épaisseur nivelée suivant les côtes du profil en long. Dans notre cas il sera constitué par le gravier puisque le terrain est de nature ordinaire.

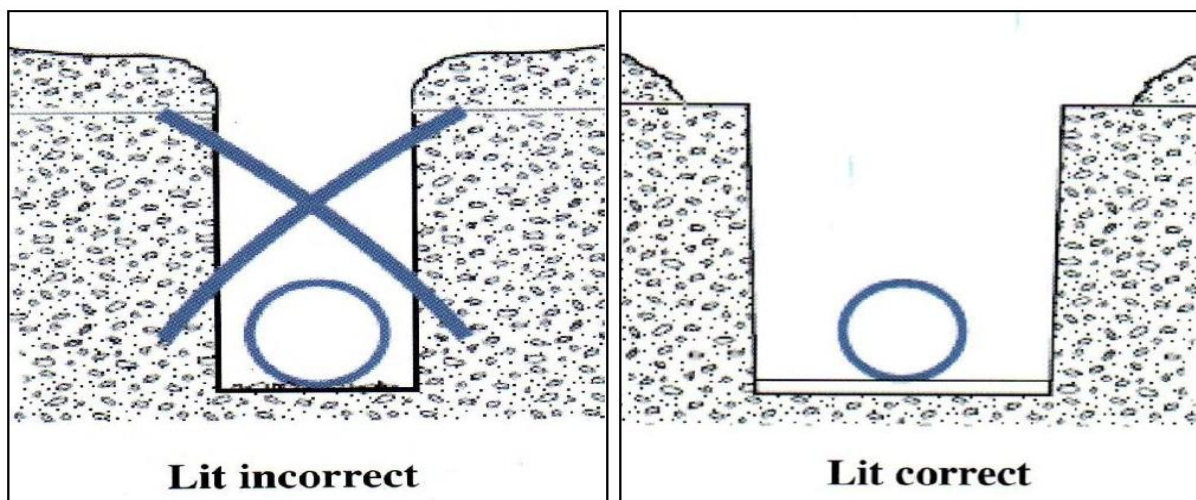


Figure VIII.6: Lit de pose.

d. L'assise :

Au-dessus du lit de pose et jusqu'à la hauteur de l'axe de la canalisation, le matériau de remblai est poussé sous les flancs de la canalisation et compacté de façon à éviter tout mouvement de celle-ci et lui constituer l'assise prévue.

L'ensemble du lit de pose et l'assise constituent l'appui [7].

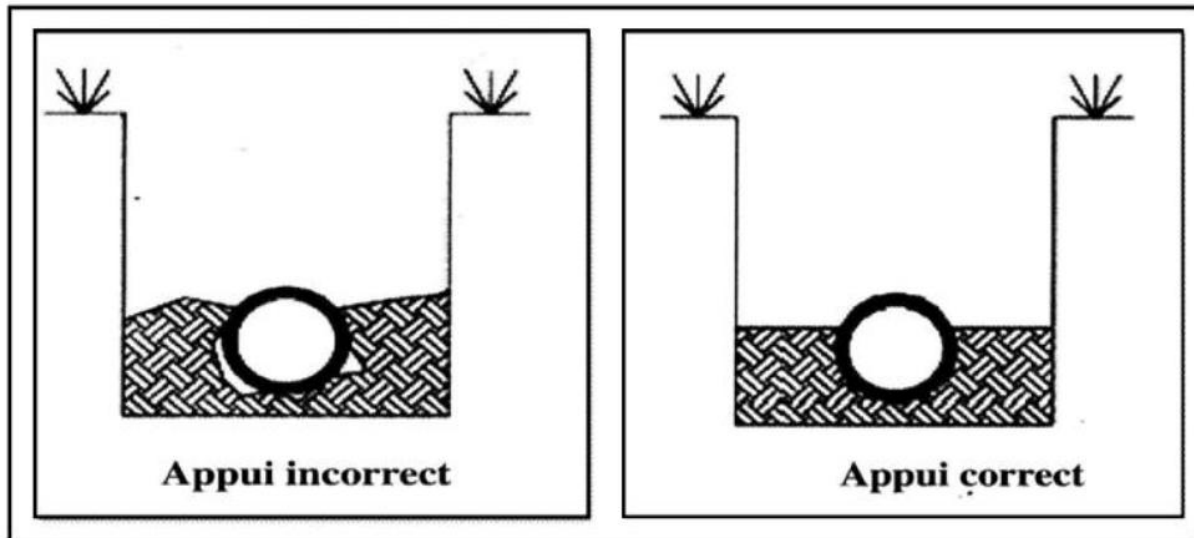


Figure VIII.7 : Appui des conduites. [3]

#### VIII.4. Pose des conduites :

- Avant la descente des conduites aux fouilles, on procède à un triage des conduites de façon à écarter celles qui on subit des chocs.
- la descente des tuyaux doit être manipulée avec soin, ils seront posés lentement soit manuellement soit mécaniquement à l'aide d'un pose tube dans le fond de la fouille.
- Chaque élément posé dans la tranchée doit être présenté dans l'axe de l'élément précédemment posé, et au cours de la pose, il faut vérifier régulièrement l'alignement des tuyaux afin d'avoir une pente régulière entre deux regards, pour y opérer correctement on effectue des visées à l'aide des nivelettes tous les 80 m environ
- Tous les débris liés à la pose doivent être retirés de l'intérieur du tuyau avant ou juste après la réalisation d'un emboîtement. Ceci peut être effectué en faisant passer un goupillon le long du tuyau ou à la main, selon le diamètre.
- A chaque arrêt de travail un bouchon temporaire doit être solidement appliqué sur l'extrémité ouverte de la canalisation pour éviter l'introduction des corps étrangers. Cela peut faire flotter les tuyaux en cas d'inondation de la tranchée, auquel cas les tuyaux doivent être maintenus au sol par un remplissage partiel de la tranchée ou par étayage temporaire.

NB : puisque nous avons des petits diamètres (inférieur a 250mm) on va faire descendre les conduites manuellement.

##### VIII.4.1. Epreuve de joints et de la canalisation :

Pour plus de sécurité l'essai de pression des conduites et des joints se fait avant le remblaiement, on l'effectue à l'aide d'une pompe d'essai (pompe d'épreuve), qui consiste au remplissage en eau de la conduite sous pression de 1,5 fois la pression de service à laquelle sera soumise la conduite en cours de fonctionnement.



Cette épreuve doit durer 30 minutes environ où la variation ne doit pas excéder 0,2 bar.

#### VIII.4.2. Remblayage des tranchées :

Le remblai une fois les épreuves réussies, la mise en place du remblai bien tassé est effectuée manuellement en utilisant la terre des déblais, (tout élément indésirable étant exclu).

Le remblaiement doit être fait par couche de 20 à 30 cm. Sachant que le remblayage des tranchées comporte en général deux phases principales :

- **Le remblai d'enrobage :**

Comprend le lit de pose, l'assise, le remblai de protection, le remblai directement en contact avec la canalisation, jusqu'à une hauteur uniforme de 10cm au-dessus de sa génératrice supérieure, doit être constitué du même matériau que celui de lit de pose.

- **Le remblai supérieur :**

L'exécution du remblai supérieur peut comporter la réutilisation des déblais d'extraction de la fouille, si le maître de l'ouvrage l'autorise.

Ceux-ci seront toutefois expurgés des éléments de dimension supérieure à 10 cm, des débris végétaux et animaux, des vestiges de maçonnerie et tout élément pouvant porter atteinte à la canalisation [7].

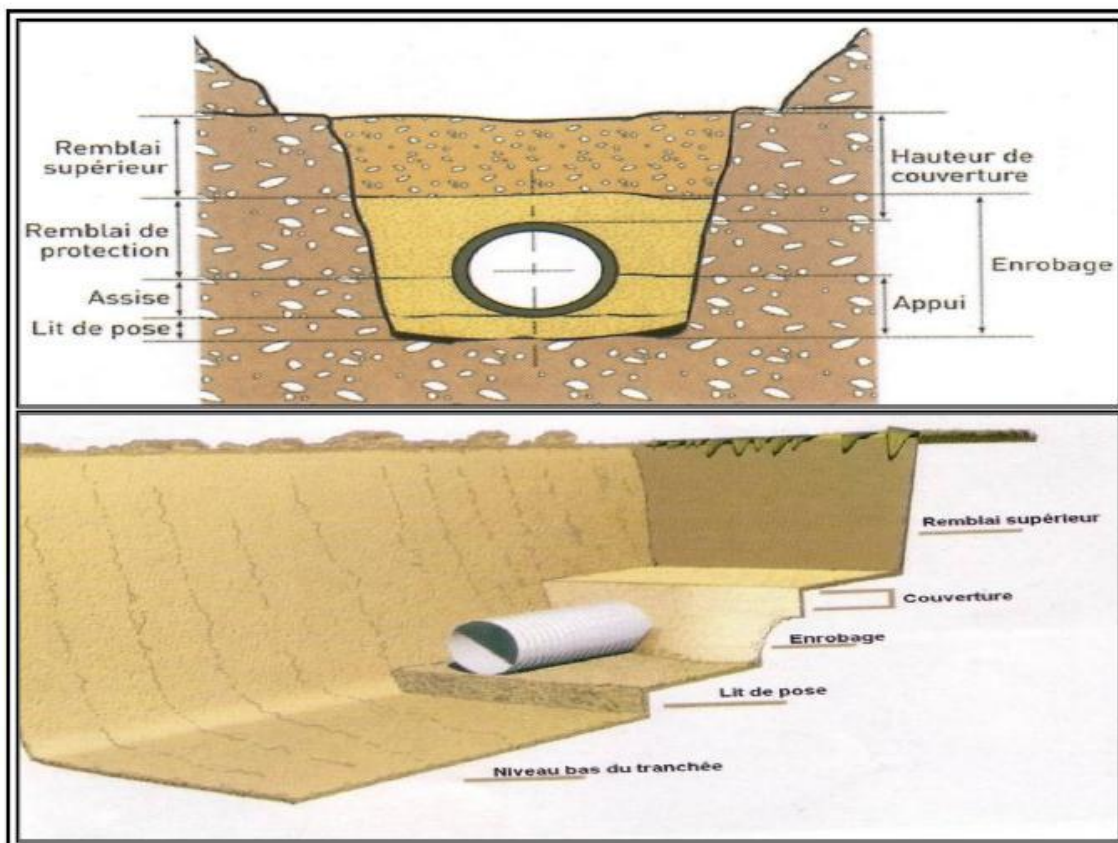


Figure VIII. 8 : Remblayage des tranchées. [7]

NB : nous utiliserons un chargeur pour le remblayage (voir Figure VIII.11).

**VIII.5. Nivellement et compactage :**

Une fois le remblai fait, on procède au nivellement qui consiste à étaler les terres qui sont en monticule, ensuite au compactage pour augmenter la densité des terres et éviter le tassement par la suite.

NB : nous optons pour un compacteur (vibrateur de sol) pour le compactage.

**VIII.6. Désinfection du réseau :**

Lors de la pose, la terre ou les poussières peuvent être introduites à l'intérieur des conduites, pour éliminer ces corps étrangers, il est indispensable de procéder à un nettoyage et un rinçage du réseau avant de livrer l'eau à la consommation publique.

Les principaux produits susceptibles d'être utilisés comme désinfectants sont :

- Le permanganate de potassium (KMnO<sub>4</sub>).
- Hypochlorite de calcium (ClO<sub>2</sub>Ca).
- L'hypochlorite de sodium (ClONa ou eau de javel).

Avec un temps de contact qui dépend du produit utilisé et de sa dose introduite ; en fin on procède au rinçage à l'eau claire.

Tableau VIII.1 : Produits de désinfection (Doses et temps de contact).

Désinfectants utilisés	Temps de contact minimum en heures	Dose de désinfectant (mg / l)	Précautions
Eau de Javel	24	90 à150	-Se dégrade rapidement à la lumière. -Neutraliser le chlore avant le rejet pour les grandes quantités
Hypochlorite de calcium	24 – 1,2 – 0,5 – instantané	10 – 50 – 150 – 10.000	-Ne pas utiliser en milieu confiné -Neutraliser le chlore avant le rejet pour les grandes quantités
Permanganate de potassium	24	50	-A préparer au moins 24 heures d'avance -Ne pas rejeté directement dans les eaux de surface (forte coloration)

**Remarque :** Lorsque le réseau désinfecté a été convenablement rincé à l'eau claire, des prélèvements de contrôle sont faits immédiatement par le laboratoire agréé chargé de la surveillance des eaux, et si les résultats sont défavorables, l'opération est renouvelée dans les mêmes conditions.

**VIII.7. Les engins de terrassement utilisés :**

Le matériel utilisé pour les chantiers est le matériel classique des chantiers de travaux public, les engins que nous allons utiliser sont :

- Une pelle hydraulique ;
- Un bulldozer ;
- Un chargeur ;
- Un vibreur du sol pour le compactage des fouilles et des tranchées.



Figure VIII.9 : Pelle hydraulique.

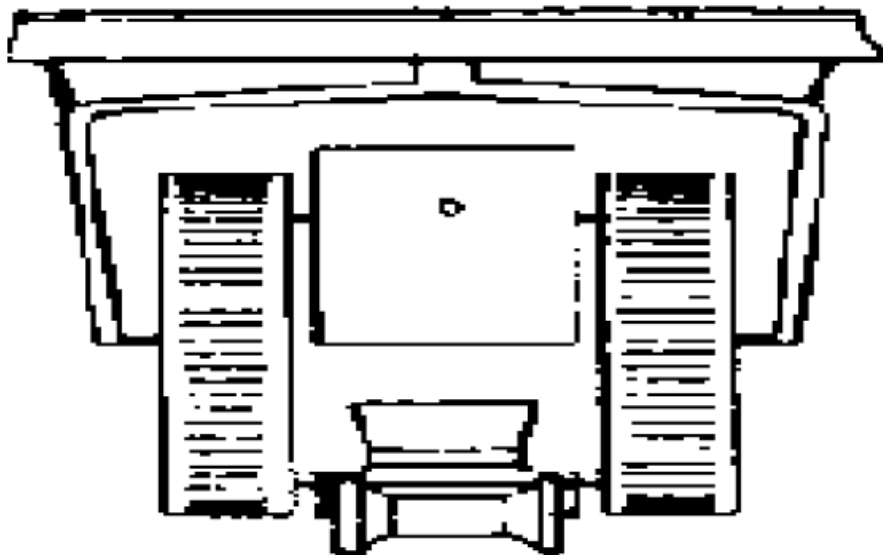


Figure VIII.10 : Bulldozer.



Figure VIII.11 : Chargeur

### VIII.8. Accessoires :

Le long d'une canalisation, différents organes et accessoires sont installés pour :

- Assurer un bon écoulement ;
- Régulariser les pressions et mesurer les débits ;
- Protéger les canalisations ;
- Changer la direction ;
- Raccorder deux conduites ;
- Changer le diamètre ;
- Soutirer les débits.

#### VIII.8.1. Robinets vannes :

Ce sont des appareils de sectionnement utilisés pour le cas de manœuvres lentes pour les gros diamètres. L'obturation est obtenue pour une rotation de 90° de la partie tronconique.

On distingue les robinets vannes papillon :

##### *a. Robinet à papillon centré :*

Le robinet à papillon peut être manœuvré par commande manuelle, électrique, pneumatique, hydraulique. Pour ces robinets de grand diamètre, le couple dépend des caractéristiques hydrauliques du circuit.

#### **Applications :**

- Adduction d'eau, traitement d'eau, irrigation, assainissement, dessalement, l'industrie ;
- Circuits de refroidissement et d'incendie ;
- Construction navale, sidérurgie et dans les centrales électriques (hydrauliques, thermiques et nucléaires) ;
- Sectionnement et régulation dans tous les secteurs de l'industrie.

**Conditions de service :**

- Température : de 0° C minimum à +65° C maximum.
- La température d'utilisation dépend du fluide véhiculé et de la nature de l'élastomère de la manchette utilisée.
- D'autres températures peuvent être proposées.
- Pression admissible (PS) jusqu'à 25 bar à la température ambiante.



Figure VIII.12 : Vanne à papillon centré.

**b. Robinet vanne à opercule :**

Les robinets vannes à opercule sont des appareils de sectionnement qui doivent être complètement ouverts ou fermés. Leur encombrement est considérable comparé à celui des vannes papillon. L'arrêt est fait par un obturateur en forme de coin.

**Applications**

- Processus industriels, centrales électriques et chantiers navals ;
- Pour eau, vapeur, gaz, huiles et autres produits non agressifs ;
- Autres applications sur demande.

**Conditions de service :**

- Pression de service maxi admissible : 40 bars.
- Température maxi admissible : 400 °C.



Figure VIII.13 : Robinet vanne à opercule.

### VIII.8.2. Clapet anti retour :

Le clapet anti retour est, en apparence, un appareil simple. Schématiquement, il fonctionne comme une porte. C'est un accessoire permettant l'écoulement du liquide dans un seul sens.

#### Application :

- Industrie et installations de chauffage ;
- Fluides, vapeur, gaz ;
- Installations de chauffage à eau chaude ;
- Installations de chauffage à eau surchauffée ;
- Installations thermo conductrices.

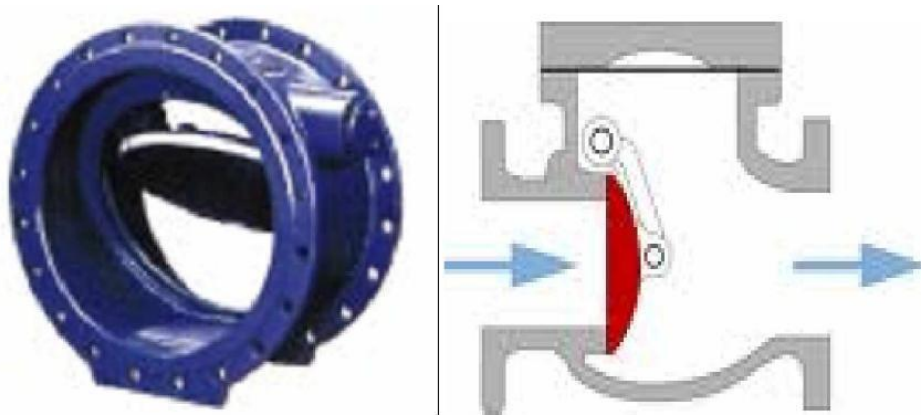


Figure VIII.14 : Clapet anti retour.

### VIII.8.3. Ventouse :

Appareils mis en place aux points hauts de la canalisation et servant à l'évacuation de l'air occlus, l'air, compressible, est le pire ennemi des installations.

Les bouchons d'air se compriment et décompressent créant des pressions qui varient sans cesse.

Les sous-pressions sont souvent plus dévastatrices que les surpressions. Si l'on ne prévoit pas d'entrée d'air lorsque l'on vide les tuyaux, cela engendre le phénomène de vacuum qui engendre des déformations et dégradations importantes des tuyaux.

On injecte donc de l'air par les ventouses.

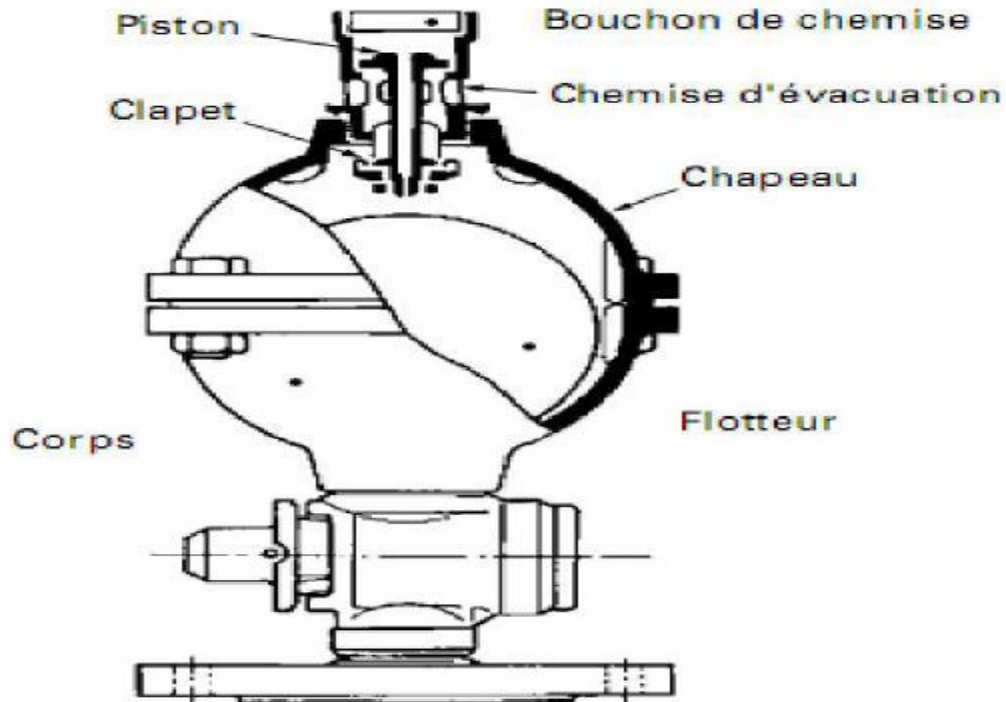


Figure VIII.15: Ventouse à fonction unique.

#### VIII.8.4. Mesure de pression :

Les appareils les plus utilisés sont :

##### a. Manomètres à aiguilles :

Dans les manomètres à aiguille, le mouvement est transmis à l'aiguille soit par un secteur enté soit par un levier soit par une membrane. L'avantage de cette transmission est la facilité d'étalonnage et son inconvénient réside dans usure rapide de la denture surtout si le manomètre subit des vibrations.



Figure VIII.16 : Manomètre à aiguilles.

**b. Manomètres à soufflet :**

Ces manomètres sont dotés d'un cylindre, dont le fût est constitué d'un matériau souple, plié en accordéon (voir figure VIII.16).

Une des extrémités du cylindre est fixée à la « source » de pression et l'autre à un appareil indicateur ou un instrument. Les soufflets permettent une grande amplitude de mouvement (la course) dans la direction de la flèche une fois en contact avec le fluide dont on veut mesurer la pression.

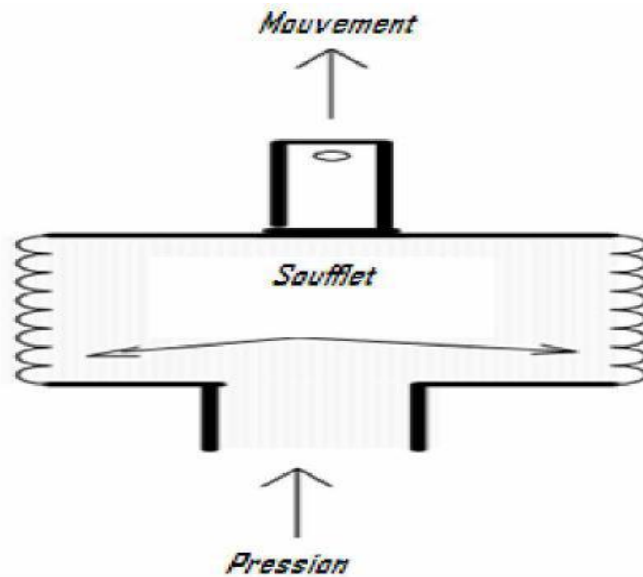


Figure VIII.17 : Manomètre à soufflet

**VIII.9.Conclusion:**

A travers ce chapitre, nous avons défini tous les travaux qui vont avoir lieu sur chantier, et la manière dont il faut procéder, mais cela ne suffit pas parce que le levage, la manutention de tuyaux, et les travaux dans les tranchées, sont des opérations dangereuses.

Donc ces opérations doivent être réalisées par un professionnel maîtrisant les procédures, pour que la qualité des tuyaux et raccords ne soient pas détériorés lors de la pose et l'emboîtement, et pour que la procédure d'emboîtement ne soit pas compromise.



## **Conclusion générale :**

L'intérêt de ce projet est immense car l'irrigation va permettre une diversification des cultures en places, un accroissement des rendements.

La zone d'étude présente une géomorphologie quasi plane légèrement ondulée avec une pente d'exposition générale S-NO. Au terme de ce travail, il ressort que le dimensionnement d'un réseau de distribution pour but d'irrigation n'est pas si simple. La connaissance des caractères physico-chimiques des sols permettra par cette occasion l'introduction des cultures adéquates dans la région. En effet beaucoup de contraintes aussi bien techniques qu'administratives peuvent influencer sur le tracé du réseau.

L'analyse climatologique montre que la région possède un climat semi-aride, avec une pluviométrie insuffisante pour l'obtention de rendements acceptables. L'aptitude des sols reste bonne et assez riche pour divers cultures. L'installation de brises vent, l'apport des amendements organiques, des fertilisants minéraux et le labour profond, les principaux facteurs préconisés pour améliorer les propriétés de sol.

En se basant sur la méthode de Penman-Monteith-FAO, pour estimer l'évaporation potentielle (ETP) et la méthode du département américain de l'agriculture (USDA) pour le calcul de la pluie efficace, nous avons pu estimer les besoins en eau d'irrigation pour les cultures de périmètre à irriguer.

Nous avons choisit un tracé qui a pu gravitairement nous assurer des pressions assez conséquentes au niveau des bornes d'irrigation. De plus il a fallu dans la mesure du possible respecter le foncier afin de maintenir un certain degré de liberté pour l'utilisation des prises d'eau. La projection des systèmes d'irrigation modernes tels que l'aspersion et le goutte à goutte permettent une meilleure gestion de la ressource en eau et une meilleure conservation du sol.

L'étude comparative entre les techniques d'irrigation, nous a montré que le système d'irrigation par aspersion est le plus convenable pour certaines cultures (céréales, carottes, ...) alors que le goutte à goutte est indiqué pour d'autres spéculations (choux, pêche, ...) c'est deux systèmes permettent une meilleure gestion de la ressource en eau et une meilleure conservation du sol.

## Références bibliographiques

**Aouata I. (2014).** *Etude de permettre d'irrigation d'Ain Kercha partie ouest wilaya d'Oum El Bouaghi.* Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en hydraulique, Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique (ENSH), Blida ;

**Ayers R.S., Westcot D.W. (1994).** *Water quality for agriculture* (FAO irrigation and drainage paper N°29). Rome : FAO ;

**Belaid N. (2010).** *Evaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb-Sfax: salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques.* Thèse en cotutelle en vue de l'obtention du doctorat, École Nationale d'Ingénieurs de Sfax, Tunisie ;

**Ben Mebarek M.C. (2011).** *Contribution a' l'étude de l'aménagement Hydro-agricole du périmètre de teleghma wilaya de Mila.* Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en hydraulique, Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique (ENSH), Blida ;

**Benkaci A.T. (2013-2014).** *Travaux dirigés : Calcule des Paramètres de l'irrigation par asperseur,* Document non publié, Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique (ENSH), Blida ;

**Bennis S. (2007).** *Hydraulique et hydrologie* (2<sup>e</sup> édition). Québec : Les Presses de l'Université du Québec ;

**Blaney H.F., Criddle W. D. (1952).** *Determining water requirements in irrigated areas from climatological and irrigation data.* Washington, D.C : U.S. Soil Conservation Service ;

**Boulifa I. (2011).** *Etude du périmètre d'irrigation de F'kirina à l'aval de la retenue collinaire d'Oulmène wilaya d'Oum El Bouaghi.* Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en hydraulique, Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique (ENSH), Blida ;

**Brouwer C., Heibloem M. (1986).** *Irrigation Water Management: Irrigation Water Needs* (Training manual N° 3). Rome : FAO ;

**Claude L. (1975).** *Annales de géographie : L'évapotranspiration potentielle et ses implications géographiques.* (t. 84, n°464). Paris : Armand colin ;

**Clément M., Paul A., Jean-Claude C. (2007).** *Bases techniques de l'irrigation par aspersion.* Paris : Lavoisier ;

**Clément R., Galand A., Meylan J. (1990).** *Systèmes d'irrigation.* Paris : Techniques de l'Ingénieur;

**CYPE Ingenieros, S.A. (2015).** *Générateur de prix de la construction, Algérie.* En ligne <http://www.algerie.prix-construction.info> ;

**Daniel H., Food and Agriculture Organization of the United Nations. (1997).** *Small-scale irrigation for arid zones Principles and options.* Rome : FAO ;

**Dastane N. G. (1978).** *Effective rainfall in irrigated agriculture.* Rome : FAO ;

**FAO Division de la mise en valeur des terres et des eaux. Etats-Unis. Bureau of reclamation. (1990).** *Etudes et prospections pédologiques en vue de l'irrigation* (Bulletin pédologique de la FAO, 42). Rome : FAO ;

**Gouaidia L. (2008).** *Influence de la lithologie et des conditions climatiques sur la variation des paramètres physico –chimiques des eaux d'une nappe en zone semi aride, cas de la nappe de Meskiana nord-est algérien.* Thèse en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat en sciences de la terre, Université BADJI MOKHTAR-Annaba ;

**Kadi K., Chergui M., Malkia N., Hamli S., Boukeria S., Yahia A. (2014).** *Estimation des besoins en eau de la culture de l'ail par différentes formules* (European Scientific Journal September 2014 edition vol.10, No.27). En ligne <http://eujournal.org> ;

**L'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). (2015).** *Le Calendrier cultural.* En ligne <http://www.fao.org/agriculture/seed/cropcalendar/welcome.do> ;

**Labye Y., Olson M. A., Galand A., Tsiourtis N. (1996).** *Conception et optimisation des réseaux d'irrigation* (FAO irrigation et drainage N° 44). Rome : FAO ;

**Leonvil S. M. (1953).** *Premier Cours National Post-Gradue Sur L'Irrigation, Le Drainage et la Gestion des Ressources Hydriques. Relation Sol-Plante-Eau.* Port-au-Prince, Haïti : IICA Haïti ;

**Léopold R., Centre national du machinisme agricole, du génie rural, des eaux et des forêts (France). (2003).** *Guide pratique irrigation.* Versailles : Editions Quae ;

**Marc S., André M., André M. (2007).** *Ingénierie des eaux et du sol : processus et aménagements.* Lausanne : Presses Polytechniques et Universitaires Romandes ;

**Mermoud A. (2007).** *Cours : Aménagement et équipement de territoire, notion fondamentale de l'irrigation,* école polytechnique fédérale de Lausanne ;

**Messahel M. (1992).** *Guide de mémoire de fin d'étude pour les élèves ingénieur en génie rural (irrigation).* Document non publié, Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique (ENSH), Blida ;

**Messahel M. (2013-2014).** *Syllabus de cours : irrigation et drainage.* Document non publié, Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique (ENSH), Blida ;

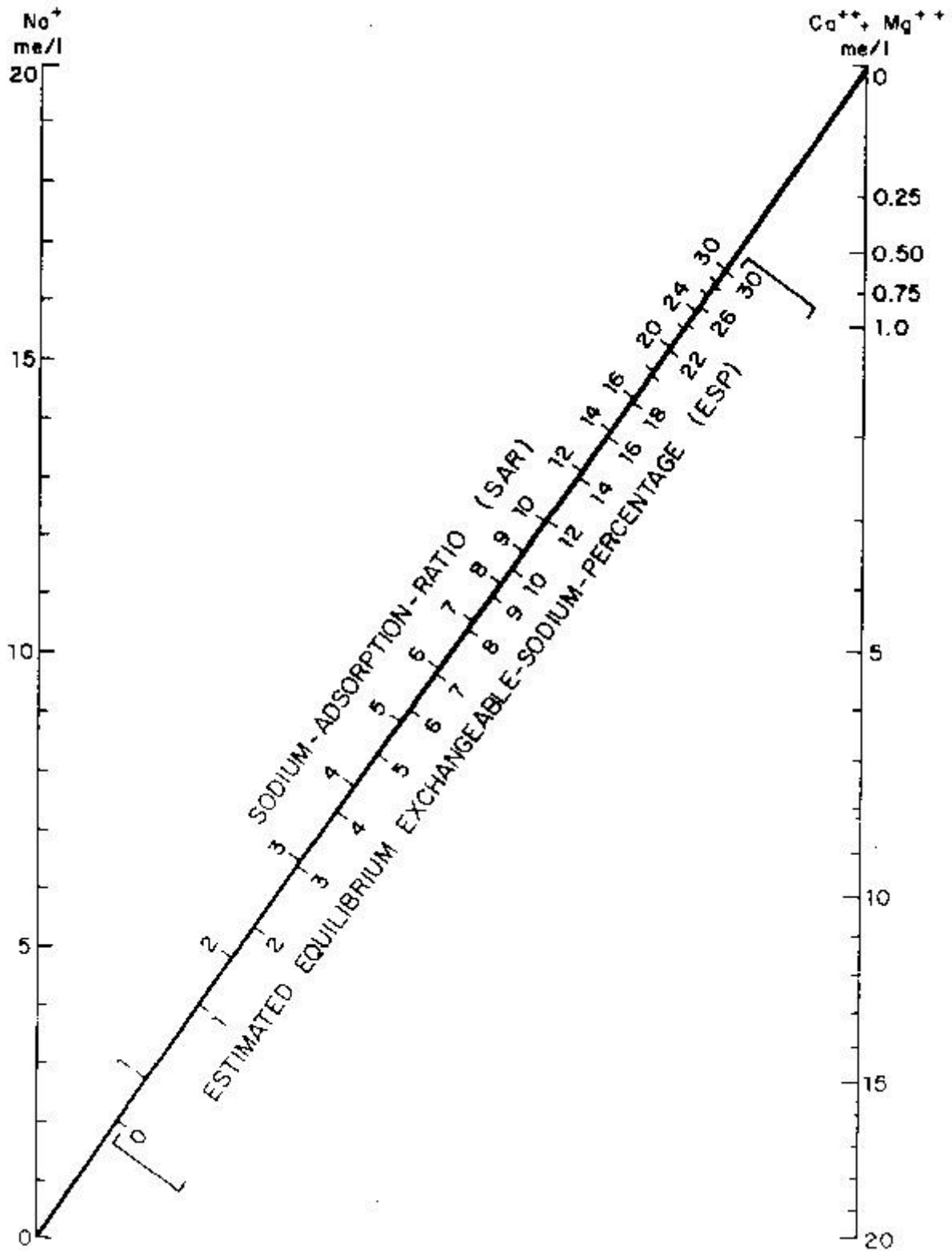
**MOUDJARI N. (2014-2015)** Etude de périmètre d'irrigation de MESKIANA willaya d'OM ELBOUGHY , Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique (ENSH), Blida

**Pierre-Emile V.L. (2003).** *Mémento de l'irrigation* (Collection : Manuels Techniques). Bruxelles, Belgique : Ingénieurs Assistance Internationale - Ingénieurs sans Frontières ;

**Vermeiren L (1983).** *L'irrigation localisée: calcul, mise en place, exploitation, contrôle du fonctionnement* (Volume 36 de Bulletin F.A.O. d'irrigation et de drainage). Rome : FAO ;

*Annexes*

**Annexe III : Nomogramme pour déterminer la valeur du SAR de l'eau d'irrigation et pour estimer la valeur correspondante de l'ESP d'un sol à l'équilibre avec sa solution (US salinity Laboratory Staff, 1953)**



**Annexe V.1 : Coefficient de correction (K) pour les valeurs de Thornthwaite, en fonction de la latitude et du mois considérés.**

<b>Lat.N</b>	<b>J</b>	<b>F</b>	<b>M</b>	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>J</b>	<b>J</b>	<b>A</b>	<b>S</b>	<b>O</b>	<b>N</b>	<b>D</b>
<b>0</b>	1.04	0.94	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04
<b>5</b>	1.02	0.93	1.03	1.02	1.06	1.03	1.06	1.05	1.01	1.03	0.99	1.02
<b>10</b>	1.00	0.91	1.03	1.03	1.08	1.06	1.08	1.07	1.02	1.02	0.98	0.99
<b>15</b>	0.97	0.91	1.03	1.04	1.11	1.08	1.12	1.08	1.02	1.01	0.95	0.97
<b>20</b>	0.95	0.90	1.03	1.03	1.13	1.11	1.14	1.11	1.02	1.00	0.93	0.94
<b>25</b>	0.93	0.89	1.03	1.06	1.15	1.14	1.17	1.12	1.02	0.99	0.91	0.91
<b>26</b>	0.92	0.88	1.03	1.06	1.15	1.15	1.17	1.12	1.02	0.99	0.91	0.91
<b>27</b>	0.92	0.88	1.03	1.07	1.16	1.15	1.18	1.13	1.02	0.99	0.90	0.90
<b>28</b>	0.91	0.88	1.03	1.07	1.16	1.16	1.18	1.13	1.02	0.98	0.90	0.90
<b>29</b>	0.91	0.87	1.03	1.07	1.17	1.16	1.19	1.13	1.03	0.98	0.90	0.89
<b>30</b>	0.90	0.87	1.03	1.08	1.18	1.17	1.20	1.14	1.03	0.98	0.89	0.88
<b>31</b>	0.90	0.87	1.03	1.08	1.18	1.18	1.20	1.14	1.03	0.98	0.89	0.88
<b>32</b>	0.89	0.86	1.03	1.08	1.19	1.19	1.21	1.15	1.03	0.98	0.88	0.87
<b>33</b>	0.88	0.86	1.03	1.09	1.19	1.20	1.22	1.15	1.03	0.97	0.88	0.86
<b>34</b>	0.88	0.85	1.03	1.09	1.20	1.20	1.22	1.16	1.03	0.97	0.87	0.86
<b>35</b>	0.87	0.85	1.03	1.09	1.21	1.21	1.23	1.16	1.03	0.97	0.86	0.85
<b>36</b>	0.87	0.85	1.03	1.10	1.21	1.22	1.24	1.16	1.03	0.97	0.86	0.84
<b>37</b>	0.86	0.84	1.03	1.10	1.22	1.23	1.25	1.17	1.03	0.97	0.85	0.83
<b>38</b>	0.85	0.84	1.03	1.10	1.23	1.24	1.25	1.17	1.04	0.96	0.84	0.83
<b>39</b>	0.85	0.84	1.03	1.11	1.23	1.24	1.26	1.18	1.04	0.96	0.84	0.82
<b>40</b>	0.84	0.83	1.03	1.11	1.24	1.25	1.27	1.18	1.04	0.96	0.83	0.81
<b>41</b>	0.83	0.83	1.03	1.11	1.25	1.26	1.27	1.19	1.04	0.96	0.82	0.80
<b>42</b>	0.82	0.83	1.03	1.13	1.26	1.27	1.28	1.19	1.04	0.95	0.82	0.79
<b>43</b>	0.81	0.82	1.02	3.12	1.26	1.28	1.29	1.20	1.04	0.95	0.81	0.77
<b>44</b>	0.81	0.82	1.02	1.13	1.27	1.29	1.32	1.20	1.04	0.95	0.80	0.76
<b>45</b>	0.80	0.81	1.02	1.13	1.28	1.29	1.31	1.21	1.04	0.94	0.79	0.75
<b>46</b>	0.79	0.81	1.02	1.13	1.29	1.31	1.32	1.22	1.04	0.94	0.79	0.74
<b>47</b>	0.77	0.80	1.02	1.14	1.30	1.32	1.33	1.22	1.04	0.93	0.78	0.73
<b>48</b>	0.76	0.80	1.02	1.14	1.33	1.33	1.34	1.23	1.05	0.93	0.71	0.12
<b>49</b>	0.75	0.79	1.02	1.14	1.32	1.34	1.35	1.24	1.05	0.93	0.76	0.71
<b>50</b>	0.74	0.78	1.03	1.15	1.33	1.36	1.37	1.25	1.06	0.92	0.76	0.70
<b>Lat.S</b>												
<b>5</b>	1.06	0.95	1.04	1.00	1.02	0.99	1.02	1.03	1.00	1.05	1.03	1.06
<b>10</b>	1.08	0.97	1.05	0.99	1.01	0.96	1.00	1.01	1.00	1.06	1.05	1.10
<b>15</b>	1.12	0.98	1.05	0.98	0.98	0.94	0.97	1.00	1.00	1.07	1.07	1.12
<b>30</b>	1.14	1.00	1.05	0.97	0.96	0.91	0.95	1.99	1.00	1.08	1.09	1.15
<b>25</b>	1.17	1.01	1.05	0.96	0.94	0.88	0.93	0.98	1.00	1.10	1.11	1.18
<b>30</b>	1.20	1.03	1.06	0.95	0.92	0.85	0.90	0.96	1.00	1.12	1.14	1.21
<b>35</b>	1.23	1.04	1.06	0.94	0.89	0.82	0.87	0.94	1.00	1.13	1.17	1.25
<b>40</b>	1.21	1.06	1.07	0.93	0.86	0.78	0.84	0.92	1.00	1.15	1.20	1.29
<b>42</b>	1.28	1.07	1.07	0.92	0.85	0.76	0.82	0.92	1.00	1.16	1.22	1.31
<b>44</b>	1.30	1.08	1.07	0.92	0.83	0.74	0.81	0.91	0.99	1.17	1.23	1.33
<b>46</b>	1.32	1.10	1.07	0.91	0.82	0.72	0.79	0.90	0.99	1.17	1.25	1.35
<b>48</b>	1.34	1.11	1.08	0.90	0.80	0.70	0.76	0.89	0.99	1.10	1.27	1.37
<b>50</b>	1.37	1.12	1.08	0.89	0.77	0.67	0.74	0.88	0.99	1.19	1.29	1.41

**Annexe V.2 : Pourcentage d'éclairage (P) mensuel pour différents latitudes.**

-----												
Latitude in °												
North	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
-----												
60	4.67	5.65	8.08	9.65	11.74	12.39	12.31	10.70	8.57	6.98	5.04	4.22
50	5.98	6.30	8.24	9.24	10.68	10.91	10.99	10.00	8.46	7.45	6.10	5.65
40	6.76	6.72	8.33	8.95	10.02	10.08	10.22	9.54	8.39	7.75	6.72	6.52
35	7.05	6.88	8.35	8.83	9.76	9.77	9.93	9.37	8.36	7.87	6.97	6.86
30	7.30	7.03	8.38	8.72	9.53	9.49	9.67	9.22	8.33	7.99	7.19	7.15
25	7.53	7.14	8.39	8.61	9.33	9.23	9.45	9.09	8.32	8.09	7.40	7.42
20	7.74	7.25	8.41	8.52	9.15	9.00	9.25	8.96	8.30	8.18	7.58	7.66
15	7.94	7.36	8.43	8.44	8.98	8.80	9.05	8.83	8.28	8.26	7.75	7.88
10	8.13	7.47	8.45	8.37	8.81	8.60	8.85	8.71	8.25	8.34	7.91	8.10
0	8.50	7.66	8.49	8.21	8.50	8.22	8.50	8.49	8.21	8.50	8.22	8.50
South												
10	8.86	7.87	8.53	8.09	8.18	7.86	8.14	8.27	8.17	8.62	8.53	8.88
20	9.24	8.09	8.57	7.94	7.85	7.43	7.76	8.03	8.13	8.76	8.87	9.33
30	9.70	8.33	8.62	7.73	7.45	6.96	7.31	7.76	8.07	8.97	9.24	9.85
40	10.27	8.63	8.67	7.49	6.97	6.37	6.76	7.41	8.02	9.21	9.71	10.49

**Annexe V.3 : Valeurs mensuelles de la radiation globale (Iga) pour différents latitudes Nord.**

Latitude Nord	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°
janvier	858	759	642	508	364	222	87.5	5	0
février	888	821	732	624	495	360	215	82	2.9
mars	890	873	834	764	673	562	432	289	146
avril	862	894	902	880	833	764	676	577	508
mai	816	885	930	950	944	920	880	860	889
juin	790	873	934	972	985	983	970	992	0.42
juillet	804	879	930	955	958	938	908	905	945
août	833	880	902	891	858	800	728	651	610
septembre	875	872	843	788	710	607	487	341	213
octobre	880	830	755	658	536	404	262	119	17.5
novembre	860	767	656	528	390	246	111	17	0
décembre	842	735	610	469	323	180	55.5	0	0

**Annexe V.4 : Durée mensuelle du jour «H» en heures par mois (c'est-à-dire nombre d'heures où le soleil est au-dessus de l'horizon chaque-mois).**

*Latitude nord*

	0°	2°	4°	6°	8°	10°	12°	14°	16°	18°	20°	22°
Janvier	375	372	369	366	363	360	357	354	351	348	344	340
Février	342	341	339	337	335	333	331	330	328	327	325	323
Mars	375	375	375	374	374	374	374	374	373	373	373	373
Avril	363	364	366	367	369	370	371	373	374	376	378	379
Mai	375	378	381	384	387	390	393	396	399	402	406	410
Juin	363	366	369	373	377	381	384	388	392	396	400	408
Juillet	375	378	381	384	387	391	394	398	402	406	410	413
Août	375	377	379	381	383	386	388	390	392	394	397	399
Septembre	363	363	364	364	365	365	366	366	367	367	368	368
Octobre	375	374	373	372	370	369	368	367	366	364	363	361
Novembre	363	361	359	357	354	351	348	345	342	339	336	333
Décembre	375	372	369	365	361	357	354	350	342	342	338	334

	26°	28°	30°	32°	34°	36°	38°	40°	42°	44°	46°	48°
Janvier	332	328	324	320	316	311	306	301	294	287	280	273
Février	319	316	313	311	309	307	304	301	298	295	292	288
Mars	372	372	372	372	372	371	371	371	370	370	370	369
Avril	384	385	387	389	391	395	395	398	401	404	407	410
Mai	421	421	425	429	433	441	441	446	452	458	465	472
Juin	317	417	422	427	432	443	443	449	457	465	473	481
Juillet	421	425	355	434	439	449	449	455	462	469	476	484
Août	404	407	320	413	416	422	422	425	429	434	439	444
Septembre	369	370	317	371	372	373	373	374	375	376	377	378
Octobre	359	357	429	354	352	348	348	346	344	342	340	337
Novembre	327	324	410	316	312	304	304	300	295	290	284	278
Décembre	326	322	371	312	307	297	297	291	283	276	269	261

*Latitude sud*

	0°	2°	4°	6°	8°	10°	12°	14°	16°	18°	20°	22°	24°	26°	28°
Janvier	375	378	381	385	389	392	395	399	403	406	410	413	417	421	425
Février	342	343	345	346	348	350	352	354	356	358	360	362	364	366	368
Mars	375	375	376	376	377	377	378	378	379	379	379	379	380	380	380
Avril	363	362	361	359	358	357	355	353	352	351	349	348	347	346	342
Mai	375	373	371	368	365	362	359	356	353	350	347	344	340	336	333
Juin	363	359	355	351	348	345	341	337	334	331	327	323	319	315	312
Juillet	375	372	369	366	363	360	357	354	351	347	343	339	335	331	327
Août	375	374	372	370	368	366	364	362	360	358	356	354	352	349	346
Septembre	363	363	362	362	362	362	361	361	361	360	360	360	359	358	358
Octobre	375	376	377	378	379	381	381	383	385	387	388	390	392	394	396
Novembre	363	365	368	371	374	377	380	383	386	389	392	395	398	401	405
Décembre	375	378	382	386	390	394	397	400	404	408	412	416	421	426	431