

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: Conception des systèmes d'irrigation et drainage

THEME :

**Dimensionnement du réseau d'irrigation du périmètre de Hassi Lefhel
-Secteur 01- (W. Ghardaïa) d'une superficie de 200 ha.**

Présenté par:

M^r FRIEKH HICHAM

Devant les membres du jury

Noms et Prénoms	Grade	Qualité
M ^r : MEDDI MOHAMED	Professeur	Président
M ^{me} : SAADOUNE SAMRA	M.C.B	Examinatrice
M ^{me} : MEDJDOUB SONIA	M.A.A	Examinatrice
M ^r : KOLAI DJAFER	Assistant	Examineur
M ^r : YAHIAOUI SAMIR	M.A.A	Promoteur

Septembre-2016

REMERCIEMENTS

Avant tout, je remercie ALLAH qui a illuminé mon chemin et qui m'a donné la force, ainsi que la bonne volonté pour achever le cursus universitaire et ce modeste travail.

Au terme de cette étude qu'il me soit permis d'exprimer ma profonde gratitude envers tous ceux qui m'ont apporté leur aide.

Je tiens à remercier chaleureusement, Mon promoteur Mr: YAHIAOUI Samir qu'a bien voulu m'encadrer durant ce mémoire de fin d'études, et qui a assuré la direction et l'orientation scientifique de ce travail. Je lui exprime mes vifs remerciements.

Je profite de l'occasion pour remercier tous mes enseignants e l'ENSH de la première année jusqu'à maintenant.

Mon respect aux membres du jury qui me feront l'honneur d'examiner mon travail.

Dédicace

Je dédie ce travail :

Avant tout à mes chers parents, pour leur soutien immense qu'ils n'ont cessé de m'apporter ainsi que les conseils qu'ils m'ont prodigué sans lesquels j'avoue je ne serai pas ce que je suis aujourd'hui.

A mes sœurs et frères

A toute la famille FRIEKH

A Mon promoteur M^r YAHIAOUI Samir

A tous mes amis sans exception et d'une façon spéciale à :Mahdi , Fares , Raouf, Tarek, Hamza , Idris, Ahmed, Mahdi , Hichem, Djamel, Hichem, Tarek, Mohamed, Abdou ,Esaghir , Brahim, Younes, , Karim, Lotfi, , Mohammed, Chouchou, Taqy , Abd Elhadi... et tous les étudiants d'ENSH.

المخلص

إن الهدف من إنجاز مذكرة نهاية الدراسة يتمثل ضمن إطار تحديد الأبعاد لشبكة توزيع المياه على مستوى المساحة الزراعية ، والتي تسمح للحصول على مردود مرتفع من الإنتاجية، وذلك باستخدام أفضل تقنيات السقي، مع الحفاظ على الموارد المائية، و مراعاة الظروف المناخية، نوعية التربة ونوعية المياه.

ان استخدام أساليب نوعية لتحديد الاحتياجات من المحاصيل تؤدي إلى زيادة كفاءة استخدام المياه. حيث تتناول هذه المذكرة التهيئة المائية الزراعية في المنطقة الجافة ببلدية حاسي لفحل بولاية غرداية وذلك بالاعتماد على نظام السقي بالتقطير والذي هو النظام الأكثر كفاءة.

Résumé

Le présent mémoire a pour objectif, la projection d'un réseau de distribution de l'eau à travers le périmètre, qui permette d'obtenir un rendement élevé de la productivité, en utilisant les meilleures techniques d'irrigation, tout en préservant les ressources hydriques, et en tenant compte des conditions climatiques ainsi que la qualité du sol et la qualité des eaux utilisées.

En utilisant des méthodes qualitatives pour déterminer les exigences de cultures et présenter de manière à ce que l'efficacité de l'eau soit maximale. Le mémoire traite l'aménagement hydro-agricole en zone aride dans la commune Hassi Lefhel wilaya de Ghardaïa en se basant sur le système d'irrigation localisée qui est le plus efficient.

Abstract

This thesis construct a part of the projection of a water distribution network at the level of agricultural area , which allow obtaining a high yield of productivity, using the best techniques of irrigation, while preserving water resources and taking into account climatic conditions, soil quality and water quality. Using qualitative methods to determine the requisite of crops and presented a way that water efficiency is the best. This study management hydro-agricultural development in arid zone in the town Hassi Lefhel a region Ghardaia focussing on irrigation system localized which is the most efficient.

SOMMAIRE

Introduction Generale.....	1
----------------------------	---

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles de la zone d'étude

I.1.Introduction	2
I.2 Présentation générale de la zone d'étude.....	2
I.2.1. Choix du périmètre d'étude	3
I.2.2 Topographie et géologie de la zone d'étude.....	3
I.3 Caractéristiques climatologiques de la zone d'étude	4
I.3.1.Caractéristiques de la station météorologique	4
I.3.2. Température.....	4
I.3.3. Pluviométrie.....	6
I.3.4. Humidité relative	7
I.3.5. Vents.....	7
I.3.6. L'évaporation	8
I.3.7. Insolation	8
I.4.Indices climatiques	9
I.4.1. Indice d'aridité de Martonne (1926)	9
I.4.2.Quotient pluviométrique d'EMBERGER	10
I.4.3. Classification du climat selon l'indice de Bagnouls et Gausсен	11
I.5. Situation socio-économique de la région.....	12
I.5.1.Population et son répartition.....	13
I.5.2. L'emploi	13
I.5.3. L'agriculture	14
I.6. Conclusion	15

Chapitre II : Ressources en eau et en sol

II.1.Introduction	16
II.2.Ressources en eaux.....	16
II.2.1 Eaux surfaciques	16

II.2.2 Eaux souterraines	16
II. 2.2.1.Présentation de La nappe du continental intercalaire.....	17
II.3. Mobilisation des eaux souterraines	18
II.3.1 Moyens de stockage et équipements hydrauliques La salinité.....	18
II.3.1.1.Bassin ou réservoir de stockage	18
II.3.1.2 Equipements hydrauliques	18
a. Abris.....	18
b. Pompes de refoulement	19
c. Réseau de distribution	19
d. Station de filtration	19
II.4. Qualité de l'eau d'irrigation	19
II.4.1. La salinité	19
II.4.1.1. Conductivités électriques	20
II.4.1.2 Le coefficient d'adsorption du sodium S.A.R	20
II.4.2. Compositions chimiques de l'eau d'irrigation	21
II.5.Ressources en sols.....	22
II.5.1. Classification des sols de la zone d'étude :.....	23
II.5.1.1.les sols minéraux bruts xériques organisés d'ablation (regs)	23
II.5.1.2. les sols peu évolués xériques gris subdésertiques à encroutement calcaire	23
II.6. Description d'un profil type des sols minéraux bruts xériques organisés d'ablation (regs)	23
II.6.1. Description de Profil n°4.....	23
II.6.2.Description morphologique du profil 04	24
II.6.3. Résultats analytiques	24
II.6.4. Interprétation et valeur agronomique	25
II.7. Description d'un profil type des sols peu évolués xériques gris subdésertiques à encroutement calcaire	26
II.7.1. Description de Profil n°5.....	26
II.7.2. Description morphologique du profil 05	27
II.7.3. Résultats analytiques	27
II.7.4. Interprétation et valeur agronomique	28
II.8.. Aptitudes culturales	28
II.9. Erosion	29
II.10. Brise – vents	30
II.11.Conclusion.....	31

Chapitre III : Evaluation des besoins en eau des cultures du Périmètre

III.1.Introduction.....	32
III.2. Les besoins en eau d'une culture	32
III.2.1.Calcul de evapotranspiration potentielle ou de référence (ET ₀)	32
III.2.2. Evapotranspiration maximale ou de culture (ETM)	32
III.2.3. Méthode de Penman et Monteith modifiée	33
III.3.Etude fréquentielle des pluies et détermination de l'année de calcul	35
III.3.1. Homogénéité de la série pluviométrique	36
III.3.2. Etude de l'échantillon et choix du type de loi.....	37
III.3.2.1.Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gauss ou loi normale.....	38
a. Test de validité de l'ajustement à la loi choisie	39
b. Test de Khi carré pour la loi Normale.....	40
III.3.2.2.Ajustement des pluies annuelles à la loi du log-normal (loi de Galton)	41
a. Test de Khi carré pour la loi de Galton	43
III.4. Détermination de l'année de calcul	43
III.4.1. Calcul des pluies efficaces (Peff).....	44
III.5.Occupation des sols et choix des cultures	44
III.5.1. Céréaliculture	45
III.5.2. Arboriculture.....	45
III.5.3. Cultures maraîchères	45
III.6.Asolement et rotation des cultures	45
III.7. Détermination des Besoins en eau des cultures	48
III.7.1. Humidité à la capacité aux champs et de flétrissement	48
III.7.2.Les profondeurs d'enracinement.....	49
III.8. Evaluation du débit caractéristique	56
III.9. Estimation des besoins en eau totaux du périmètre	57
III.10.Conclusion	58

Chapitre IV : Technique d'irrigation

IV.1.Introduction :	59
IV.2. Description des différents modes d'irrigation	59
IV.2.1. Irrigation de surface	59
IV.2.2. Irrigation par aspersion	60

IV.2.3 Irrigation localisée	61
IV.2.3.1. Caractéristiques de l'irrigation localisée	62
IV.2.3.2. Composition d'une installation goutte à goutte	63
a. Point de fourniture d'eau	63
b.L'unité de tête	63
c.Conduites et rampes	64
IV.3. Choix des techniques d'arrosage	65
IV.3.1. Les contraintes naturelles	65
IV.3.1.1.L'évaporation.....	65
IV.3.1.2. Le vent	65
IV.3.1.3. Le sol	65
IV.3.1.4. La pente	66
IV.3.2. Les contraintes techniques	66
IV.3.3. Les contraintes agronomiques	66
IV.4. Conclusion	67

Chapitre V : Dimensionnement du réseau d'irrigation et ses différents ouvrages annexes

V.1 conduites en fonte	68
V.2. Variantes d'aménagement hydro-agricole	68
V.3. Découpage des îlots d'irrigation	68
V.3.1.Généralités	68
V.3.2. Taille des îlots d'irrigation	69
V.4. Mode du tracé et implantation des bornes	70
V.4.1.. Rôle et fonction de la borne d'irrigation	70
V.5. Modalités de desserte de l'eau	70
V.5.1. Distribution d'eau à la demande	70
V.5.2. Distribution au tour d'arrosage	71
V.5.3. Tour d'arrosage à la borne	71
V.5.4.Tour d'arrosage au niveau de l'antenne	71
V.6. Calculs du débit fictif continu	71
V.7. Calcul du débit aux bornes	71

V.8. Choix du type de borne	72
V.8.1. Le Choix du diamètre de la borne	72
V.9. Matériaux de construction des canalisations.....	74
V.9.1.Choix du matériau des conduites	74
V.9.2.Les matériaux.....	74
V.9.2.1.Conduite en fonte.....	74
V.9.2.2. Conduite en acier	74
V.9.2.3. Tuyaux en PVC (Polyvinyle de chlorure)	74
V.9.2.4. Tuyaux en PEHD	75
V.10 Optimisation des diamètres des canalisations du réseau collectif de distribution	75
V.10.1.Calcul de diamètres	75
V.10.2.Vitesse admissible	76
V.10.3.Calcul des pertes de charge	76
V.10.3.1.Calcul des pertes de charge totales	76
V.10.4.Simulation du réseau par logiciel EPANET	76
V.11. Dimensionnement des réservoirs de distribution	82
V.11.1. Dimensionnement de réservoir de stockage 01correspondant au forage 01	82
V.11.2.. Dimensionnement de réservoir de stockage 02correspondant au forage 02	83
V.12.Dimensionnement d'un réseau localisée (goutte à goutte.....	83
V.12.1. Données générales	83
V.12.2.Besoins quotidiens réduits (d_L en irrigation localisé)	84
V.12.3.Choix des goutteurs- Espacement sur la rampe:	84
V.12.4. Fraction du sol à humidifié (P)	84
V.12.5. Dose nette maximale ($d_{net\ max}$)	85
V.12.6. Dose nette (d_{net})	85
V.12.7. Fréquence de l'arrosage(I)	85
V.12.8.. Dose réelle	85
V.12.9. Dose brute	85
V.12.10. Durée d'arrosage(t)	85
V.12.11. Durée d'arrosage journalier	86
V.12.12.Nombre de poste	86
V.12.13.Surface de de poste.....	86
V.13. Calculs hydrauliques.....	86
V.13.1. Condition hydraulique	86

V.13.2. Débit	87
V.13.3. Nombre d'arbres par rampe.....	87
V.13.4. Nombre de goutteurs par rampe	87
V.13.5. Nombre de rampes	87
V.13.6. Débit de la rampe	88
V.13.7. Débit de la porte rampe	88
V.14. Dimensionnement des différentes parties du réseau localisé	88
V.14.1. Vérification des pertes de charges	88
V.14.2. Calculs hydrauliques de la rampe	89
V.14.3. Calculs hydrauliques de la porte rampe	89
V.14.4. Calcul des diamètres de la conduite secondaire	89
V.14.5. Calcul de caractéristique de conduites secondaires (01)	89
V.14.6. Calcul de caractéristique de conduites secondaires (02)	90
V.14.7. Calcul du diamètre de la conduite principale à la sortie de la borne	90
V.14.8. La pression d'eau à la borne de distribution	90
V.15. Conclusion.....	91

Chapitre VI : Organisation de chantier et estimation du cout du projet

VI.1. Introduction.....	92
VI.2. Les actions reçues par les conduites	92
VI.3. Exécution des travaux.....	92
VI.4. Choix des engins de terrassement.....	93
VI.4.1. Bulldozer.....	93
VI.4.2. Pelle équipée en rétro.....	93
VI.4.3. Les chargeurs	94
VI.5. Devis de réseau d'irrigation localisée	94
VI.5.1. Dépenses des travaux	95
VI.5.1.1. Calcul du volume de déblai et remblai	95
VI.6. Conclusion	98
Conclusion Generale.....	99

LISTE DES TABLEAUX

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles de la zone d'étude

Tableau I.1: Les coordonnées (fuseau 31) de périmètre Sereg El Arfeg.....	2
Tableau I.2: Situation de la station météorologique de Ghardaïa.....	4
Tableau I.3: Températures mensuelles moyennes (°C).....	5
Tableau I.4: Pluviométrie moyenne mensuelle de la période (1989-2012).....	6
Tableau I.5: Humidité relative de l'air (%) en année.....	7
Tableau I.6: Vitesse moyenne et Maximum des vents (m/s).....	7
Tableau I.7: L'évaporation moyenne mensuelle.....	8
Tableau I.8: Durée moyenne d'insolation (heures/jour).....	9
Tableau I.9: : Limite des climats d'après l'indice climatique de Martonne.....	9
Tableau I.10: Aspects démographiques.....	13

Chapitre II : Ressources en eau et en sol

Tableau II.1: Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique.....	20
Tableau II.2: Classification des eaux en fonction du SAR.....	21
Tableau II.3: Compositions chimiques de l'eau d'irrigation.....	21
Tableau II.4: Caractéristique du profil N°04.....	24
Tableau II.5: Caractéristique physico-chimique du profil 04.....	25
Tableau II.6: Caractéristique du profil N°5.....	26
Tableau II.7: caractéristique physico-chimique du sol du profil 5.....	27
Tableau II.8: Aptitude culturale en irrigué.....	29

Chapitre III : Evaluation des besoins en eau des cultures du périmètre

Tableau III.1: Les résultats de l'ET0 obtenir à l'aide du logiciel CROPWAT.....	34
Tableau III.2 : Caractéristiques de la station pluviométrique.....	35
Tableau III.3 : Série des pluies moyennes mensuelles observées à la zone d'étude.....	35
Tableau III-4: Test d'homogénéité de la série pluviométrique.....	37
Tableau III.5: Ajustement à la loi de Gauss.....	38
Tableau III.6: La table de Khi carré.....	40

Tableau III-7: Ajustement à la loi de Galton.....	42
Tableau III-8: Pluviométrie moyenne pour chaque mois en (mm)	44
Tableau III.9: Calcul des pluies efficaces pour chaque mois en mm	44
Tableau III.10: Surfaces occupées par les différentes cultures.	46
Tableau III.11: Calendrier cultural selon l'assolement choisi.	47
Tableau III.12: Humidité à la capacité au champ et de flétrissement	48
Tableau III.13: Les profondeurs d'enracinements des différentes cultures	49
Tableau III.14: Besoins en eau d'irrigation d'olivier	50
Tableau III.15: Besoins en eau d'irrigation d'agrumes	51
Tableau III.16: Besoins en eau d'irrigation de blé et de l'orge.....	52
Tableau III.17: Besoins en eau d'irrigation des palmiers	53
Tableau III.18: Besoins en eau d'irrigation d'oignon	54
Tableau III.19: Besoins en eau d'irrigation de pomme de terre (arrière-saison)	55
Tableau III.20: Besoins en eau brutes unitaire pour les différentes cultures	56
Tableau III.21: Besoin en eau d'irrigation des cultures	57

Chapitre IV : Dimensionnement du réseau de distribution

Tableau V.1: Les différentes Parcelles du périmètre.	69
Tableau V.2: Débit au niveau de chaque ilot.....	72
Tableau V.3: choix de diamètre de la borne	73
Tableau V.4: débit au niveau des bornes et des prises.....	73
Tableau V.5: Calcul hydraulique de réseau de distribution à partir de forage 01	78
Tableau V.5: Calcul hydraulique de réseau de distribution à partir de forage 02	80
Tableau V.6 Caractéristique de la conduite de la rampe.....	88
Tableau V.7 Caractéristiques de la conduite de la porte rampe	89
Tableau V.8 Caractéristique de la conduite secondaire	89
Tableau V.9 : Caractéristique de la conduite d'approche	89
Tableau V.10 : résumer des caractéristique de la conduite secondaire.....	90

Chapitre VI : Organisation de chantier et estimation du cout du projet

Tableau VI.1: Factures pro-forma des pièces du réseau d'irrigation.	95
Tableau VI.2: Calcul de terrassement.....	96

LISTE DES FIGURES

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles du secteur d'étude

Figure. I-1 : carte de situation de la zone d'étude	3
Figure. I-2 : Variation des températures mensuelles.....	5
Figure. I-3 : histogramme des précipitations moyennes annuelles.....	6
Figure. I-4 : Rose des vents.....	8
Figure. I-5 : Climogramme pluviométrique d'EMERGER.....	11
Figure. I-6 : Climogramme de Gaussen.....	12

Chapitre II: Ressources en eau et en sol

Figure. II-1 Coupe hydrogéologique à travers le Sahara (d'après UNESCO 1972).....	17
Figure. II-2 Diagramme de classification des eaux d'irrigation.....	22

Chapitre III: Evaluation des besoins en eau des cultures du Périmètre.

Figure. III-1 : Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gauss.....	39
Figure. III -2 : Ajustement des pluies annuelles à la loi de Galton.....	42
Figure. III -3 : réparation des cultures dans le périmètr.....	46

Chapitre IV: technique d'irrigation.

Figure.IV-1 : L'irrigation des palmiers par rigoles (Wikipédia).....	60
Figure .IV-2 : irrigation des céréales par pivot (Wikipédia).....	61
Figure .IV-3 : Irrigation avec un système localisé (Wikipédia).....	62
Figure.IV-4 :Dilueur d'engrais.....	64
Figure. IV-4 :Filtre à gravier.....	64
Figure .IV-5 : goutteurs-goutte-a-goutte (Wikipédia).....	65

Chapitre V:dimensionent de réseau d'irrigation

Figure .V-1: Simulation de réseau de distribution à partir de forage 01.....	79
Figure .V-2: Simulation de réseau de distribution à partir de forage 02.....	81
Figure. V-3 : Schéma explicatif de la desserte borne-goutteur.....	90

Chapitre VI : organisation de chantier et estimation de cout de projet

FigureVI.1 : Le Bulldozer.....	93
Figure VI.2: Pelle équipée en rétro.....	94
Figure VI.3 : Le Chargeur.....	94
Figure VI.4: Schéma simplifie pour place la conduite principale.....	96

LISTE DES PLANCHES

Planche N°1 : plan d'occupation de sol du périmètre Sereg El Arfeg-secteur01- commune de Hassi lefhal Wilaya de Ghardaïa.

Planche N°2 : plan de réseau de distribution du périmètre Sereg El Arfeg-secteur01- commune de Hassi lefhal Wilaya de Ghardaïa.

Planche N°3 : profil en long de la conduite principale à partir de forage 01 du périmètre Sereg El Arfeg –secteur 01- commune de Hassi Lefhal wilaya Ghardaïa.

Planche N°4 : plan du réseau d'irrigation localisé sur l'ilot 06 du périmètre de sereg el arfeg commune de Hassi Lefel wilaya de Ghardaïa.

Planche N°5 : plan d'occupation de sol après assolement des cultures de périmètre de Sereg El Arfeg –secteur 01-commune de Hassi Lefhel wilaya de Ghardaïa.

LISTE DES ABREVIATIONS

- ⁽¹⁾ **ONM** : Office nationale de météorologie.
- ⁽²⁾ **ANRH** : Agence nationale des ressources hydraulique.
- ⁽³⁾ **R.P.G.H** : Recensement général de population et d'habitat.
- ⁽⁴⁾ **D.P.S.B** : Direction de la Programmation et Suivi Budgétaire.
- ⁽⁵⁾ **D.S.A** : Direction du service agricole.
- ⁽⁶⁾ **B.N.D.E.R** : Bureau nationale d'étude pour le développement rurale

INTRODUCTION GENERALE

Dans les pays semi-arides, l'eau disponible pour l'agriculteur est malheureusement de plus en plus rare et coûteuse.

L'Algérie est confrontée à une agriculture toujours extensive, et une irrigation traditionnelle, qui s'est répercutée sur l'économie nationale avec comme conséquences une importation des produits alimentaires toujours important particulièrement les céréales malgré les grand potentialités dans le domaine qui permet même d'exporté les denrées agricole a l'étranger.

L'extension des superficies irriguées et la modernisation de l'agriculture jouent un rôle déterminant dans le processus de développement économique et social d'un pays.

Un tel objectif permet d'espérer un accroissement du revenu national, une économie de devises, une augmentation des revenus des exploitants, une création d'emplois ainsi qu'une consolidation de la sécurité alimentaire.

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre mémoire de fin d'étude. En effet le périmètre (Sereg El Arfeg) situé à Hassi Lefhel dans la wilaya de GHARDAIA est une riche entité agricole où l'on pratique une agriculture relativement résistant et extensive adéquat a la région.

La mobilisation de l'eau à partir des forages existant dans le périmètre peut permettre actuellement la mise en place d'un système distribution d'eau adéquat à travers l'ensemble du périmètre et une irrigation moderne économique pouvant subvenir les besoins en eau de tout le périmètre et augmenter les rendements des spéculations agricoles ainsi que la préservation des ressource hydrique couteuse dans la région.

Ainsi notre travail consiste à étudier le dimensionnement du réseau d'irrigation du périmètre de Hassi Lefhel moyennant techniques et lois hydrauliques applicables à nos conditions naturelles et techniques.

Chapitre I :
Analyse des conditions
naturelles du secteur d'étude

CHAPITRE I : ANALYSE DES CONDITIONS NATURELLES DU SECTEUR D'ETUDE.

I-1- Introduction

Le secteur de notre étude fait partie du grand projet d'aménagement du périmètre Serj El Arfaj à Hassi lefhal wilaya de Ghardaïa.

L'étude du site est nécessaire pour connaître toutes les caractéristiques du lieu notamment le périmètre irrigué, et les facteurs qui influent sur la conception du projet, parmi eux, nous citons : les données climatiques, ainsi que les paramètres agronomiques de la zone d'étude qui vont nous permettre de prendre les dispositions nécessaires lors de la réalisation du réseau d'irrigation.

I-2- Présentation de la zone d'étude

La région dans laquelle s'étend le périmètre agricole (Sereg El Arfaj) se situe à environ 20 km au sud de l'agglomération chef-lieu de commune de Hassi Lefhel. Dans la daïra de Mansoura, wilaya de Ghardaïa. Cette dernière est distante d'environ 145 Km au sud du chef-lieu de la wilaya, sur la route nationale N°01 en direction d'El Menea.

- ✓ la superficie totale du périmètre est de 1811 Ha.
- ✓ Les coordonnées géographiques du périmètre sont représenté dans le tableau suivant :

Tableau I.1: les coordonnées (fuseau 31) de périmètre Sereg El Arfeg

Coordonnées UTM			
X1	X2	Y1	Y2
553 000	565 000	3 472 000	3 479 000

- ✓ L'accès au périmètre de Sereg El Arfaj se fait par une piste, en bon état, à partir de la route nationale N°01. qui traverse l'agglomération de Hassi Lefhel chef-lieu de la commune.

La situation de la zone d'étude est présentée comme suit :

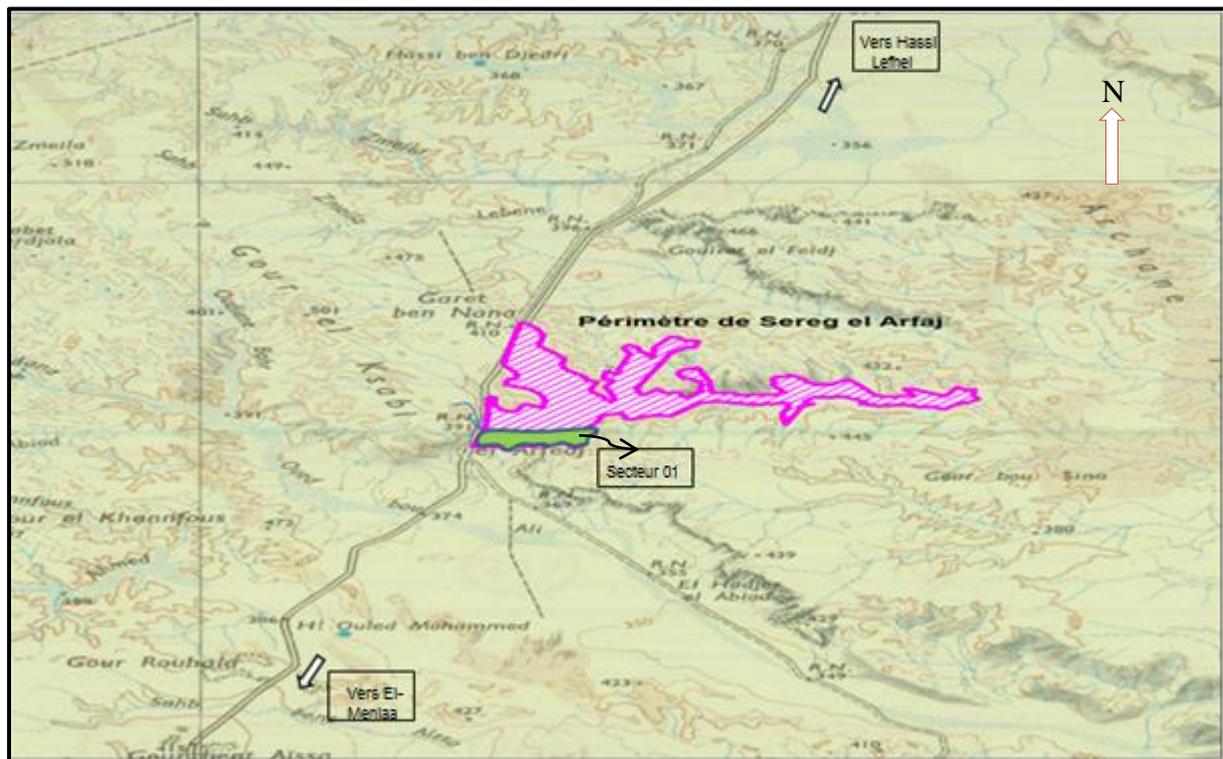


Figure. I-1 carte de situation de la zone d'étude (échelle 1 /200000)

I-2-1- Choix du périmètre d'étude

Le périmètre étudié dans ce mémoire correspond au périmètre Sereg El Arfeg situé dans la commune de Hassi Lefhel (Secteur 01) qui présente une surface totale de 200 ha.

I-2-2- Topographie et géologie de la zone d'étude

Le périmètre de Sereg El Arfaj s'étale sur des terrains en majorité à très faible pente, s'identifiant à des vallées sèches plus ou moins larges, bordées par des talus abrupts et rocaillieux, fournissant une grande quantité de débris de pierres et de cailloux de calcaire très dur. Les versants des vallées ont une topographie de glacis, les talus sont abrupts, puis la pente diminue progressivement jusqu'à devenir nul aux fonds des vallées.

La partie ouest du périmètre, située en bordure de la route nationale N°01, est constituée d'une vaste étendue plus ou moins plane, où convergent plusieurs talwegs, qui peut être assimilée à une "dépression ouverte". Les altitudes varient entre 380 et 430 m.

I-3- Caractéristiques climatologiques de la zone d'étude

L'étude du climat, est une étape primordiale dans les projets hydro-agricoles, puisqu'elle permet de quantifier les paramètres intervenant dans le choix des cultures et le dimensionnement des réseaux d'irrigation.

I-3-1- Caractéristiques de la station météorologique

Les données du climat qui sévit dans la région sont déterminées à travers les observations effectuées par la station météorologique d'El Goléa, L'analyse climatique est faite sur la base de données les plus récentes, allant de 1989 à 2012 couvrant ainsi une période s'étalant sur une vingtaine d'années. Elles sont obtenues auprès de l'Office National de Météorologie (ONM)⁽¹⁾, les données pluviométriques sont obtenues par l'ANRH⁽²⁾ d'Alger.

Tableau I.2: Situation de la station météorologique de Ghardaïa.

Stations	Longitude	Latitude	Altitude (m)	Période d'obs.	Durée d'obs.
El Goléa	2°49	30°33	397	1989-2012	23ans

I-3-2- Température

Les températures sont considérées comme deuxième facteur important dans l'étude climatique, car elles agissent directement sur le phénomène d'évapotranspiration et donc le déficit d'écoulement annuel et saisonnier. Par conséquent, la connaissance des températures et de leurs amplitudes est indispensable au choix des modes d'irrigation et des cultures à mettre en place. Les valeurs des températures moyennes, maximales, et minimales sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau I.3: Températures mensuelles moyennes (°C)

T°c	Jan	Fev	Ma	Avr	Ma	Jui	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Dec	Année
Mini	3,0	4,9	9,3	13,1	18,4	23,2	26,2	25,9	22,1	16,1	8,5	3,8	14,5
Maxi	17,2	20,1	24,6	28,8	34,3	39,4	42,7	41,8	37,3	30,7	23,6	18,6	29,9
T°moy	10,1	12,8	17,7	21,5	26,9	32,0	35,1	34,3	30,1	23,5	16,0	11,0	22,6

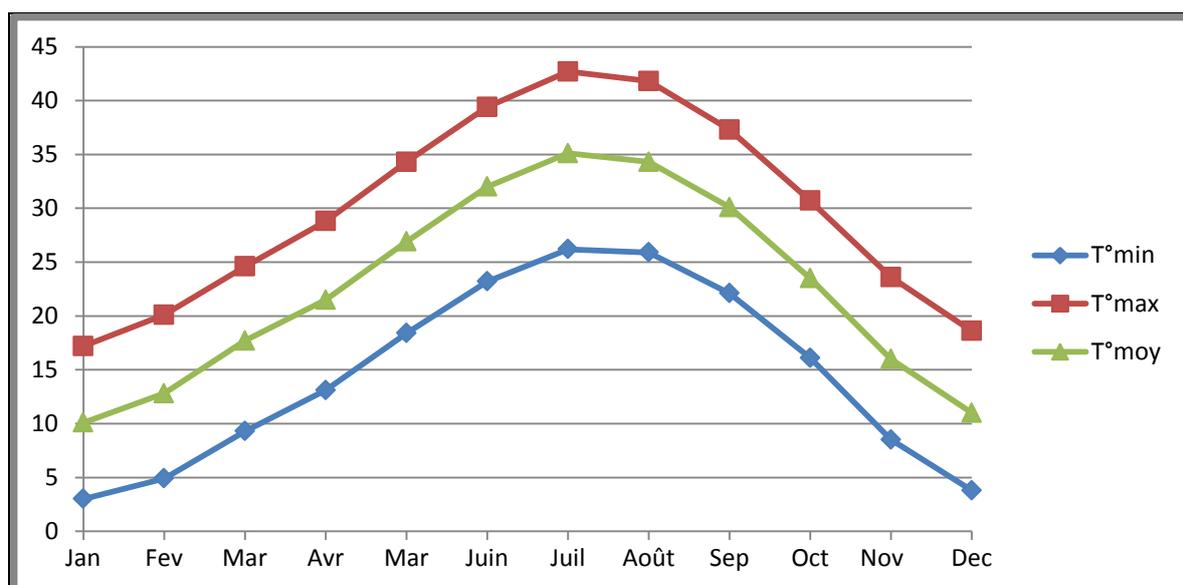
Source (ONM d'Alger)

Avec : T°_{\min} : Moyenne de tous les minima observés pour chaque mois.

T°_{\max} : Moyenne de tous les maxima observés pour chaque mois.

T°_{moy} : Moyenne mensuelle.

On représente les températures graphiquement comme suit:

**Figure. I-2 :** Variation des températures mensuelles.

On relève une température maximale absolue de 42,7°C en juillet et une température minimale absolue de 3,0 °C en janvier, avec une moyenne annuelle de 22,6 °C.

I-3-3) 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. Ce dernier a une influence directe sur le dimensionnement du réseau d'irrigation et sur le calendrier des arrosages. La répartition mensuelle des pluies est donnée par le tableau suivant :

Tableau I.4 : Pluviométrie moyenne mensuelle de la période (1989-2012)

Pluviométrie	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Ma r	Avr	Mai	Jui	Juit	Aou t	An
P (mm)	18.33	7.89	6.67	5.91	12.83	3.08	8.93	6.87	2.02	4.22	0.79	2.23	79.8
Pluies max	40.5	24.9	13.9	40.5	48	14.6	26.7	46.5	11.6	31.2	4.3	10.2	-

Source (ANRH d'Alger)

Les précipitations annuelles sont irrégulières d'une partie à l'autre mais généralement sont très faibles et que ne dépasse pas les 80 mm/an .Les mois les plus pluvieux sont le mois septembre avec 18.33 mm et le mois de janvier avec 12.83 mm.

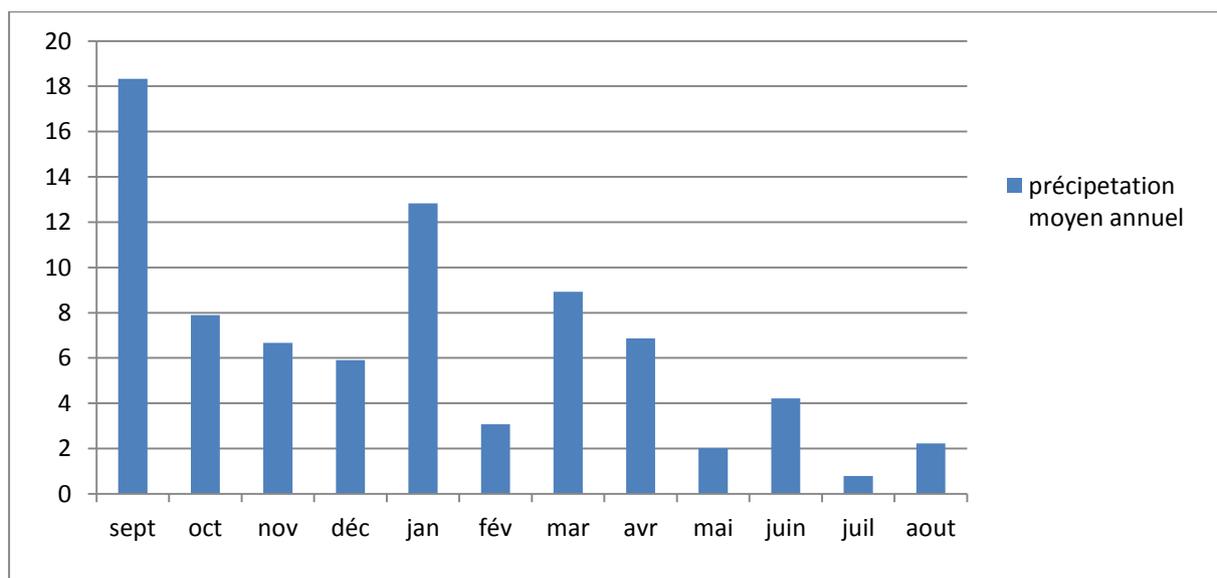


Figure. I-3 : histogramme des précipitations moyennes annuelles

I-3-4-Humidité relative

L'humidité relative de l'air est un élément de cycle hydrologique qui contrôle l'évaporation du sol et la couverture végétale.

Les résultats d'observation sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau I.5: Humidité relative de l'air (%) en année.

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juit	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
H%	54	42	36	31	26	22	20	22	29	39	48	55

Source (ONM d'Alger)

L'humidité relative de l'air varie entre un maximum de 55% en Décembre et un minimum de 20 % en juillet, caractérisant un climat sec durant toute l'année où l'agriculture sans irrigation n'est pas possible.

I-3-5- Vents

Le vent est un facteur destructif vu son influence directe sur les sols, la végétation et les autres facteurs tel que les précipitations et l'évapotranspiration. Il intervient aussi dans le choix de type d'irrigation.

La variation de vitesse de vent au cours de l'année est représentée dans le tableau.

Tableau I.6 : Vitesse moyenne et Maximum des vents (m/s).

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Moyen	2,8	3,2	4,0	4,3	4,5	4,3	3,3	3,4	3,6	3,2	2,6	2,6
Max	29	32	38	29	46	46	29	46	37	33	31	32

Source (ONM d'Alger)

Le vent en été caractérisés seulement par son vitesse dont la valeur moyenne est de 4.37 m/s. Durant les trimestres Avril –Mai-Juin, la vitesse des vents est légèrement plus élevée et atteint le seuil de 4.5 m/s, caractérisant des vents faibles à modérés.

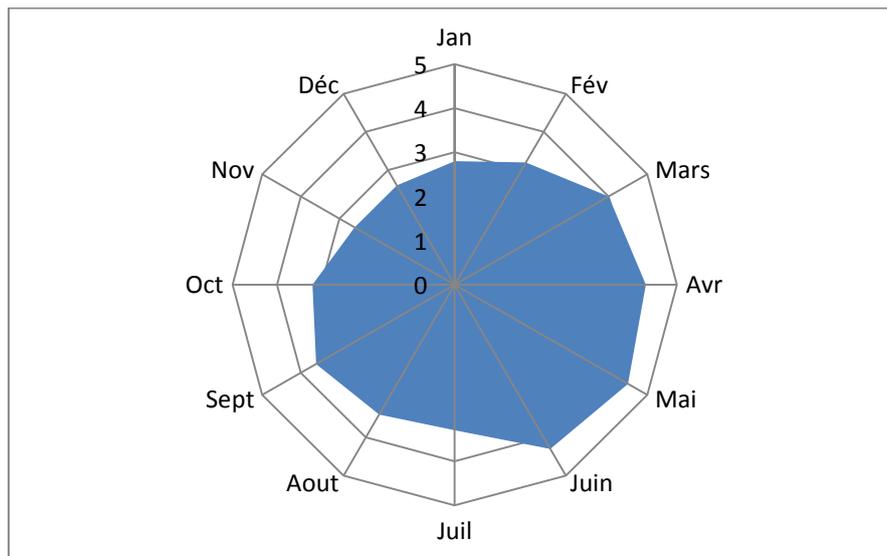


Figure. I-4 : Rose des vents

I-3-6- L'évaporation

Les phénomènes d'évaporation interviennent dans le cycle hydrologique dès le moment où les précipitations; sous forme liquide ou solide; atteignent la surface du sol. De plus l'humidité du sol, soit qu'elle provient des pluies récentes infiltrées à faible profondeur, soit qu'elle remonte par capillarité directement de la nappe phréatique ou par l'intermédiaire de la couverture végétale constitue un aliment important pour l'évaporation. Nous avons indiqué dans le tableau ci-dessous la moyenne mensuelle de l'évaporation.

Tableau I.07 :L'évaporation moyenne mensuelle.

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juit	Avr	Sept	Oct	Nov	Déc
mm	102.1	127.3	190.5	246.2	303.2	366	421.8	375	296.8	183.3	127.9	146

Source (ONM D'Alger)

On remarque d'après le tableau I-07, que L'évaporation est très intense, surtout lorsqu'elle est renforcée par les vents chauds. Elle est de l'ordre de **2886 mm /an**, avec un maximum mensuel de **421.8 mm** au mois de Juillet et un minimum de **102.1 mm** au mois de Janvier

I-3-7- Insolation

L'insolation est la période durant laquelle le soleil brille sur le sol. Les valeurs moyennes mensuelles sont représentées dans le tableau ci-après :

Tableau I.8 : Durée moyenne d'insolation (heures/jour).

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juit	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
h/j	8,2	8,9	8,9	9,7	10,2	10,3	11,2	10,7	8,9	8,7	8,5	8,0

Source (ONM d'Alger)

L'insolation moyenne mensuelle enregistrée varie entre 8 heures en Décembre et 11.2 heures en Juillet.

I-4- Indices climatiques

I-4-1- Indice d'aridité de Martonne (1926)

Il permet de connaître le degré de sécheresse de la région.

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

Avec :

I_A : indice climatique.

P : précipitation moyenne annuelle (mm).

T : température moyenne annuelle (°C).

$$I_A = \frac{79.8}{22.6 + 10} = 2.45$$

$$I_A = 2.45$$

Tableau I.9: Limite des climats d'après l'indice climatique de Martonne.

Valeurs de I	Type de climat	Irrigation
$I < 5$	Désertique	Indispensable
$5 < I < 10$	Très sec	Indispensable
$10 < I < 20$	Sec	Souvent Indispensable
$20 < I < 30$	Relativement humide	Parfois utile
$I > 30$	Humide	Inutile

$$I_A = 1.40 \text{ donc } I_A < 5$$

• D'où notre climat est désertique, donc l'irrigation est indispensable.

I- 4-2- Quotient pluviométrique d'EMBERGER

Le quotient pluviométrique d'EMBERGER exprime la sécheresse globale d'un climat en faisant la comparaison entre la consommation en eau et l'apport par le rapport $\frac{P}{E}$ qui est inférieur 0,20 dans notre cas.

$$Q = \frac{P}{M^2 - m^2} * 2000$$

Avec :

P : précipitation moyenne annuelle (mm).

M : moyenne des températures maximales dans le mois le plus chaud en (Kelvin).

m : moyenne des températures minimales le mois le plus froid en (Kelvin).

A.N :

$$M = 42.7 + 273 = 315.7 \text{ K}$$

$$m = 3.0 + 273 = 276 \text{ K}$$

$$Q = 2000 \cdot \frac{79.8}{(315.7)^2 - (276)^2} = 6.79$$

$$Q = 6.79$$

D'après le diagramme bioclimatique d'EMBERGER (voir Figure (I-5)), on peut dire que le climat de notre région est un climat Saharien, un hiver sec et froid en hiver et très chaud en été.

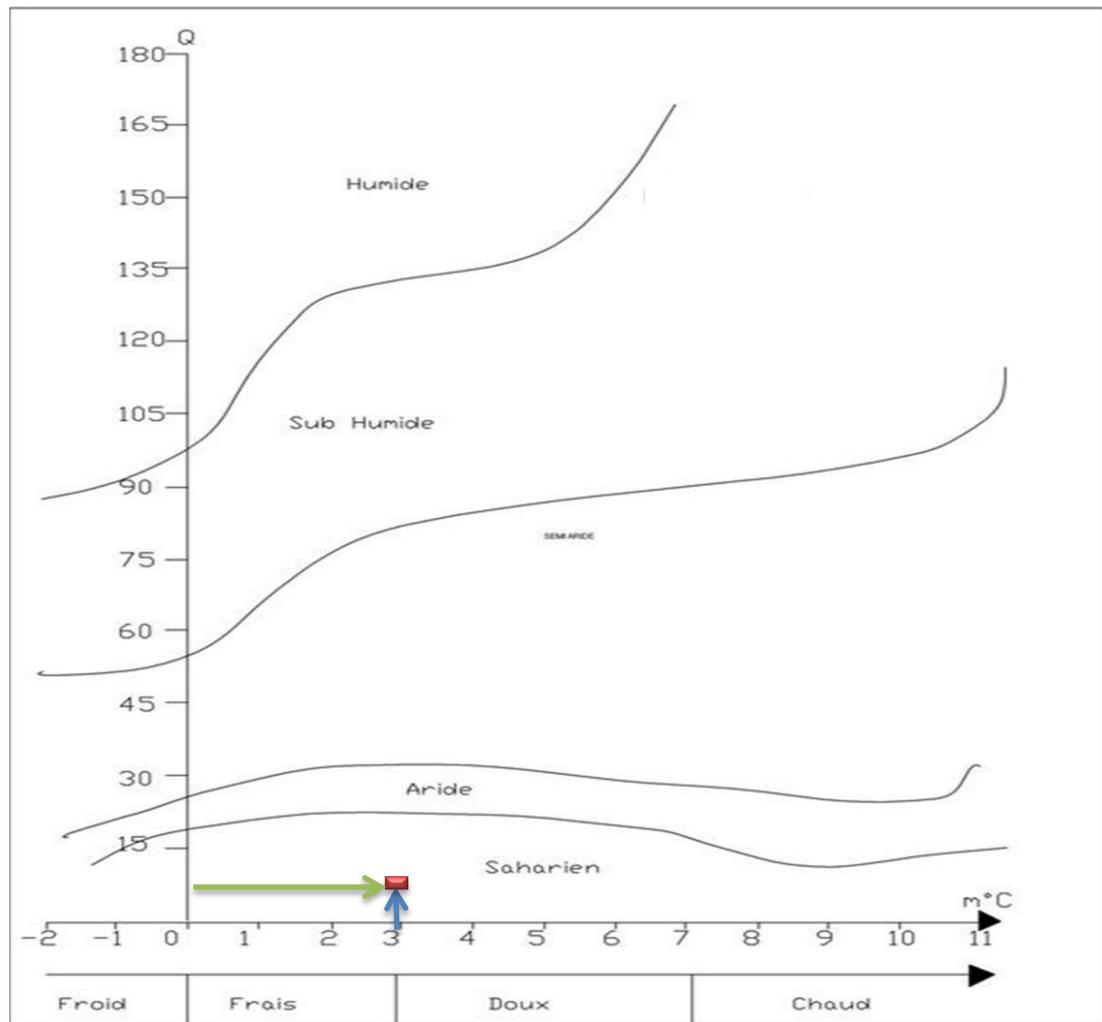


Figure. I-5 : Climagramme pluviométrique d'EMERGER

I-4-3) Classification du climat selon l'indice de Bagnouls et Gaussen

Le graphe est construit en mettant en abscisse les mois et en ordonné les valeurs moyennes mensuelles des températures et des pluies dont l'échelle est égale à la moitié de celle des précipitations. (Voir Fig. : I.6)

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. D'après le diagramme d'ombrothermique de Gaussen on distingue une seule période qui est sèche sur toute l'année.

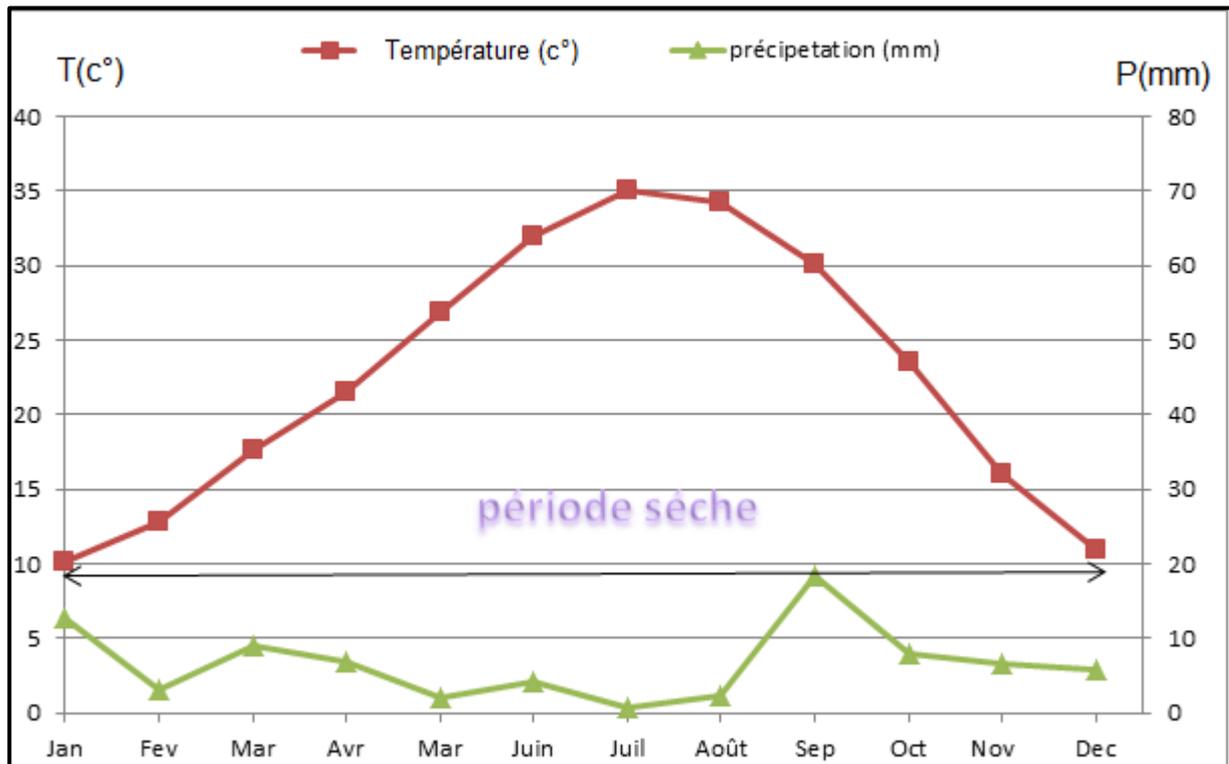


Figure. I-6 : Climogramme de Gausсен

I-5-Situation socio-économique de la région

Cette analyse concerne la commune Hassi Lefhal dont une partie de leurs territoires respectifs constitue la zone d'accueil du projet, L'approche consiste à maitre mettre en exergue les conditions de vie et de production des populations concernées. Le but recherché est de déterminer les déficits, et de cerner donc les besoins de ces populations dans divers domaines (emploi, habitat, santé, raccordement aux réseaux, etc.). La démarche est basée sur l'analyse d'un certain nombre d'indicateurs liés aux aspects démographiques, sociaux et économiques. Concernant ce dernier aspect, une attention particulière sera accordée au secteur de l'agriculture et de l'élevage, étroitement lié aux objectifs de la présente étude. Cette analyse est basée sur des données statistiques fournies par la Direction des Services Agricoles et la Direction de la Programmation et Suivi Budgétaire de la wilaya de Ghardaïa.

I-5-1- Population et son répartition**Tableau I.10** : Aspects démographiques.

Paramètre	Caractéristiques et indicateurs		Commune de Hassi Lefhel
Evolution population	Population 2008 (hab.)		3651
	Population 2015 (hab.)		5346
	Taux d'accroissement annuel (%)		5,39
Densité population	Population (hab.)		5346
	Superficie (Km ²)		6875,39
	Densité (Hab. / Km ²)		0,77
Dispersion population	Chef-lieu de La commune	4752 hab.	(88,9%)
	Zone éparse	107 hab.	(2,0%)
	Nomades	486 hab.	(9,1%)
Répartition population par âge	0 – 4 ans	705 hab	(13,2%)
	5 – 19 ans	1908 hab.	(35,7%)
	20 – 60 ans	2443 hab.	(45,7%)
	+ 60 ans	267 hab.	(5,4%)

Source : DPSB/RGPH

Selon Les données du R.P.G.H⁽³⁾ et D.P.S.B⁽⁴⁾, La population totale de la commune de Hassi Lefehl est estimée au début de 2015 de plus de 5346 personnes contre 3651 en 2008 soit une augmentation absolue d'environ 1695 personnes et un taux d'accroissement supérieur de la moyenne de la wilaya de l'ordre de 5.39%.

I-5-2- L'emploi

Pour une population de 5556habitants, avec 2055 sont occupés correspondant à une proportion de 37.1% .de la totalité de population L'agriculture est le secteur offrant la plus grande possibilité d'emplois avec 1294 postes, doit 63.4%. Les autres secteurs contribuent seulement pour 761 postes.

I-5-3- L'agriculture

La commune de Hassi Lefhal possède une Superficie agricole utile de l'ordre de 5 420 ha, Le potentiel agricole dont dispose la commune reste assez importante. En effet, en rapportant la valeur de la SAU à la population totale, on obtient une disponibilité de 1,025 ha/habitant.

La commune de Hassi Lefhel exploite une large gamme de cultures citées comme suit :

La phoeniciculture la surface exploitée s'élève à 673 ha pour une production totale égale à 15894 quintaux de dattes. Cette production est assurée grâce à l'exploitation de 69250 palmiers dont 34077 en rapport. Les variétés exploitées sont par ordre d'importance, Deglet nour (67% du nombre total de palmiers en rapport), autres variétés (17%) et Ghars (16%).

Pour les cultures herbacées conduites en intercalaire avec le palmier dattier (système oasisien), la situation en matière de surface et de production se présente comme suit :

- ✓ Cultures maraichères : 213 ha pour une production de 23607 quintaux ;
- ✓ Céréales : 170 ha pour une production de 6480 quintaux ;
- ✓ Cultures industrielles : 154 ha pour une production de 2695 quintaux ;
- ✓ Cultures condimentaires : 17 ha pour une production de 493 quintaux ;
- ✓ Cultures fourragères : 408 ha pour une production de 69200 quintaux.

En matière d'arboriculture, la commune exploite aussi les agrumes pour une production totale égale à 18640 quintaux.

Concernant la production animale, et en matière de gros élevage, la commune dispose d'un troupeau estimé à 10860 équivalents ovins (en termes d'équivalent ovin, 1 camelin ou 1 bovin égal 4 ovins).

I- 6) Conclusion :

On peut conclure que les caractéristiques de notre région sont résumées comme suit :

- La pluviométrie moyenne annuelle est de 79.8 mm/an.
- Une période peut pluvieuse commence au mois de septembre jusqu'à avril, les mois les plus secs sont juillet et août.
- Pendant l'hiver la température arrive jusqu'à 3°C, et en été elle peut atteindre 42.7°C.
- Finalement on peut dire que le climat de Hassi Lfhel est de type saharien un été chaud avec un hiver froid et sec.
- L'irrigation est indispensable et nécessaire de toute activité agricole dans ce type de climat.
- On pratique une agriculture convenable aux conditions climatiques et agro-sociales de la région.

Chapitre II :

Ressources en eau et en sol

CHAPITRE II : RESSOURCES EN EAU ET EN SOL

I -1- Introduction :

L'étude agro-pédologique a pour but de définir les sols destinés à l'irrigation ou de localiser les zones aptes à la mise en valeurs en irrigation ainsi les caractéristiques hydrodynamiques de ces sols indispensables pour le calcul des doses d'arrosages et l'emplacement des réseaux d'irrigation et drainage.

Les principales contraintes et critères prise en considération pour la classification des sols sont : la texture, le critère d'hydromorphie, la présence et la profondeur de la nappe, la porosité, la salinité et le calcaire actif, bien qu'ils sont localisés dans des zones précises.

Avant d'entamer notre étude, il faut d'abord localiser et quantifier l'eau nécessaire à l'irrigation. Pour cela et à travers ce chapitre on va présenter aussi les ressources en eau qui peuvent alimenter notre zone d'étude.

II -2- Ressources en eaux :

L'eau est l'élément vital et fondamental à toute activité économique à travers la wilaya de Ghardaïa, surtout quand il s'agit de l'activité agricole. Les ressources hydriques sont soit de surface, soit souterraines.

II -2-1- Eaux surfaciques :

Les eaux de surface sont rares, comme dans toutes les régions sahariennes ils sont générés par les inondations des oueds à régimes temporaires, sporadiques et cycliques. L'oued M'Zab, hormis les autres cours d'eau de moindre importance relative (oued Metlili, oued Touil, etc.), constitue la plus importante artère drainante de la wilaya. Ces eaux, celles de ses principaux affluents et des autres oueds, sont mobilisées par plusieurs digues qui alimentent les nappes inféro-flux exploitées surtout pour l'irrigation des palmeraies.

Ces ressources hydriques restent tout de même aléatoires du fait qu'elles dépendent des précipitations irrégulières et rares dans cette région.

On peut affirmer que l'irrigation des périmètres ne peut en aucun cas se suffire de ce type de ressources hydriques.

II -2-2- Eaux souterraines :

Ces eaux sont issues de la nappe du continental intercalaire(CI) dominante (nappe albien).

II-2-2-1- Présentation de La nappe du continental intercalaire ou (la Nappe de l'Albien):

Cette nappe constitue la plus importante ressource hydrique à travers la wilaya de Ghardaïa. Avec près de 800 000 km², le continental intercalaire (CI) est l'un des aquifères les plus étendus de la planète. L'une de ces particularités est de constituer une ressource en eau souterraine « fossile » puisque très peu alimentée avec les conditions climatiques actuelles. La nappe du continental intercalaire souvent appelée « Nappe de l'Albien » couvre les terrains dont l'âge va du Trias à l'Albien. A l'affleurement, le CI se présente sous la forme d'une succession de bancs gréseux, de sables fins et de niveaux argileux. La puissance de cet aquifère est généralement comprise entre 200 m et près de 1000 m. La recharge directe par les précipitations est quasi nulle tant la pluviométrie est très limitée. La seule contribution potentielle par les pluies est liée à l'épandage des crues au pied des reliefs de l'Atlas Saharien.

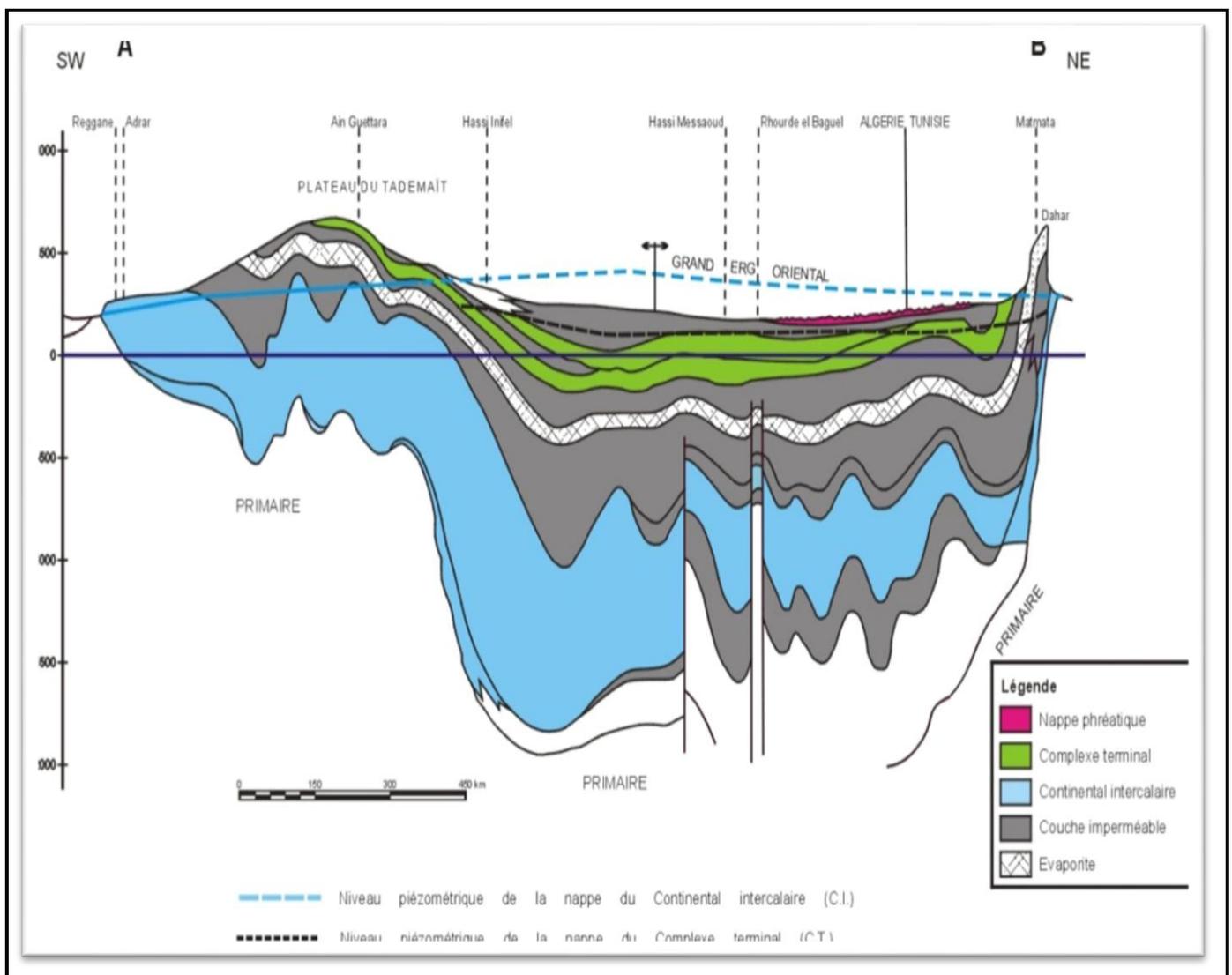


Figure-II.1) Coupe hydrogéologique à travers le Sahara (d'après UNESCO 1972)

II- 3 -Mobilisation des eaux souterraines :

Pour la mobilisation des eaux destinées à l'irrigation, on a le captage des eaux à partir de la nappe du continental intercalaire qui alimente notre périmètre d'irrigation ce captage des eaux se fait avec une profondeur moyenne de 400 à 500 m.

Pour mobiliser les eaux souterraines, On a 2 forages existant sur notre secteur périmètre pouvant assuré chacun 100 l/s, soit un total de 200 l/s, dans ce cas la norme qui est de 1 l/s/ha est vérifié. Ce qui permet de répondre aisément aux besoins en eau des cultures, voire d'envisager la conduite du maraichage en intercalaire sous palmier dattier. D'autant plus qu'une utilisation rationnelle de cette ressource s'impose, elle est d'abord le fait de la mise en place de brise vents et du palmier dattier qui favorisent un microclimat, dans le but notamment de diminuer l'évapotranspiration. Il s'agit ensuite de la pratique de systèmes d'irrigation permettant une grande économie d'eau (irrigation localisée).

II- 3-1-Moyens de stockage et équipements hydrauliques :

II- 3-1-1- Bassin ou réservoir de stockage :

Pour recevoir l'eau pompée et pouvoir la mettre sous pression, on a 2 réservoirs de stockage (1 ouvrage de stockage/forage). Les réservoirs serviront pour l'accumulation des eaux provenant des forages, et la régulation de la pression de service voulue pour une technique d'irrigation choisie.

Remarque: Pour un meilleur rendement de système de distributionnet et pour assurer un bon refoulement, on a la possibilité de surélever le réservoir de 2 m par rapport à la côte naturelle (la base du réservoir doit être surélevée de 2 m du sol).

II- 3-1-2 Equipements hydrauliques :

Les équipements hydrauliques des infrastructures hydrauliques (forages et réservoirs), on peut la cité les équipements suivantes :

II- 3-1-2-1 Abris :

On a de 2 abris sur notre secteur de périmètre pour la protection de chaque forage qui est nécessaire au niveau de la zone d'étude. Les abris acquièrent les dimensions de 3 m x 2 m avec une hauteur de 2 m.

II- 3-1-2-2 Pompes de refoulement :

Pour chaque forage, on a une pompe émergée pour alimenter les deux réservoirs de stockage. Ces dernières mis l'eau à travers les conduites et avoir une pression convenable pour l'irrigation. Tout ca est assurée par la topographie ou la dénivelé de terraine.

II- 3-1-2-3 Réseau de distribution

Le réseau d'irrigation est nécessaire est composé ouvrages d'accompagnement comme la Ventouse, les vanne de vidange, vannes de sectionnement et bornes d'irrigation).le réseau d'irrigation s'installé après un dimensionnent et un choix de trace.

II- 3-1-2-4 Station de filtration

L'obstruction est l'inconvénient majeur de la micro irrigation. Cette obstruction peut être d'origine physique due aux particules en suspension dans l'eau, chimique due aux précipitations de sels dissous, ou biologiques causé par le développement de micro-organismes tels que les champignons ou bactéries. C'est la raison pour laquelle l'utilisation d'une station de filtration qui sera installée à l'aval du bassin de stockage, ceci afin d'éliminer dès le début l'origine et les causes d'obstruction physique par une filtration de l'eau.

II-4- Qualité de l'eau d'irrigation

La vérification de la qualité de l'eau d'irrigation permet de préserver le sol et l'environnement. De plus, elle permet le bon développement des cultures.

Dans le cadre de cette étude, la qualité de l'eau souterraine qui sera utilisée pour l'irrigation a été étudiée par l'analyse des données de qualité d'eau brute.

II-4-1- La salinité

La salinité constitue l'aspect le plus important qui pose un problème dès l'instant où l'accumulation des sels dans la zone racinaire atteint une concentration qui provoque une baisse de rendement pouvant aller jusqu'au dépérissement de la culture.

Deux paramètres permettent d'apprécier pour une étude sommaire les risques dus à la salinité.

II-4-1-1 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, selon la classification américaine

Tableau II.1: Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique

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

II-4-1-2- Le coefficient d'adsorption du sodium S.A.R :

Si l'eau est riche en sodium celui-ci peut se fixer sur le complexe du sol et exercer alors une action défloculante, pour apprécier le risque alcalin, on compare la concentration en ion Na^+ , celle en ion Ca^{++} et Mg^{++} :

$$S.A.R = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}} \dots\dots\dots(II.1)$$

Avec : Na^+ , Ca^{++} et Mg^{++} en meq/l.

Quatre classes de risque alcalin ont été définies, en relation avec le risque salin :

Tableau II.2 : Classification des eaux en fonction du SAR

Classe	S.A.R.	Risque d'alcalinisation
S1	$SAR \leq 10$	Risque faible
S2	$10 < SAR \leq 18$	Risque moyen
S3	$18 < SAR \leq 26$	Risque élevé
S4	$SAR > 26$	Risque très élevé

II-4-2- Compositions chimiques de l'eau d'irrigation :

Les caractéristiques chimiques de l'eau sont indispensables pour le choix des cultures et l'estimation de la dose d'irrigation, pour cela en fait des analyses sur la composition chimique de l'eau des forages existant dans la région, on présente les résultats suivant :

Tableau II.3 : Compositions chimiques de l'eau d'irrigation

Forage	PH	CEmmhos/cm	RS	SAR	Ca ⁺⁺ (meq/l)	Mg ⁺⁺ (meq/l)	Na ⁺ (meq/l)	Cl ⁻ (meq/l)	So ₄ ⁻ (meq/l)
1	7.7	0.4	1.9	0.46	0.036	0.017	0.075	1.79	0.015
2	6.9	0.7	2.97	3.38	1.65	0.92	3.83	1.64	0.74

D.S.A⁽⁵⁾ Ghardaïa

D'après le diagramme de classification des eaux d'irrigation, On peut distinguer que les caractéristiques analytiques de l'eau permettent de la classer comme une eau moyennement salé (C2-S1).

Ces eaux est utilisables pour l'irrigation de notre périmètre de point de vue de salinité. Mais on préconise de faire un lessivage a long terme pour lessiver les sels accumulés pendant les années.

Du point de vue d'alcalinisation, cette eau est utilisable pour l'irrigation de presque tous les sols avec peu de danger d'alcalinisation bien que certaines cultures sensibles au sodium puissent être avocater.

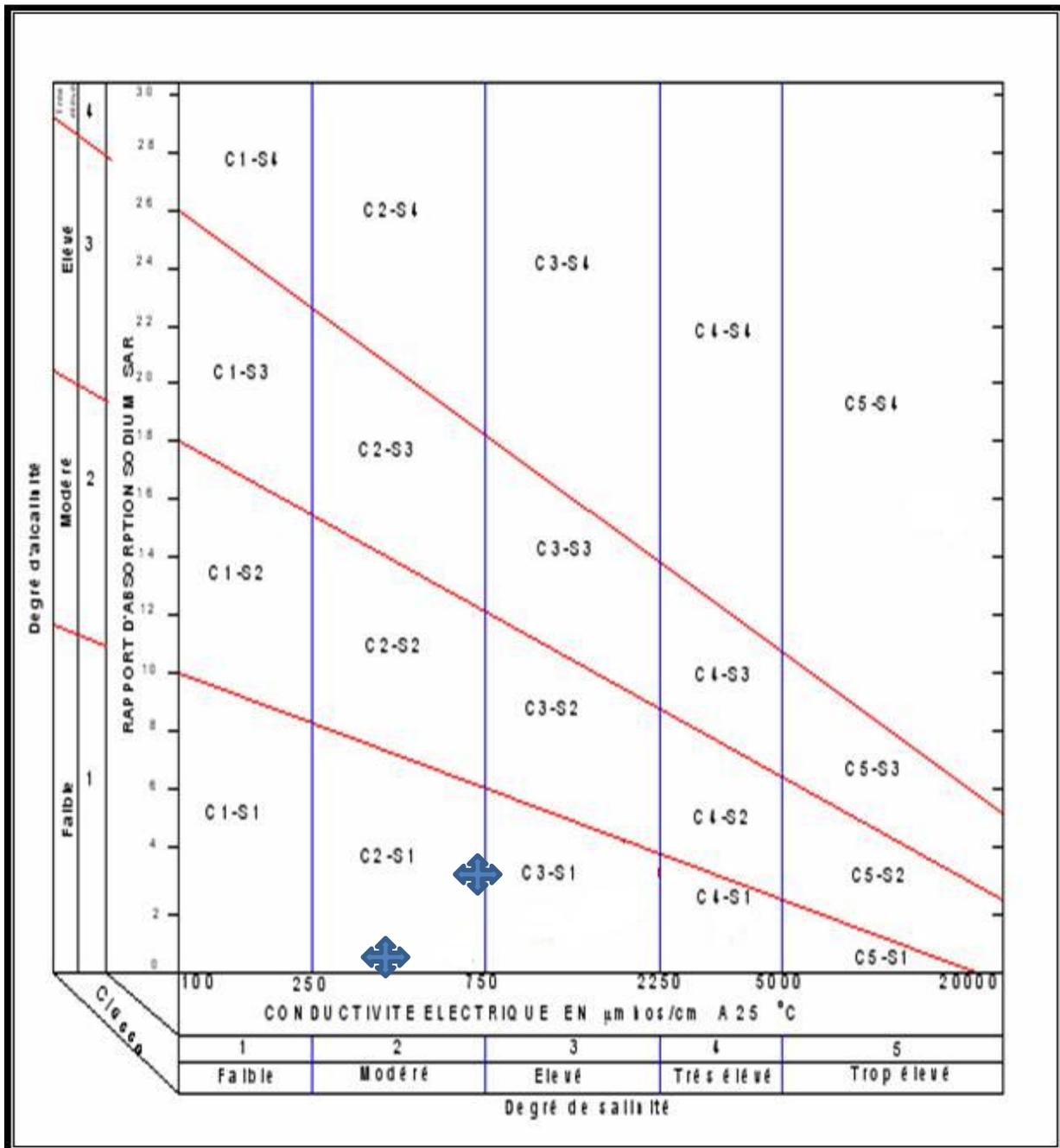


Figure: II-2) Diagramme de classification des eaux d'irrigation.

II -5- Ressources en sols :

Dans un projet de mise en valeur, plusieurs caractéristiques doivent être prises en considération, notamment:

- La profondeur du sol qui régit l'épaisseur des couches accessibles aux racines et par suite la réserve en eau disponible.
- La texture ou granulométrie de la terre fine et la charge caillouteuse qui influe sur la rétention de l'eau.

- La structure et la porosité des horizons qui commandent la perméabilité du milieu et globalement, la plus ou moins grande facilité de conduite des arrosages.
- Les caractéristiques chimiques (PH, CE, SAR) qui influent sur les possibilités culturales de la zone à irriguer.

La bonne connaissance des sols permet le bon choix des cultures.

II -5-1- Classification des sols de la zone d'étude :

L'étude pédologie du périmètre Sereg El Arfeg fait ressortir deux types de sol :

II -5-1-1- les sols minéraux bruts xériques organisés d'ablation (regs) :

Ces sols à aspect de surface trop caillouteux (reg moyen à grossier) composé de pierres et cailloux à des formes variées, se caractérisent principalement par une profondeur faible à moyenne par endroits, limitée soit par la roche mère calcaire, soit par un horizon d'accumulation de cailloux et galets de calcaire qu'on peut assimiler à une roche fragmentée.

II -5-1-2- les sols peu évolués xériques gris subdésertiques à encroutement calcaire :

Ces sols à aspect de surface caillouteux, représentent plus de 60% de la couverture pédologique de ce périmètre, et ils se caractérisent principalement par une profondeur faible à moyenne par endroits limitée par un encroutement calcaire, une texture un peu grossière, des teneurs en matière organique très faibles et une fertilité chimique médiocre.

II-6- Description d'un profil type des sols minéraux bruts xériques organisés d'ablation (regs) :

II-6-1- Description de Profil n°4:

Les données générales de profil se résument dans le tableau suivant :

Tableau II.4: caractéristique du profile N°04

Géomorphologie	Glacis
Pente	0-3%
Occupation actuelle	Terrain nu
Aspect de surface	40% de gravier.
Coordonnées	X = 03° 34' 16,5'' Y = 31° 25' 18,7''
Classification	
Classe	Sols peu évolués
S/Classe	Sols peu évolués xériques
Groupe	xériques organisés d'ablation
S/groupe	éolisés en regs

Source : BENDER⁽⁶⁾

II-6-2- Description morphologique du profil 04 :

0 – 40 cm : Sec, couleur 7,5YR 7/6 texture équilibrée, structure particulière, 40% de gravier et cailloux, pas de racines, activité biologique nulle, poreux, friable, matière organique non décelable, effervescence à l'Hcl moyenne.

>40 cm : roche mère calcaire fragmentée.

II-6-3) Résultats analytiques :

Tableau II.5) Caractéristique physico-chimique du profil 04

Numéro du profil		P4
Code laboratoire numéro		7
Horizons		H1
Profondeur en cm		0-35
	Argile	16,20
Granulométrie	Limon Fin	19,50
(en %)	Limon Grossière	22,90
	Sable Fin	38,00
	Sable Grossière	3,40
Caco ₃ Total (en %)		4,88
Caco ₃ Actif (en %)		/
CEC (en méq /100 g)		10,44
PH (au 1/5)		8,98
C.Emmhos/cm. (1/5)		0,43
C %		0,09
MO %		0,15
Gypse %		/

Source : BENDER

II-6-4- Interprétation et valeur agronomique :

Ces sols présentent des potentialités favorables à leur utilisation, mais aussi des contraintes qui nécessitent des aménagements préalables, par l'utilisation de certaines techniques appropriées.

Parmi les **potentialités**, on cite principalement :

- ✓ Une granulométrie dominée par la fraction sableuse très favorable au drainage interne de ces sols ;
- ✓ Des teneurs en calcaire actif faibles, soit à l'état de trace soit à des taux < 5% sans aucune incidence sur les rendements des cultures ;
- ✓ Absence du risque de salinité exprimée par de très faibles teneurs en conductivité électrique (qui sont de 0 à 2 mmhos/cm).

Quant aux **contraintes**, elles sont exprimées par :

- ✓ Une profondeur faible limitée par la roche mère fragmentée ;

- ✓ Un faible pouvoir de rétention en eau et en éléments fertilisants ;
- ✓ Une structure peu développée ;
- ✓ Une fertilité chimique très faible exprimée par des teneurs en capacité d'échange cationique (< 5 meq/100 g de sol) et des teneurs en matière organique inférieures à 0,5% dans tous les profils analysés ;
- ✓ Des pH fortement alcalins qui limitent le choix des cultures.

La mise en valeur de ces sols nécessite quelques aménagements préalables tels que :

- ✓ Un épierrage systématique dans les endroits où la charge caillouteuse est importante ;
- ✓ Un sous-solage pour briser la roche fragmentée et augmenter sensiblement la profondeur utile de ces sols ;
- ✓ Des amendements organiques (fumier d'ovins, de bovins) pour améliorer la structure et le pouvoir de rétention de ces sols, et une fertilisation minérale selon les besoins des cultures.

II-7- Description d'un profil type des sols peu évolués xériques gris subdésertiques à encroutement calcaire :

II-7-1- Description de Profil N°5:

Les données générales de profil se résument dans le tableau suivant :

Tableau II.6: caractéristique du profil N°5

Géomorphologie	Glacis
Pente	0-3%
Occupation actuelle	végétation éparse.
Aspect de surface	60% de cailloux et gravie
Coordonnées	X = 03° 34' 13,3'' Y = 31° 25' 11,9''
Classification	
Classe	Sols peu évolués
S/Classe	Sols peu évolués xériques
Groupe	gris subdésertique
S/groupe	à encroutement gypseux

Source : BENDER

II-7-2- Description morphologique du profil :

0 – 30cm : sec, couleur 7,5YR6/6, texture équilibrée, structure particulaire, pas de charge caillouteuse, pas de racines, activité biologique nulle, poreux, friable, matière organique non décelable, effervescence à l'Hcl faible.

30 – 75cm : sec, couleur 7,5YR6/8, texture limono-argileuse, structure polyédrique anguleuse, 3% de cailloux + gravier, pas de racines, activité biologique nulle, poreux, peu compact, matière organique non décelable, effervescence à l'Hcl faible.

>75cm : encroutement gypseux.

II-7-3- Résultats analytiques :**Tableau II.7** : caractéristique physico-chimique du sol du profil 5

Numéro du profil		P5	
		21	22
Code laboratoire numéro		21	22
Horizons		H1	H2
Profondeur en cm		0-30	30-75
	Argile	27,10	31,30
Granulométrie	Limon Fin	20,40	20,80
(en %)	Limon Grossière	17,90	18,40
	Sable Fin	30,00	24,50
	Sable Grossière	4,60	5,00
Caco ₃ Total (en %)		10,50	5,63
Caco ₃ Actif (en %)		7,20	/
CEC (en méq /100 g)		16,00	18,15
PH (au 1/5)		9,27	8,64
C.Emmhos/cm. (1/5)		0,17	3,98
C %		0,04	0,03
MO %		0,07	0,05

Source : BENDER

II-7-4- Interprétation et valeur agronomique :

Ces sols présentent des potentialités favorables à leur utilisation et des contraintes qui nécessitent des aménagements au préalable, par l'utilisation de certaines techniques appropriées.

Parmi les potentialités on cite principalement :

- ✓ Une texture équilibrée très favorable au drainage interne de ces sols ;
- ✓ Des teneurs en calcaire actif à l'état de traces à faibles mais sans aucune incidence sur les rendements des cultures ;
- ✓ Absence du risque de salinité exprimée par de très faibles teneurs en conductivité électrique (qui sont de 0 à 2 mmhos/cm).

Les Contraintes légères qui nécessitent des corrections s'articulent autour de :

- ✓ Un aspect de surface moyennement caillouteux ;
- ✓ Des pH très fortement alcalins qui limitent le choix des cultures ;
- ✓ Une structure peu développée ;
- ✓ Une fertilité chimique moyenne exprimée par des teneurs en capacité d'échange cationique (entre 10 et 25 meq/100g de sol) et des teneurs en matière organique inférieures à 0,5% dans tous les profils analysés.

La mise en valeur de ces sols nécessite quelques aménagements au préalable tels que :

- ✓ Un épierreage systématique dans les endroits où la végétation et la charge caillouteuse sont importantes ;
- ✓ Des amendements organiques (fumier d'ovins, de bovins) et fertilisation minérale pour améliorer la structure et la fertilité chimique, la structure et le pouvoir de rétention de ces sols.

II-8- Aptitudes culturales :

Les aptitudes culturales qui sont obtenues à partir des normes utilisées par l'ANRH, ont été identifiées en tenant compte des caractéristiques physico-chimiques, telles que la granulométrie, la profondeur du sol, la texture, la structure, le pH (alcalinité), le calcaire actif, la salinité (conductivité électrique), la matière organique et la fertilité chimique.

Ces sols présentent de bonnes aptitudes après correction des contraintes, mais compte tenu de la fragilité du milieu et des contraintes liées au climat, le choix doit être orienté vers des cultures maraîchères en irrigué telles que : la pomme de terre, les tomates, la carotte, l'oignon, ail, melon, pastèque, etc., avec l'intégration des cultures céréalières et fourragères et d'espèces arboricoles rustiques. Ces aptitudes culturales sont représentées dans le tableau ci-après :

Tableau II.8 : Aptitude culturale en irrigué.

Désignation		Aptitude culturale		
Type de sol	Contrainte	bonne	moyenne	mauvaise
Sols minéraux bruts xériques organisés d'ablation (éolisés en reg).	Charge caillouteuse importante, Profondeur faible, Fertilité médiocre.		Oignon, pomme de terre, carotte, navet, choux fleur, épinard, laitue, ail, pastèque, melon, haricot, concombre, pois, arachides, bersim, sorgho, maïs, fétuque, vesce-avoine, Ray-grass.	Cultures arboricoles
sols peu évolués xériques gris subdésertiques à encroutement calcaire.	Charge caillouteuse moyenne, Profondeur moyenne.	bersim, sorgho, maïs, fétuque, vesce-avoine, ray-grass, blé dur, blé tendre, orge.	Cultures maraichères, Palmier dattier, olivier, vigne, agrumes, grenadier, figuier, arachides et la luzerne.	

II-9- Erosion :

La zone du projet est sujette à une érosion hydrique peu active, visible essentiellement en amont des vallées et aux rebords qui entourent le périmètre, ou on remarque quelques ravineaux de faible profondeur. Les pentes faibles et les précipitations peu abondantes, font que l'érosion hydrique soit très peu active. En revanche, l'érosion éolienne, (présence d'accumulations sableuses), et la présence d'une forte charge caillouteuse de surface sont les

indicateurs d'une érosion éolienne active. En effet, la morphologie plus ou moins plane de la région, l'absence d'un couvert végétal protecteur et les vents plus ou moins forts, favorisent l'érosion éolienne. Ces processus érosifs peuvent constituer une contrainte pour la mise en valeur, si des mesures antiérosives, (essentiellement des brise vents), ne sont pas mises en place afin d'atténuer les effets néfastes des vents qui peuvent être violents à certaines périodes de l'année.

II-10- Brise – vents :

Leur mise en place est motivée par la topographie du périmètre situé dans une région exposée aux vents forts pouvant occasionner l'ensablement des régions basses à tout moment durant l'année. Ces vents de sable peuvent causer des dégâts considérables aux cultures, de même qu'ils interfèrent sur l'homogénéité du périmètre. Il est par conséquent impératif d'installer des brise-vents afin d'empêcher les mouvements du sable, en évitant soit la destruction des plantes par l'action mécanique des grains, soit une accumulation plus ou moins importante du sable à l'intérieur du périmètre. Pour une meilleure protection du périmètre, le rideau sera constitué par une bande boisée. C'est une technique qui permet de renforcer la protection du périmètre contre les vents violents. Elle consiste à installer, autour du périmètre, des bandes boisées de 8 à 10 m de large et un écartement de 2 à 2,5 m entre les lignes et 2 m entre les plants. Les espèces à utiliser sont : Face au vent, une bande de deux lignes de casuarina qui a une croissance très rapide (2 m en 2 ans), et face au périmètre, une bande de deux lignes d'acacia cyanophylla. Le linéaire total en brise vents est de l'ordre de 105 Km.

II-11) Conclusion :

Le présent chapitre a été consacré à l'étude pédologique ainsi que la quantification de la ressource hydrique et leur mobilisation, nous avons présenté les principales caractéristiques du sol, les unités pédologiques recensées et les contraintes de mise en valeur définies. Ce qui concerne les ressources en eau on a étudié le processus de mobilisation des eaux souterraine, à partir de la nappe albienne car les ressources superficielle sont rares. On a étudié les moyennes de stockage, la composition chimique d'eau d'irrigation et son qualité.

CHAPITRE III :
Evaluation des besoins en
eau des cultures du
périmètre

CHAPITRE III : EVALUATION DES BESOINS EN EAU DES CULTURES DU PERIMETRE.

III- 1- Introduction:

Cette étude a pour objectif d'évaluer les besoins en eau des cultures, et ce sur la base des informations conditionnant la conception de notre projet tels que : les conditions climatiques, les potentialités des sols, l'eau disponible, la fertilité des sols, les pratiques culturales et méthodes d'irrigation.

La détermination des besoins en eau pour les cultures est régie par le phénomène d'évapotranspiration.

III- 2- Les besoins en eau d'une culture :

Les besoins en eau des cultures, peuvent être définis comme étant la dose apportée aux cultures dans des moments propices, afin de mettre celles-ci dans les meilleures conditions d'humidité requises, pour obtenir son rendement maximal.

L'évaluation des besoins en eau du périmètre est basée sur la détermination des besoins de chaque culture retenue dans le calendrier agronomique. Pour cela on définit :

III -2-1- Calcul de l'évapotranspiration potentielle ou de référence (ET₀) :

C'est l'évapotranspiration d'une culture bien fournie en eau où le sol est à sa capacité de retentions, autrement dit c'est la limite maximale de l'évapotranspiration.

Donc pour mieux prédire évapotranspiration, On introduit une valeur de référence que l'on définit comme étant le taux d'évaporation d'une surface du Gazon vert, poussant activement dans des conditions hydrique optimales

III -2-2- Evapotranspiration maximale ou de culture (ET_M) :

C'est la valeur maximale de l'évapotranspiration d'une culture exempte de maladies, poussant dans un champ jouissant de conditions agronomiques, pédologiques, et climatiques optimales, suivant un stade végétatif donné.

L'évapotranspiration maximale d'une culture est donnée par l'expression ci-dessous :

$$ETM = k_c * ET_0 \dots\dots\dots(III.1)$$

Avec :

K_c : Représente le coefficient cultural, il dépend du type de la culture et de son stade de développement, et des conditions climatiques qui y règnent.

Il existe plusieurs méthodes d'évaluation de l'évapotranspiration de référence dans lesquelles :

- ✓ La méthode des lysimètres.
- ✓ La méthode des stations expérimentales
- ✓ La méthode directe de l'évaporation.
- ✓ Les méthodes empiriques.

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

- ✓ Formule de Penman (1948)
- ✓ Formule de Turc
- ✓ Formule Blaney – Cridle
- ✓ Formule de Thornthwaite
- ✓ Formule de Penman et Monteith modifiée.

En ce qui concerne notre étude, le calcul des besoins en eau des cultures a été effectué à l'aide du logiciel *CROPWAT* version 8, qui permet l'évaluation de l'évapotranspiration de référence, selon la méthode **Penman et Monteith** modifiée.

III -2-3- Méthode de Penman et Monteith modifiée :

L'expérience a montré que l'expression obtenue, prédit de près, l'évapotranspiration de référence, non seulement dans des régions humides et fraîches comme en Angleterre, mais aussi dans des zones très chaude et semi-aride.

La formule de **Penman&Monteith**, modifiée, se présentant comme suite :

$$ET_0 = C \times [w \times R_n + (1 - w) \times F (u) \times (e_a - e_d)] \dots\dots\dots(III.2)$$

Où:

ET_0 : Représente l'évapotranspiration de référence, exprimée en mm/jour.

W : Facteur de pondération rendant compte de l'effet de rayonnement à différentes températures et altitude.

R_n : Rayonnement net en évaporation équivalente, exprimé en mm/jour.

$F(u)$: Fonction liée au vent.

ea : Tension de vapeur saturante à la température moyenne de l'air, en millibars.

ed : Tension de vapeur réelle moyenne de l'air, exprimée en millibars.

La différence ($ea - ed$) constitue le facteur de correction, afin de compenser les conditions météorologiques diurnes et nocturnes.

Dans le tableau (III-1), nous présentons l'évapotranspiration de référence ET_0 , calculée à l'aide du logiciel **CROPWAT. 8 .0.1.1**, selon la formule de **Penman et Monteith**, modifiée.

Tableau III. 1 : Les résultats de l' ET_0 obtenir à l'aide du logiciel CROPWAT

Mois	Temp Moy °C	Humidité %	Vent km/jour	Insolation heures	Ray. MJ/m ² /jour	ET ₀ mm/jour
Janvier	10.1	54	241	8.2	13.7	2.30
Février	12.8	42	276	8.9	16.8	3.52
Mars	17.7	36	345	8.9	19.7	5.37
Avril	21.5	31	371	9.7	23.2	7.10
Mai	26.9	26	388	10.2	25.1	9.12
Juin	32.0	22	371	10.3	25.5	10.54
Juillet	35.1	20	285	11.2	26.6	10.15
Août	34.3	22	293	10.7	24.9	9.67
Septembre	30.1	29	311	8.9	20.4	7.97
Octobre	23.5	39	275	8.7	17.3	5.32
Novembre	16.0	48	224	8.5	14.5	3.09
Décembre	11.0	55	224	8.0	12.7	2.17
Moyenne	22.6	35	300	9.3	20.0	6.36

III -3-Etude fréquentielle des pluies et détermination de l'année de calcul:

Pour l'étude des pluies nous avons utilisé la série pluviométrique de la station de Ghardaïa qui dispose d'une série longue et représentative pour la zone d'étude :

Tableau III.2: Caractéristiques de la station pluviométrique

Station Pluviométrique	Code de la station	X	Y	Période d'observation.	Durée d'observation
Ghardaïa	130427	502.895	201.917	1989-2012	23 ans

La série des précipitations moyennes mensuelles (1989-2012) de la station pluviométrique de Ghardaïa est donnée dans le tableau suivant :

Tableau III.3: Série des pluies moyennes mensuelles observées à la zone d'étude

Année	sept	Oct	nov	déc	Jan	fév	mars	avr	mai	juin	juillet	aout	Total
1989-1990	0.0	0.0	16.2	2.5	2.6	3.7	5.8	1.4	11.7	0.7	0.0	0.0	44.6
1990-1991	4.1	0.5	3.8	5.5	8.0	0.0	22.5	3.5	9.9	0.0	0.0	0.0	57.8
1991-1992	0.0	0.0	17.6	0.0	0.0	21.4	0.5	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	40.3
1992-1993	0.7	11.2	3.4	0.0	5.3	0.0	62.2	1.1	0.0	8.9	0.0	0.0	40.3
1993-1994	75.8	23.7	5.8	1.3	0.0	0.0	6.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	112.9
1994-1995	33.9	8.4	5.4	6.7	13.6	24.9	21.1	0.2	0.0	0.0	1.3	0.0	115.5
1995-1996	0.0	0.8	0.0	2.3	0.2	2.4	0.0	60.6	1.1	0.0	0.0	0.0	67.4
1996-1997	44.1	0.0	10.4	32.4	0.0	0.0	2.5	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	90.0
1997-1998	9.9	0.0	0.0	0.3	53.8	0.8	4.4	0.0	1.2	0.0	7.6	0.0	78.0
1998-1999	0.9	0.0	24.7	27.7	0.0	0.0	3.6	0.0	6.1	1.8	0.0	0.0	64.8
1999-2000	5.2	13.1	0.0	0.0	0.0	1.3	0.3	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	21.6
2000-2001	12.8	0.5	5.7	23.6	0.7	0.0	2.7	0.8	1.6	0.1	0.0	3.7	52.2
2001-2002	10.1	26.6	16.9	0.0	18.4	2.6	23.5	0.2	0.0	0.1	0.0	6.9	105.3
2002-2003	7.1	22.3	0.0	3.7	49.0	0.4	7.2	44.8	1.0	34.5	0.0	12.2	182.2
2003-2004	0.0	0.0	21.2	3.5	6.4	1.1	0.0	0.0	0.0	3.9	1.7	7.7	45.5
2004-2005	62.8	10.2	2.2	0.0	57.5	0.0	0.2	6.3	4.1	0.0	4.3	2.6	150.2
2005-2006	7.7	5.8	4.4	13.6	0.1	0.0	4.1	12.3	3.4	0.0	0.0	16.5	67.9
2006-2007	2.6	0.0	0.0	3.5	5.4	10.3	0.0	0.0	0.6	1.2	1.1	0.0	24.7
2007-2008	79.5	30.8	8.8	7.3	59.3	1.0	10.5	0.4	0.0	17.4	0.0	0.0	215.0

La suite de tableau **III. 3**

2008-2009	45.8	0.0	0.0	0.0	5.6	0.0	0.0	0.0	3.5	1.5	2.0	0.0	58.4
2009-2010	0.5	3.5	0.0	0.0	1.5	0.0	16.9	15.0	1.5	27.0	0.0	0.0	65.9
2010-2011	18.0	18.0	0.0	0.0	6.5	1.0	7.5	8.5	0.0	0.0	0.0	0.0	41.5
2011-2012	0.0	6.0	7.0	2.0	1.2	0.0	3.7	0.7	0.0	0.0	0.1	1.7	22.4
Moyen	18.3	7.9	6.7	5.9	12.8	3.1	8.9	6.9	2.0	4.2	0.8	2.2	

Source : (ANRH d'Alger)

III -3-1- Homogénéité de la série pluviométrique:

Pour vérifier l'homogénéité de la série pluviométrique on procède au Test de Wilcoxon :

La vérification de l'homogénéité d'une série pluviométrique par cette méthode repose sur le procédé suivant :

- On divise la série complète en deux sous séries : X et Y tel que : N_1 et N_2
- Représentant respectivement les tailles de ces deux sous séries considérant généralement $N_2 > N_1$
- On constitue par la suite, la série X union Y après avoir classé la série de pluie d'origine par ordre croissant. a ce stade, on attribue a chaque valeur de la série pluviométrique classée, son rang tout en précisant à quelle sous séries appartient elle
- Wilcoxon a montré que la série est homogène avec une probabilité de 95% (Touaibia, 2004), si la relation ci-dessous est vérifiée.

Avec :

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

$$W_x = |Rang|_x \qquad W_x : \text{Somme des rangs de sous séries.}$$

$$W_{min} = \left(\frac{(N_1 + N_2 + 1)N_1 - 1}{2} \right) - 1.96 \left(\frac{N_1 N_2 (N_1 + N_2 + 1)}{12} \right)^{1/2} \dots\dots\dots (III.3)$$

$$W_{max} = [(N_1 + N_2 + 1).N_1 - W_{min}] \dots\dots\dots (III.4)$$

Les résultats du test de Wilcoxon sont détaillés comme suit :

Tableau III .4: Test d'homogénéité de la série pluviométrique

Rang	Série d'origine	Série Y (mm)	Série X (mm)	TRI (mm)	X union Y
1	44.6	44.6	105.3	215	X
2	57.8	57.8	182.2	182.2	X
3	40.3	40.3	45.5	150.2	X
4	40.3	40.3	150.2	115.5	Y
5	112.9	112.9	67.9	112.9	Y
6	115.5	115.5	24.7	105.3	X
7	67.4	67.4	215.0	90	Y
8	90.0	90.0	58.4	78	Y
9	78.0	78.0	65.9	67.9	X
10	64.8	64.8	41.5	67.4	Y
11	21.6	21.6	22.4	65.9	X
12	52.2	52.2		64.8	Y
13	105.3			58.4	X
14	182.2			57.8	Y
15	45.5			52.2	Y
16	150.2			45.5	X
17	67.9			44.6	Y
18	24.7			41.5	X
19	215.0			40.3	Y
20	58.4			40.3	Y
21	65.9			24.7	X
22	41.5			22.4	X
23	22.4			21.6	Y

Après les calculs on a : $W_x = 122$, $W_{\min} = 99.66$, $W_{\max} = 164.34$

Donc : $99.66 < W_x < 164.34$

D'après les calculs, on voit que la condition de Wilcoxon $W_{\min} < W_x < W_{\max}$ est vérifiée, donc la série des précipitations moyenne annuelle est homogène.

III -3-2- Etude de l'échantillon et choix du type de loi:

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

- Loi de Gauss ou loi normale

- Loi de Galton ou loi log–normale

III -3-2-1- Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gauss ou loi normale:

Le procédé de calcul consiste à:

Classer les valeurs de l'échantillon par ordre croissant.

Affecter un numéro d'ordre aux valeurs classées.

Calculer la fréquence expérimentale (par la formule de Hazen par exemple).

$$\text{Variable réduite de gauss : } U = \frac{X - \bar{X}}{\delta} .$$

Calcul des caractéristiques empirique de loi (\bar{X} ; δ ; C_v ; $C_{S=0}$).

$$\text{Le coefficient de variation : } C_v = \frac{\delta}{\bar{X}} .$$

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

$$X_{P\%} = \bar{X} + \delta * U_{P\%} \dots\dots\dots (III.5)$$

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

$U_{P\%}$: variable réduit de Gauss.

\bar{X} : Moyenne arithmétique.

δ : Écart type

Pour les calculs on a utilisé le logiciel HYFRAN. Les résultats obtenus figurent au tableau III-5 et au Figure III-1

Tableau III.5: Ajustement à la loi de Gauss

T=1 /q	q = F(X) (probabilité au non-dépassement)				
	T	Q	XT	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)
100	0.99	199	20.5	159	239
50	0.98	185	18.7	148	222
20	0.95	164	16.2	132	196
10	0.9	145	14.3	117	173
5	0.8	123	12.2	98.7	147
3	0.6667	102	11	80.2	123
2	0.5	79.6	10.5	59.1	100
1.25	0.2	36.5	12.2	12.5	60.5

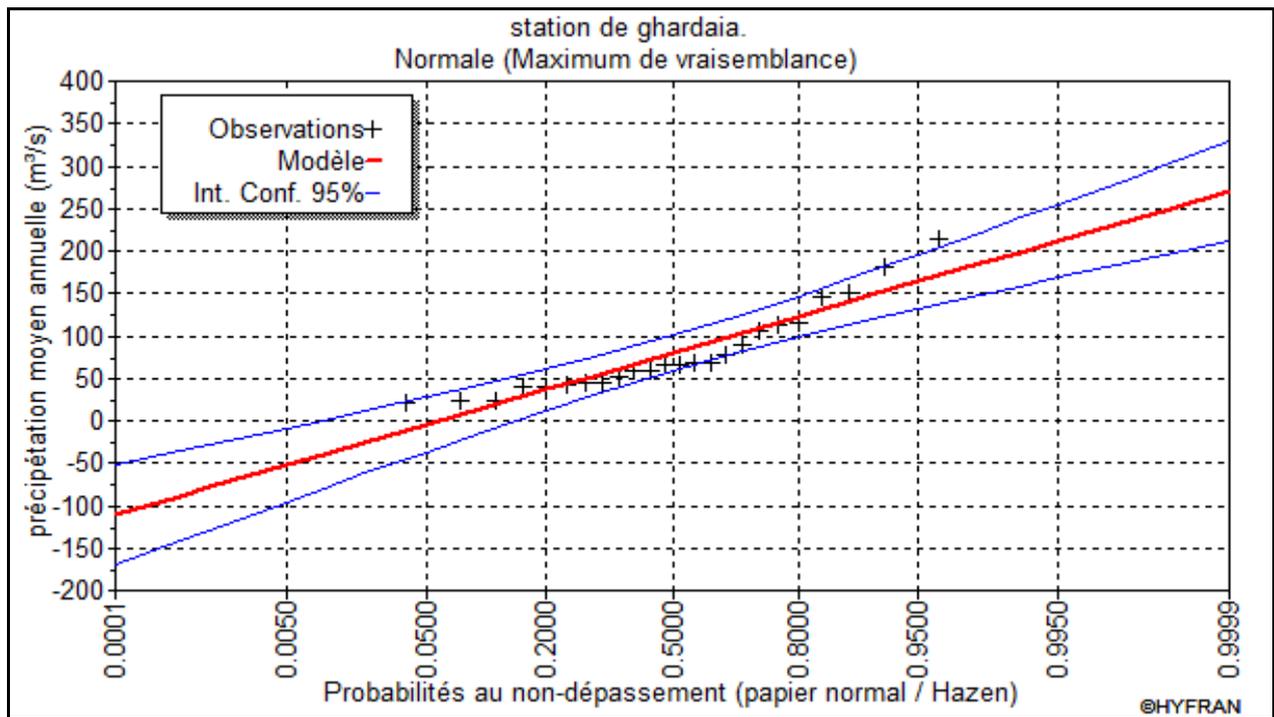


Figure. III -1: Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gauss

a- Test de validité de l’ajustement à la loi choisie:

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

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

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

$$v_i = N \int_{x_{i-1}}^{x_i} f(X)dX = N[F(X_i) - F(X_{i-1})] \dots\dots\dots(III.6)$$

$f(X)$: étant la densité de probabilité correspondant à la loi théorique. La variable aléatoire χ^2 , dont la répartition a été étudiée par Pearson, est définie par l’expression suivante :

$$\chi^2 = \sum \frac{(n_i - v_i)^2}{v_i} \dots\dots\dots(III.7)$$

$$\lambda = K - 1 - P$$

Avec :

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

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

b- Test de Khi carré pour la loi Normale:

- ✓ On calcule χ^2 .
- ✓ On calcule le nombre de degré de liberté γ :
- ✓ On détermine $\chi^2_{\text{théorique}}$ sur la table de Pearson (voir tableau suivant)

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

La loi est adéquate pour une erreur $\alpha = 0.01$ si et seulement si : $\chi^2_{\text{calculé}} < \chi^2_{\text{théorique}}$

Tableau III .6: la table de Khi carré

α γ	0.9	0.5	0.3	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01	0.001
1	0.016	0.455	1.074	1.642	2.705	3.841	5.412	6.635	10.827
2	0.211	1.386	2.408	3.219	4.605	5.991	7.824	9.210	13.815
3	0.584	2.366	3.665	4.642	6.251	7.815	9.837	11.345	16.266
4	1.064	3.357	4.878	5.989	7.779	9.488	11.668	13.277	18.467
5	1.610	4.351	6.064	7.289	9.236	11.070	13.388	15.086	20.515
6	2.204	5.348	7.231	8.558	10.645	12.592	15.033	16.812	22.457
7	2.833	6.346	8.383	9.83	12.017	14.067	16.622	18.475	24.322
8	3.490	7.344	9.524	11.030	13.362	15.507	18.168	20.090	26.125
9	4.168	8.343	10.656	12.242	14.684	16.919	19.679	21.666	27.877

D'après le logiciel HYFRAN on a obtenu les résultats suivant:

$$\chi^2_{\text{calculé}}=7.13 \quad \gamma=4$$

D'après la table de Pearson du χ^2 on a :

$$\chi^2_{\text{théorique}} = 13.277$$

$$\chi^2_{\text{calculé}} = 7.13 < \chi^2_{\text{théorique}} = 13.277$$

Donc l'ajustement est à considérer

III -3-2-2- Ajustement des pluies annuelles à la loi du log-normal (loi de Galton):

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

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

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

$$\text{Ln}(X_{p\%}) = \overline{\text{Ln}(\mathbf{X})} + \delta_{\text{Ln}} * U_p \dots \dots \dots \text{(III.8)}$$

Avec:

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

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

δ_{Ln} : la variance, calculée pour les précipitations observées sous l'échelle logarithmique sa formule s'écrit comme suit :

$$\delta_{\text{Ln}} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{i=n} [\text{Ln}(X_i) - \overline{\text{Ln}(\mathbf{X})}]^2} \quad \text{Si } n < 30 \quad \dots \dots \dots \text{(III.9)}$$

$$\delta_{\text{Ln}} = \sqrt{\frac{1}{1-n} \sum_{i=1}^{i=n} [\text{Ln}(X_i) - \overline{\text{Ln}(\mathbf{X})}]^2} \quad \text{Si } n \geq 30 \quad \dots \dots \dots \text{(III.10)}$$

$U_{p\%}$: variable réduite de Gauss.

Pour les calculs on a utilisé le logiciel HYFRAN Les résultats obtenus figurent au tableau III-7 et au Figure III-2

Tableau III .7: Ajustement à la loi de Galton

T=1 /q	q = F(X) (probabilité au non-dépassement				
T	Q	XT	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)	
100	0.99	286	72	145	427
50	0.98	241	55.5	132	350
20	0.95	186	37.2	113	259
10	0.9	148	26	97.2	199
5	0.8	112	16.9	79.1	145
3	0.6667	86.6	11.7	63.7	109
2	0.5	66	8.49	49.3	82.6
1.25	0.2	38.8	5.85	27.4	50.3

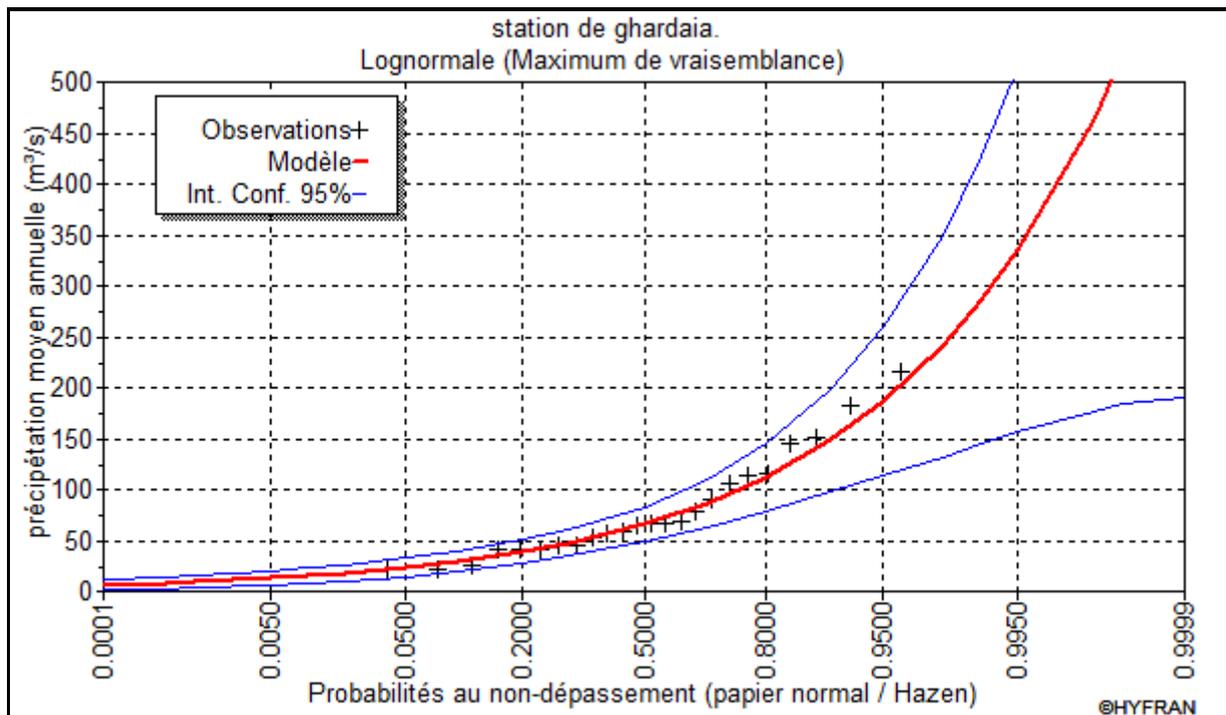


Figure. III -2: Ajustement des pluies annuelles à la loi de Galton

a- Test de Khi carré pour la loi de Galton:

- ✓ On calcule $\chi^2_{\text{calculé}}$.
- ✓ On calcule le nombre de degré de liberté γ .
- ✓ On détermine $\chi^2_{\text{théorique}}$ sur la table de Pearson III.

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

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

D'après le logiciel HYFRAN on a obtenu les résultats suivants:

$$\chi^2_{\text{calculé}} = 3.48 \quad \gamma = 4$$

D'après la table de Pearson du χ^2 on a :

$$\chi^2_{\text{théorique}} = 9.488$$

$$\chi^2_{\text{calculé}} = 3.48 < \chi^2_{\text{théorique}} = 9.488$$

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

III -4- Détermination de l'année de calcul

Puisque la loi log-normale est la plus adéquate, alors nous la retenons pour l'estimation de la pluviométrie moyenne mensuelle représentative de la région .L'estimation sera pour l'année sèche de fréquence 80%; on utilise la formule suivante :

$$P_{\text{moy 80\% de chaque mois}} = P_{\text{moy de chaque mois}} * \frac{P_{\text{theorique (80\%) annuelle}}}{P_{\text{theorique (50\%) annuelle}}} \dots \dots \dots \text{(III.11)}$$

$$P_{\text{théorique de 50\%}} = 66 \text{ mm}$$

$$P_{\text{théorique de 80\%}} = 38.8 \text{ mm}$$

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

Tableau III .8 : Pluviométrie moyenne pour chaque mois en (mm)

Mois	Jan	Fév	Mars	avri	Mai	Juin	juil.	Aou	Sept	Oct	nov	déc.
Pmoy mm/mois	12.8	3.1	8.9	6.9	2	4.2	0.8	2.2	18.3	7.9	6.7	5.9
Psec80% mm/mois	7.55	1.83	5.25	4.07	1.18	2.48	0.47	1.30	10.80	4.66	3.95	3.48

III -4-1- Calcul des pluies efficaces (Peff):

La pluie efficace est définie comme étant la fraction des précipitations contribuent effectivement à la satisfaction des besoins de l'évapotranspiration de la culture après déduction des pertes par ruissellement de surface, et par percolation en profondeur etc....

Ces pertes sont estimées de 20 % de la pluie tombée .Pour l'appréciation de la pluie efficace on distingue deux (2) cas:

- 1) Pluie efficace (Peff) = 0 pour les mois où la pluie ne dépasse pas les 5 mm
- 2) Pluie efficace (Peff) = 80 % de la pluie moyenne mensuelle dans les autres cas.

Pour notre cas on a des mois que la pluie ne dépasse pas 5 mm donc : (Peff) = 0.

Tableau III .9: Calcul des pluies efficaces pour chaque mois en mm

Mois	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	juil.	aout	Sept	Oct	nov	déc.
Psec80%	7.55	1.83	5.25	4.07	1.18	2.48	0.47	1.30	10.80	4.66	3.95	3.48
Peff	6.04	0	4.20	3.26	0	0	0	0	8.64	3.73	3.16	2.78

III -5- Occupation des sols et choix des cultures :

Avant d'évaluer les besoins en eau des cultures de la zone d'étude, il faut d'abord définir l'occupation et la répartition culturale dans le périmètre, en tenant compte des différentes contraintes (d'ordre climatique, social, agro-pédologique).

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

- Les conditions climatiques de la région étudiée.
- La qualité et disponibilité de l'eau d'irrigation.
- L'aptitude culturale des sols basée sur l'étude pédologique.

Pour l'établissement du calendrier cultural adaptable aux diverses conditions du périmètre de SEREG EL ARFEG à Hassi Lefhal, nous avons tenu compte :

- De la vocation agro-alimentaire de la région.
- Du choix des services agricoles de la wilaya qui tendent vers la diversification et l'intensification des cultures pratiquées dans la région.
- D'un aperçu sommaire sur les qualifications de la main d'œuvre actuelle dans la conduite des cultures envisagées.
- Des disponibilités des moyens de production.

Pour notre périmètre le choix des cultures s'est basé comme suit :

III -5-1- La céréaliculture :

La superficie cultivée en céréales est la plus importante, elle occupe 38.68 % de la surface totale enquêtée et cultivée. Les agriculteurs pratiquent le plus souvent la culture de blé dur, soit environ 77.22% de la surface emblavée. Le reste de la superficie est cultivé en orge.

Les céréales sont cultivées en tête d'assolement, elles sont semées au mois d'octobre et de novembre.

III -5-2- Arboriculture :

L'occupation du sol par l'arboriculture de toutes espèces confondues est de 84.7 Ha.

Parmi les espèces fruitières rencontrées nous citons, les palmiers et l'olivier, ainsi que les agrumes pour les autres espèces. L'irrigation de l'arboriculture dans la zone d'étude est relativement faible.

III -5-3- Cultures maraîchères :

Sur l'ensemble des exploitations enquêtées, 15.54% sont occupées par le maraichage, soit une superficie totale de 37.94 Ha. Ces cultures sont pratiquées généralement en plein champ. Les cultures maraîchères de plein champ pratiquées c'est la pomme de terre oignon.

III -6- Assolement et rotation des cultures:

Au sens agronomie, l'assolement est la répartition des cultures au cours d'une campagne culturale donnée sur les différentes parcelles d'une exploitation agricole.

Donc nous nous définissons la rotation par la succession des cultures sur une même sole pendant un nombre d'année correspondant au type d'assolement adopté.

La répartition des cultures dans le périmètre est détaillée comme suit :

Tableau III .10: Surfaces occupées par les différentes cultures.

N°de la parcelle	Culture	Surface (ha)	Pourcentage (%)
1	palmier	9.21	30.1
2	palmier	8.99	
4	palmier	14.01	
5	palmier	14.05	
6	palmier	12.48	
3	olivier	14.77	6.65
7	agrume	11.21	5.6
8	pomme de terre	10.01	10.25
10	pomme de terre	10.5	
9	oignon	10.01	8.72
11	oignon	7.45	
12	orge	10	8.81
13	orge	7.63	
14	blé dur	11.74	29.87
15	blé dur	12	
16	blé dur	11.99	
17	blé dur	12.01	
18	blé dur	12	
total		200	100%

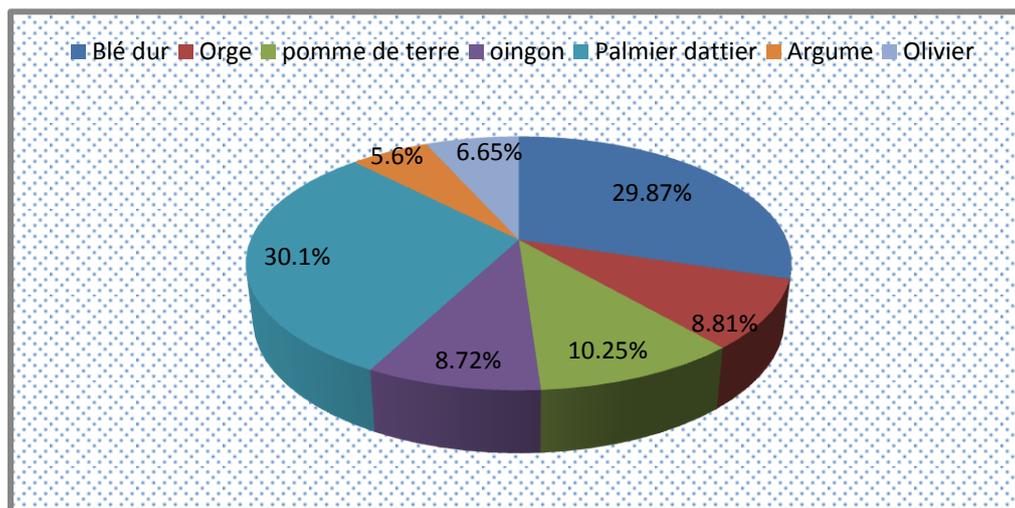


Figure III-3) répartition des cultures dans le périmètre

Le calendrier cultural est détaillé comme suit :

Tableau III- 11): Calendrier cultural selon l'assolement choisi.

Culture		Sep	Oct.	Nov.	Déc.	Jan	Fév.	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil.	Aout
Cereals	Blé dur		←								→		
	Orge		←								→		
Cultures maraichères	Pomme de terre	→			→								←
	Oignon					←					→		
Arboriculture	Palmier dattier	←											→
	Olivier	←											→
	Argumes	←											→

III -7- Détermination des Besoins en eau des cultures :

Les besoins en eau mensuels sont déterminés par le bilan hydrique suivant :

$$B = ETP - (Pe_{ff} + RFU) \dots\dots\dots(III.12)$$

Avec :

B : besoin en eau d'irrigation (mm)

E.T.P : évapotranspiration (mm / jour)

Pe_{ff} : est la pluie efficace

RFU : Réserve facilement utilisable qui représente l'humidité du sol du mois i-1, on a :

$$RFU = (H_{cc} - H_{pf}) Y.Da.Z \dots\dots\dots (III.13)$$

Avec :

H_{cc} : humidité à la capacité au champ (On prend H_{cc}=14%).

H_{pf} : humidité au point de flétrissement (On prend H_{pf}=6%). ;

Y : degré de tarissement ;

Da : densité apparente ;

Z : profondeur d'enracinement mm ;

III -7-1-Humidité à la capacité aux champs et de flétrissement:

L'humidité à la capacité au champ et de flétrissement sont deux facteurs important dans la détermination de la Réserve facilement utilisable RFU et par conséquent les besoin d'irrigation les valeurs sont représenté dans le tableau suivant :

Tableau III. 12: Humidité à la capacité au champ et de flétrissement

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

Source : Référence bulletin FAO d'irrigation et drainage

III -7-2 - Les profondeurs d'enracinement:

Les valeurs de profondeur d'enracinement des différentes cultures sont données par le tableau ci-dessus :

Tableau III.13 : Les profondeurs d'enracinements des différentes cultures

	S.	O.	N.	D.	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.
Blé dur			0.3	0.4	0.6	0.7	0.9	1	1.1			
Orge			0.3	0.4	0.6	0.7	0.9	1	1.1			
Oliviers	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
Agrumes	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Oignon					0.1	0.2	0.3	.0.4	0.5	0.5		
Pomme de terre	0.3	0.35	0.35									0.2
Palmier dattier	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0

Source : bulletin FAO d'irrigation et de drainage

III -7-3- L'efficience de l'irrigation:

Les besoins en eau dépendent aussi des pertes dans le système d'apport de l'eau aux plantes, elles sont dues :

- Aux pertes du système d'irrigation à la parcelle.
- Aux pertes dans le système de mobilisation de l'eau et le réseau de transport de l'eau à la parcelle.

Donc nous définissons l'efficience de l'irrigation comme étant le rapport entre le besoin d'eau strictement nécessaire à la culture et le volume d'eau à introduire dans le réseau d'irrigation. La formule utilisée pour l'estimation de l'efficience d'un réseau d'irrigation est donnée par l'expression suivante :

$$E_i = E_d \cdot E_t \cdot E_u \dots \dots \dots (III.14)$$

Avec :

E_i : Efficience d'irrigation en (%)

E_t : Efficience de transport en (%)

E_d : Efficacité de type de distribution en (%)

E_u : Efficacité de l'uniformité de la distribution.

Dans notre cas on prend $E_i = 0.75$

Les besoins en en eaux des cultures sont représentés dans les tableaux suivantes :

Tableau III- 14) : Besoins en eau d'irrigation d'olivier :

Olivier	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août
ETO (mm)	239.1	159.6	92.7	65.1	69	105.6	161.1	213	273.6	316.2	304.5	290.1
olivier/kc	0.8	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.65	0.65	0.7	0.8
ETM/oliv	191.28	111.72	46.35	32.55	34.5	52.8	80.55	127.8	177.84	205.53	213.15	232.08
Pluie (mm)	10.8	4.66	3.95	3.48	7.55	0	5.25	4.07	0	0	0	0
Peff	8.64	3.728	3.16	2.784	6.04	0	4.2	3.256	0	0	0	0
Peff-ETM_	-182.64	-107.992	-43.19	-29.766	-28.46	-52.8	-76.35	-124.544	-177.84	-205.53	-213.15	-232.08
RFU_max	63.36	63.36	63.36	63.36	63.36	63.36	63.36	63.36	63.36	63.36	63.36	63.36
RFU	0	0	31.68	31.68	31.68	31.68	0	0	0	0	0	0
beoisn_net (mm)	182.64	107.992	11.51	0	0	21.12	76.35	124.544	177.84	205.53	213.15	232.08
beoisn_brute	243.52	143.98	15.34	0	0	28.16	101.8	166.05	237.12	274.04	284.2	309.44
besoi_brut (m3)	2435.2	1439.89	153.46	0	0	281.6	1018	1660.58	2371.2	2740.4	2842	3094.4
deb_speci_the_l/s/ha	0.94	0.56	0.06	0.00	0.00	0.11	0.39	0.64	0.91	1.06	1.10	1.19

Tableau III.15: Besoins en eau d'irrigation d'agrume :

Argume	Septembre	octobre	novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août
ETO (mm)	239.1	159.6	92.7	65.1	69	105.6	161.1	213	273.6	316.2	304.5	290.1
argume/kc	0.95	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.85	0.85	0.85	0.9	0.95
ETM/argume (mm)	227.145	127.68	74.16	52.08	55.2	84.48	128.88	181.05	232.56	268.77	274.05	275.595
Pluie (mm)	10.8	4.66	3.95	3.48	7.55	0	5.25	4.07	0	0	0	0
Peff (mm)	8.64	3.728	3.16	2.784	6.04	0	4.2	3.256	0	0	0	0
Peff-ETM	-218.505	-123.952	-71	-49.296	-49.16	-84.48	-124.68	-177.794	-232.56	-268.77	-274.05	-275.595
RFU_max	63.36	63.36	63.36	63.36	63.36	63.36	63.36	63.36	63.36	63.36	63.36	63.36
RFU	0	0	0	31.68	31.68	31.68	31.68	0	0	0	0	0
beoisn_net (mm)	218.505	123.952	71	17.616	17.48	52.8	93	177.794	232.56	268.77	274.05	275.595
beoisn_brute(mm)	291.34	165.26	94.66	23.488	23.30	70.4	124	237.058	310.08	358.36	365.4	367.46
besoi_brut (m3)	2913.4	1652.69	946.66	234.88	233.06	704	1240	2370.58	3100.8	3583.6	3654	3674.6
deb_speci_the_l/s/ha	1.12	0.64	0.37	0.09	0.09	0.27	0.48	0.91	1.20	1.38	1.41	1.42

Tableau III.16 : Besoins en eau d'irrigation de blé et de l'orge :

2-BLE orge	Septembre	octobre	novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août
ble/kc	0	0	0.7	0.85	1	1.05	1.1	1.1	0.25	0	0	0
ETM/ble	0	0	64.89	55.335	69	110.88	177.21	234.3	68.4	0	0	0
Pluie (mm)	10.8	4.66	3.95	3.48	7.55	0	5.25	4.07	0	0	0	0
Peff	8.64	3.728	3.16	2.784	6.04	0	4.2	3.256	0	0	0	0
Peff-ETM_ble	8.64	3.728	-61.73	-52.551	-62.96	-110.88	-173.01	-231.04	-68.4	0	0	0
H(m)	0	0	0.3	0.4	0.6	0.7	0.9	1	1.1	0.0	0	0
RFU_max	0.00	0.00	16.08	21.44	32.16	37.52	48.24	53.60	58.96	0.00	0.00	0.00
RFU	0.00	0.00	0.00	10.72	10.72	16.08	18.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
beoisn_net (mm)	0	0	61.73	41.831	52.24	94.8	154.25	231.044	68.4	0	0	0
beoisn_brute (mm)	0.00	0.00	82.31	55.77	69.65	126.40	205.67	308.06	91.20	0.00	0.00	0.00
besoi_brut (m3)	0.00	0.00	823.07	557.75	696.53	1264.00	2056.67	3080.59	912.00	0.00	0.00	0.00
deb_speci_l/s/ha	0.000	0.000	0.318	0.215	0.269	0.488	0.793	1.188	0.352	0.000	0.000	0.000

Tableau III.17 : Besoins en eau d'irrigation des palmiers :

Palmier	Septembre	Octobre	novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août
ETO	239.1	159.6	92.7	65.1	69	105.6	161.1	213	273.6	316.2	304.5	290.1
palmier/kc	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ETM (mm)	215.19	143.64	83.43	58.59	62.1	95.04	144.99	191.7	246.24	284.58	274.05	261.09
Pluie (mm)	10.8	4.66	3.95	3.48	7.55	0	5.25	4.07	0	0	0	0
Peff	8.64	3.728	3.16	2.784	6.04	0	4.2	3.256	0	0	0	0
Peff-ETM_	-206.55	-139.912	-80.27	-55.806	-56.06	-95.04	-140.79	-188.444	246.24	-284.58	-274.05	-261.09
RFU_max	105.6	105.6	105.6	105.6	105.6	105.6	105.6	105.6	105.6	105.6	105.6	105.6
RFU	0	0	0	52.8	52.8	52.8	52.8	0	0	0	0	0
beoisn_net (mm)	206.55	139.912	80.27	3.006	3.26	42.24	87.99	188.44	246.24	284.58	274.05	261.09
beoisn_brute(mm)	275.4	186.54	107.02	4.008	4.34	56.32	117.32	251.25	328.32	379.44	365.4	348.12
besoi_brut (m3)	2754	1865.49	1070.28	40.08	43.46	563.2	1173.2	2512.58	3283.2	3794.4	3654	3481.2
deb_speci_the_l/s/ha	1.06	0.72	0.41	0.02	0.02	0.22	0.45	0.97	1.27	1.46	1.41	1.34

Tableau III.18 : Besoins en eau d'irrigation d'oignon :

Oignon	Septembre	octobre	novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août
Kc -oignon	0.00	0.00	0.00	0.00	0.4	0.6	0.75	0.8	0.9	0.85	0.00	0.00
ETM	0.00	0.00	0.00	0.00	6.90	63.36	120.83	170.40	246.24	268.77	0.00	0.00
Pluie (mm)	10.80	4.66	3.95	3.48	7.55	0.00	5.25	4.07	0.00	0.00	0.00	0.00
Peff	8.64	3.73	3.16	2.78	6.04	0.00	4.20	3.26	0.00	0.00	0.00	0.00
Peff-ETM	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.86	-63.36	-116.63	-167.14	-246.24	-268.77	0.00	0.00
H (m)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.20	0.30	0.4	0.5	0.5	0.00	0.00
RFU-max	0.00	0.00	0.00	0.00	5.28	10.56	15.84	21.12	26.40	26.40	0.00	0.00
RFU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
beoism_net (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.86	53.36	116.63	167.14	246.24	268.77	0.00	0.00
beoism_brute (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	1.15	71.15	155.50	222.86	328.32	358.36	0.00	0.00
besoi_brut (m3)	0.00	0.00	0.00	0.00	11.47	711.47	1555.00	2228.59	3283.20	3583.60	0.00	0.00
deb_speci_l/s/ha	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	0.60	0.86	1.27	1.38	0.00	0.00

Tableau III.19 : Besoins en eau d'irrigation de pomme de terre (arrière-saison) :

P. terre A.S	Septembre	octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août
Pomme de terre A.S	0.95	0.90	0.75	0.60	0.00	0.00	0.50	0	0	0	0	0.75
ETM	227.15	143.64	69.53	39.06	0.00	0.00	80.55	0.00	0.00	0.00	0.00	217.58
Pluie (mm)	10.80	4.66	3.95	3.48	7.55	0.00	5.25	4.07	0.00	0.00	0.00	0.00
Peff	8.64	3.73	3.16	2.78	6.04	0.00	4.20	3.26	0.00	0.00	0.00	0.00
Peff-ETM_p,d,t	-218.51	-139.91	-66.37	-36.28	6.04	0.00	-76.35	3.26	0.00	0.00	0.00	-217.58
H (m)	0.3	0.35	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.2
RFU-max	15.84	18.48	18.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.56
RFU	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
beoism_net (mm)	218.51	139.91	66.37	36.28	0.00	0.00	76.35	0.00	0.00	0.00	0.00	217.58
beoism_brute (mm)	291.34	186.55	88.49	48.37	0.00	0.00	101.80	0.00	0.00	0.00	0.00	290.10
besoi_brut (m3)	2913.40	1865.49	884.87	483.68	0.00	0.00	1018.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2901.00
deb_speci_l/s/ha	1.12	0.72	0.34	0.19	0.00	0.00	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	1.12

Tableau 20 : Besoins en eau brutes unitaire pour les différentes cultures

Cultures	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
Palmier	275.40	186.54	107.02	4.01	4.34	56.32	117.32	251.25	328.32	379.44	365.40	348.12
Olivier	243.52	143.98	15.34			28.16	101.80	166.05	237.12	274.04	284.20	309.44
Argume	291.34	165.26	94.66	23.49	23.30	70.40	124.00	237.06	310.08	358.36	365.40	367.46
P.d.t. A/S	291.34	186.55	88.49	48.37			101.80					290.10
Oignon					1.15	71.15	155.50	222.86	328.32	358.36		
Blé dur			82.31	55.77	69.65	126.40	205.67	308.06	91.20			
Orge			82.31	55.77	69.65	126.40	205.67	308.06	91.20			
Total	1101.60	682.33	470.13	187.41	168.09	478.83	1011.76	1493.34	1386.24	1370.20	1015.00	1315.12

Les besoins de pointe correspondent au mois d'avril, soient donc **1493.34**mm/mois.

Le débit spécifique calculé est très important, il est de **8.55**l/s/ha, ce débit dépasse les normes (1.5 l/s/ha), ce qui risque d'aboutir à un surdimensionnement.

Dans ce cas, on a deux méthodes pour estimer le débit spécifique :

- Prendre la moyenne des débits spécifiques de l'ensemble des cultures ;
- Prendre en considération le débit spécifique de la culture la plus exigeante ;

Dans notre cas, le débit spécifique est celui du Palmier, il est de : $Q_s = 1.46$ l/s/ha, est inférieur à 1,5 l/s/ha donc le choix de ce débit reste valable.

III-8- Evaluation du débit caractéristique :

Le calcul des débits caractéristiques permet de définir le débit maximum que le système de desserte aura à fournir pour l'irrigation de chaque parcelle, déterminé en multipliant le débit de pointe par la surface agricole utile, voir la formule suivante :

$$Q_{car} = q_s \cdot S \dots \dots \dots (III.15)$$

q_s : débit spécifique de mois de pointe en (l/s/ha)

S : la superficie totales à irriguer = 200 ha

$$Q_{car} = q_s \cdot S = 1.464 \cdot 200 = 292.78 \text{ l/s}$$

III- 9- Estimation des besoins en eau totaux du périmètre :

La connaissance des volumes totaux d'irrigation est indispensable, elle permet de prévoir les volumes d'eau stockés dans la retenue et d'effectuer un meilleur calendrier d'arrosage.

Étant donné, que nous avons pris en considération un assolement, nous avons calculé les besoins en eau pour l'assolement le plus exigeant, en plus des besoins de l'arboriculture (hors assolement).

Tableau III.21 : Besoin en eau d'irrigation des cultures

Cultures	Superficie en ha	Besoins en eau net (mm)	Besoins en eau brut (m3/ha)	Besoins bruts totaux (m3)
Céréales	77.36 ha			
Blé dur	59.74	704.295	9390.6	560994.44
Orge	17.62	704.295	9390.6	165462.37
Cultures maraichères	37.94 ha			
pomme de terre A.S	20.5	754.98	10066.44	206362.02
Oignon	17.44	853	11373.32	198350.7
Arboriculture	84.7 ha			
Palmier dattier	58.68	1817.632	24235.093	1422115.25
Olivier	14.77	1352.756	18036.747	266402.6
Argume	11.20	1823.122	24308.23	272252.17
			total	3 091 939

D'après le tableau précédent, On remarque que le volume total des besoins en eau des cultures de notre périmètre est de 3 091 939 m³. Le volume extraie à partir d'un seul forage avec un débit de 100 l/s, est de 2365200 m³ pour un pompage de 18/24h, notre périmètre dispose de deux forages, le volume extraire suffit largement pour répondre aux besoins des cultures. .Ce qui représente un atout considérable pour le développement de l'irrigation dans le périmètre de Hassi lefhel.

III -10- Conclusion :

Le périmètre de Hassi Lefhal présente des potentialités hydriques et édaphiques importantes, l'exploitation rationnelle de ses ressources permettra un développement agricole important. En effet, vu la superficie du périmètre, le choix des cultures proposé a mis en évidence des besoins importants qui s'élèvent à plus de 3 091 939 m³ avec un moyen de 159.459 m³/ha. Les deux forages à partir de la nappe albienne pourra subvenir les besoins en eau de ces cultures.

Le projet d'irrigation est donc faisable, ce qui présente une opportunité pour le développement économique de la région.

CHAPITRE IV :
Technique d'irrigation des
cultures

CHAPITRE IV : TECHNIQUE D'IRRIGATION DES CULTURES

IV-1- Introduction

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

- Les facteurs techniques incluent :

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

- Les facteurs socio-économiques incluent :

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

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

IV-2- Description des différents modes d'irrigation

Les principaux modes d'irrigation existant sont :

1. Irrigation de surface.
2. Irrigation par aspersion.
3. Irrigation localisée (goutte à goutte).

IV-2-1- Irrigation de surface

Les irrigations de surface recouvrent l'ensemble des techniques d'irrigation où l'eau disponible en tête de parcelle est répartie sur le terrain à irriguer par un écoulement gravitaire de surface, ne nécessitant aucun aménagement adéquat du sol.

On classe généralement les différentes techniques d'irrigation de surface en trois groupes principaux : irrigations par submersion, irrigations par ruissellement, irrigations par rigoles d'infiltration.



Figure IV-1) : L'irrigation des palmiers par rigoles

Avantage

- ✓ Matériel d'irrigation simple ;
- ✓ Cout faible;
- ✓ Pas d'équipement pour la mise sous pression de l'eau ;
- ✓ Protège contre le gel.

Inconvénients

- ✓ Tassement du sol ;
- ✓ Pertes en d'eau importantes ;
- ✓ Nécessite une évacuation de l'eau ;
- ✓ Erosion du sol ;
- ✓ Diminution de la perméabilité du sol.

IV-2-2- Irrigation par aspersion

Avec l'aspersion, l'eau d'irrigation est amenée aux plantes sous forme de pluie artificielle, grâce à l'utilisation d'appareils d'aspersion alimentés en eau sous pression. Les asperseurs sont généralement disposés en carré, dont le côté est choisi dans la série des écartements normalisés.



Figure IV-2): irrigation des céréales par pivot

Avantage

- ✓ Possibilité d'automatisation du système.
- ✓ Nécessite moins de main d'œuvre.
- ✓ économie d'eau.
- ✓ Pas d'aménagement préalable.

Inconvénients

- ✓ Le cout relativement élevé en particulier les premiers investissements.
- ✓ Tassement du sol.
- ✓ Une évaporation intense si les goutte d'eau sont fines.
- ✓ Non homogénéité de l'arrosage en cas de vent.

IV-2-3- Irrigation localisée

On appelle irrigation localisée les systèmes qui consistent à répartir l'eau d'irrigation sur la parcelle par un réseau de conduites fixes sous une faible pression et aussi à localiser l'apport d'eau au voisinage des plantes cultivées. Dans ce cas, seule une fraction du volume du sol exploitable par les racines sera humidifiée. Les débits apportés à chaque zone humidifiée sont

faibles (quelques litres à quelques dizaines de litres par heure, selon les systèmes), L'irrigation s'effectue à faible dose et forte périodicité (souvent journalière).

La micro irrigation, nom donnée à l'irrigation localisée sur le plan international. Elle consiste à apporter sur une partie du sol seulement (les zone utilisé par la plante au voisinage des racines) par petits doses fréquentes (système goutte à goutte, min diffuseur). un faible débit.

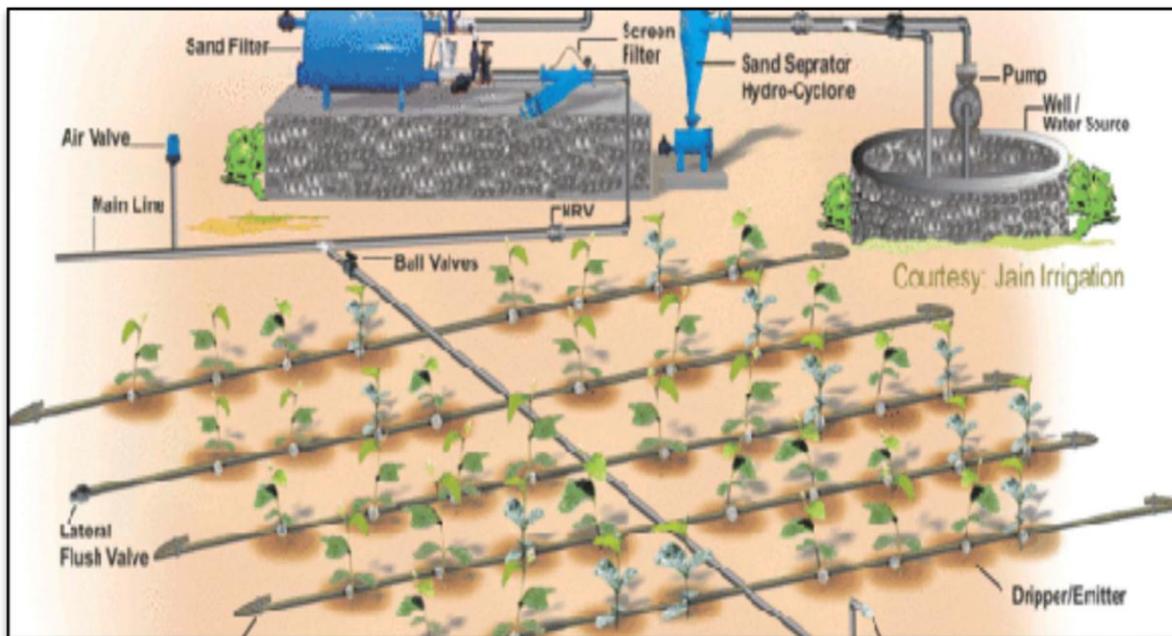


Figure IV-3): Irrigation avec un système localisé

IV-2-3-1- Caractéristiques de l'irrigation localisée

L'installation à la parcelle est entièrement fixé, n'arrose qu'une fraction du sol donc on limite la surface mouillée, de ce fait ont limité les perte par évaporation, on utilise de faibles débits (2à 12 l/h) avec une faible pression (souvent 1 bar) ,on met en œuvre des équipements légers , les transferts d'eau sont faciles , donc l'alimentation hydrique des plantes plus réguliers , il s'en suit une meilleurs efficience de l'eau d'irrigation , Elle conviens bien à l'irrigation fertilisante.

Avantage

Les avantages de cette technique sont :

- ✓ Economie d'eau importante qui peut atteindre plus de 50 % par rapport à l'irrigation à la raie, car les doses étant faibles, les pertes par percolation se trouvent limités.
- ✓ Pression de fonctionnement très faible.

- ✓ La pression nominale de fonctionnement des distributions est en générales de 10 m c e.
- ✓ Réduction des mauvaises herbes :
- ✓ La localisation de l'eau limite le développement des adventices (mauvaise herbe).
- ✓ Réduction du tassement du sol et maintien d'une structure favorable.

D'autres possibilités favorables :

- ✓ Possibilité d'automatiser le réseau.
- ✓ Possibilité de l'utiliser pour la Fert irrigation.

Inconvénients

Les inconvénients majeurs de cette technique sont résumés comme suit :

- ✓ Leur coût très élevé en investissements, qui peuvent être amortis après quelques années d'exploitation.
- ✓ l'obstruction des goutteurs dans le cas d'irrigation avec une eau chargée.
- ✓ Leur emploi est réservé aux cultures pérennes et maraîchères, et ne s'adaptent pas aux cultures en plein champ.

IV-2-3-2) Composition d'une installation goutte à goutte

a- Point de fourniture d'eau

Une crépine filtrante peut être nécessaire si la ressource en eau, constituée par un forage ou un cours d'eau, contient de la matière organique ou des particules en suspension, mais non si elle est relativement propre.

b- Unité de tête

Cette unité est reliée au point de fourniture d'eau elle permet de réguler la pression et le débit, de filtrer l'eau et d'y introduire des éléments fertilisants. Parfois, des régulateurs de pression et des filtres secondaires sont placés en tête des porte-rampes ou même des rampes. Pour introduire des éléments fertilisants, on utilise le plus souvent un réservoir que l'on remplit d'engrais solubles, azote en particulier : c'est un petit récipient sous pression avec une entrée et une sortie.

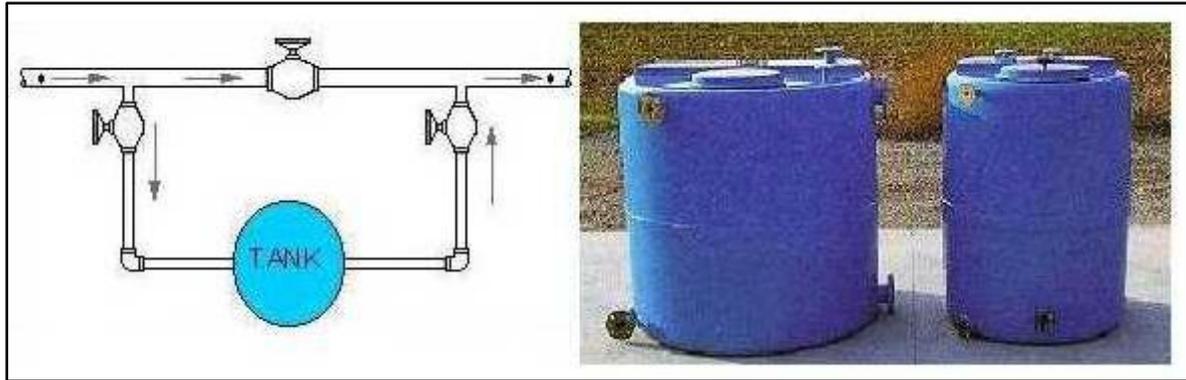


Figure IV.4:Dilueur d'engrais

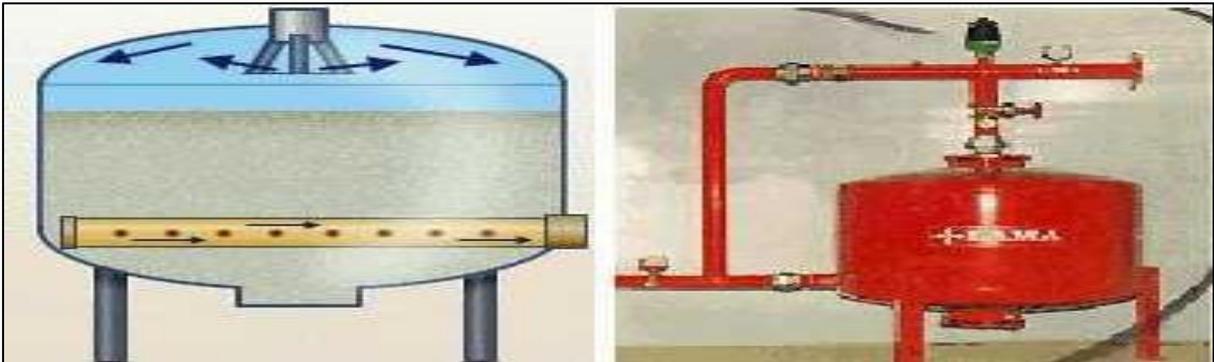


Figure IV. 5:Filtre à gravier

c- Conduites et rampes

- **La conduite principale**

C'est la conduite qui relie au point de fourniture d'eau les divers porte-rampes. Elle peut être en amiante ciment, en PVC rigide ou en acier galvanisé comme en irrigation par aspersion.

Pour les petites installations, du polyéthylène haute densité peut également être utilisé.

- **Le porte-rampes**

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

- **Les rampes**

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

- **Les distributeurs**

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

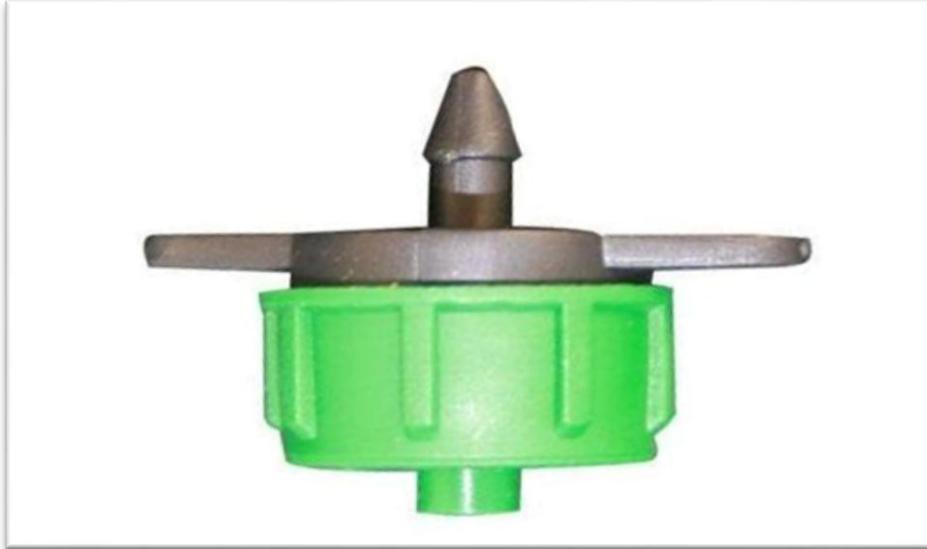


Figure V.5: goutteur

IV-3- Choix des techniques d'arrosage

Pour pouvoir choisir la technique d'irrigation convenable, il est nécessaire de savoir les contraintes suivantes :

IV-3-1- Les contraintes naturelles :

IV-3-1-1- L'évaporation :

Notre zone d'étude est caractérisée par une évaporation très élevée durant l'été, ce qui provoque une perte d'eau très importante avec une évaporation annuelle de 2886 mm/an.

IV-3-1-2- Le vent :

C'est le facteur déterminant dans le choix de technique d'irrigation, notre zone d'étude est caractérisée par des vitesses faibles à modéré d'une part et moyenne d'autre part (3.48m/s au moyen)

IV-3-1-3- Le sol :

Les sols de périmètre de Hassi Lefhal présente une texture sableux-limoneuse, la perméabilité est légèrement élevée, d'où l'irrigation de surface doit être prudente afin d'éviter le gaspillage d'eau dans ce cas l'irrigation par aspersion et l'irrigation localisé ont des avantages du fait qu'on peut donner des faibles doses.

IV-3-1-4- La pente :

Notre périmètre possède une pente varié (0 à 3) % en général, donc cette dernière ne présente aucune contrainte particulière

IV-3-2- Les contraintes techniques :

- ✓ Qualification de main d'œuvre.
- ✓ Entretien du matériel.

IV-3-3- Les contraintes agronomiques :

Les types des cultures envisagées dans notre périmètre de Hassi Lefhel sont constitués De céréale, maraîchage, et arboriculture, pour des raisons d'économie d'eau essentiellement on retient l'irrigation par aspersion pour les cultures maraîchages, et les céréales, et l'irrigation localisée pour les cultures arboricoles.

Une analyse multicritères du choix des techniques d'arrosage basée sur les différentes contraintes, résume le choix adéquat pour la zone considérée que nous choisirons, doit être plus au moins bien adaptée aux différents contextes agronomique et socio- économiques, caractérisant notre projet.

Il est prévu que le choix se fera principalement entre :

- ✓ Irrigation par aspersion (pivot).
- ✓ Irrigation goutte à goutte.

Ces deux méthodes sont pratiquées actuellement dans le périmètre de Hassi Lefhel.

IV-4- Conclusion :

L'irrigation est grande consommatrice d'eau. Elle est nécessaire pour compenser les pertes des plantes et du sol.

Pour éviter d'utiliser trop d'eau, les quantités correctement calculées et nécessaires aux cultures doivent donc être soigneusement estimées.

Pour le cas de notre étude, nous nous sommes basés sur une technique d'irrigation moderne qui est la goutte à goutte qui sera utilisées dans notre périmètre pour les arboricultures comme les palmiers, les oliviers...ext.

CHAPITRE V :
Dimensionnement de réseau
d'irrigation et ses différents
ouvrages annexes

CHAPITRE IV : DIMENSIONNEMENT DE RESEAU D'IRRIGATION ET SES DIFFERENTS OUVRAGES ANNEXES

V-1- Introduction

Le réseau collectif de distribution d'eau est essentiellement constitué par des canalisations enterrées, livrant l'eau sous pression aux différentes exploitations agricoles par l'intermédiaire des bornes (prises) d'arrosages. Le développement de ces réseaux de distribution par les conduites sous pression est lié principalement, à la rationalisation de la ressource en eau et particulièrement la généralisation des méthodes d'irrigation modernes (économie d'eau et disponibilité). C'est dans ce contexte que notre attention dans ce chapitre s'est accentuée sur l'optimisation du réseau de distribution d'irrigation sous pression.

V-2- Variantes d'aménagement hydro-agricole

Notre secteur 01 s'étend sur une superficie totale équipée de 200 ha. La distribution de l'eau se fait à partir des réservoirs de stockage surélevés qui sont alimentés par deux forages réalisés pour notre secteur et par la suite alimentés gravitairement le périmètre par un réseau d'irrigation ramifié.

V-3- Découpage des îlots d'irrigation

V-3-1- Généralités

L'îlot d'irrigation est par définition la plus petite entité hydraulique desservie par une borne d'irrigation. Cette borne comporte une ou plusieurs sorties ou « prises » suivant le nombre d'arrosages qu'elle doit assurer simultanément, en particulier lorsqu'elle se trouve en limite de plusieurs exploitants.

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

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

La situation foncière actuelle dans la zone d'étude est hétérogène. La taille des parcelles et des exploitations est variable.

V-3 -2- Taille des îlots d'irrigation

La taille de l'îlot est déterminée en fonction du débit d'équipement de prise en relation avec le débit fictif continu maximum au niveau de l'îlot. En outre, le débit fourni par la prise d'irrigation doit correspondre à une main d'eau compatible avec la méthode d'irrigation adoptée au niveau de l'exploitation.

la taille de l'îlot doit être déterminée en fonction des facteurs suivants :

- Le débit fictif continu en relation avec le débit d'équipement de la prise ;
- Le nombre d'exploitations qui partagent une seule prise.

La structure foncière du périmètre est représentée par le secteur privé et comprend plusieurs Propriétaires identifiés.

Tableau V.1 : Les différentes Parcelles du périmètre.

N° parcelle	Propriétaire	Surface (ha)
1	Privé	9.21
2	Privé	8.99
3	Privé	14.77
4	Privé	14.01
5	Privé	14.05
6	Privé	12.48
7	Privé	11.21
8	Privé	10.01
9	Privé	10.01
10	Privé	10.50
11	Privé	7.45
12	Privé	10.00
13	Privé	7.63
14	Privé	11.74
15	Privé	12
16	Privé	11.99
17	Privé	12.01
18	Privé	12.00
	Total	200

V -4- Mode du tracé et implantation des bornes

L'emplacement des bornes d'irrigation est le premier problème auquel doit s'attaquer le projecteur. Le réseau étant en effet destiné à amener l'eau en un certain nombre de points, il serait erroné d'étudier d'abord les tracés des conduites et de placer les bornes entre elles.

La position de chaque borne résulte d'un compromis entre l'intérêt économique qu'il y a à limiter le nombre de bornes et le désir d'une utilisation facile par l'agriculteur.

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.

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

- Pour les zones de petites et moyennes exploitations :
 - ✓ une prise par îlot d'exploitations.
 - ✓ (02) prises maximum sur une même borne.
 - ✓ bornes implantées en limites d'îlots.
 - ✓ prend en considération la possibilité d'une modification de la structure foncière.
- pour les zones a grande exploitation
 - ✓ La borne se situe au centre de la parcelle.
 - ✓ 2 à 4 prises sur la même borne.

V- 4-1- Rôle et fonction de la borne d'irrigation

La borne assure quatre fonctions :

- ✓ Le vannage.
- ✓ La stabilisation de la pression.
- ✓ La limite du débit.
- ✓ Le comptage du volume d'eau délivré.

V-5- Modalités de desserte de l'eau

Le module est l'unité de débit susceptible d'être délivrée en tête des réseaux des parcelles à irrigué. La distribution de l'eau d'irrigation est dans certains cas problématique en particulier dans les mois de pointe, car la demande ne peut dépasser la main d'eau. On distingue :

V -5-1- Distribution d'eau à la demande

Dans ce mode chaque irrigant étant libre d'utiliser le débit qu'il a souscrit. Dans certains cas, le débit affecté à une prise sera supérieur au débit fictif continu (le débit qui serait nécessaire si l'irrigation s'effectuait 24h sur 24 pendant la période de pointe).

V -5-2- Distribution au tour d'arrosage

Elle est inspirée du mode de desserte spécifique des réseaux d'irrigation de surface avec réseau collectif constitué de canaux à ciel ouvert dont le débit transité par chaque tertiaire correspond au module.

V -5-3- Tour d'arrosage à la borne

Chacune des bornes représentant le tertiaire dans le réseau de surface, reçoit un débit correspondant au débit fictif continu ce qui constitue alors le module d'irrigation qui est utilisé successivement par les différentes prises de la borne.

V-5-4- Tour d'arrosage au niveau de l'antenne

Dans le cas des petites propriétés, les modules disponibles en appliquant la modalité précédente pourront être trop faibles. On peut alors songer à regrouper plusieurs bornes sur une antenne donnée. Le débit fictif continu relatif aux superficies irriguées desservies par cette antenne constituera le module d'irrigation successivement délivré aux différentes prises de l'antenne.

V -6- Calculs du débit fictif continu

Le but est de définir les débits nécessaires que le système d'irrigation doit véhiculer pour répondre à la demande en eau des cultures.

Le débit spécifique est défini d'après les besoins en eau de chaque culture, évalués précédemment à partir de la répartition culturale.

$$q_s = 1.46 \text{ l/s/ha}$$

V -7- calcul du débit aux bornes

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

$$Q_b = q_s \cdot S \dots\dots\dots (V.1)$$

Q_b = Débit caractéristique de chaque ilot (l/s)

q_s = Débit spécifique moyen (l/s/ha)

S =Superficie de l'ilot (ha)

Les résultats du calcul du débit de chaque îlot d'irrigation sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau V.2 : Débits au niveau de chaque ilot

N° ILOT	Superficie (m2)	Surface des îlots (ha)	débit spécifique (l/s/ha)	débit brut des îlots l/s
1	92100	9.21	1.46	13.45
2	89900	8.99	1.46	13.13
3	140000	14.77	1.46	21.56
4	140100	14.01	1.46	20.45
5	140500	14.05	1.46	20.51
6	132500	12.48	1.46	18.22
7	112100	11.21	1.46	16.37
8	100100	10.01	1.46	14.61
9	100100	10.01	1.46	14.61
10	105000	10.50	1.46	15.33
11	74500	7.45	1.46	10.88
12	100000	10.00	1.46	14.60
13	76300	7.63	1.46	11.14
14	117400	11.74	1.46	17.14
15	120000	12	1.46	17.52
16	119900	11.99	1.46	17.51
17	120100	12.01	1.46	17.53
18	120000	12.00	1.46	17.52
total	2000000.0	200.0	/	292.09

V-8-Choix du type de borne

Le choix de la Borne dépend de la surface :

- 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

V-8 -1- Choix du diamètre de la borne :

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

Tableau V.3 : Choix de diamètre de la borne.

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

Le calcul des débits des prises et des bornes sont présentées dans le **tableau V-4**

Tableau V.4 : débit au niveau des bornes et des prises

N° de la borne	N° ILOT	débit brut des ilots l/s	débit de la borne l/s	Diamètre de la borne mm	Nombre des prises
N01	1	13.45	13.45	100	2
N02	2	13.13	13.13	100	2
N03	3	21.56	21.56	150	2
N04	4	20.45	20.45	150	2
N05	5	20.51	20.51	150	2
N06	6	18.22	18.22	100	2
N07	7	16.37	16.37	100	2
N08	8	14.61	14.61	100	2
N09	9	14.61	14.61	100	2
N10	10	15.33	15.33	100	2
N11	11	10.88	10.88	100	2
N12	12	14.6	14.6	100	2
N13	13	11.14	11.14	100	2
N14	14	17.14	17.14	100	2
N15	15	17.52	17.52	100	2
N16	16	17.51	17.51	100	2
N17	17	17.53	17.53	100	2
N18	18	17.52	17.52	100	2
total	/	292.09	292.09	/	/

V-9- Matériaux de construction des canalisations

V-9-1-Choix du matériau des conduites

Le choix du matériau utilisé est en fonction de la pression supportée, de l'agressivité du sol et de l'ordre économique (coût et disponibilité sur le marché local et leur production en Algérie) ainsi que la bonne jonction de la conduite avec les équipements auxiliaires (joints, coudes, vannes...etc.).

V-9-2- les matériaux

Parmi les matériaux utilisés on peut citer : l'acier, la fonte, le PVC, le PEHD et Béton précontraint Nous utiliserons les conduites en PEHD (polyéthylène à haute densité) pour les conduites dont le diamètre est inférieur ou égal à 630 mm, et la fonte pour les conduites dont le diamètre est supérieur ou égal à 630 mm.

V-9-2-1- Conduite en fonte

Présentent plusieurs avantages :

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

L'inconvénient est que les tuyaux en fonte sont très lourds, très chers et ne sont pas disponible sur le marché.

V-9-2-2- Conduite en acier

Les tuyaux en acier sont plus légers que les tuyaux en fonte, d'où l'économie sur le transport et la pose

- Bonne résistance aux contraintes (choc et écrasement).

Leur inconvénient est la corrosion.

V-9-2-3- Conduit en PVC (Polyvinyle de chlorure)

- Bonne résistance à la corrosion ;
- Disponible sur le marché ;
- Une pose de canalisation facile.

Leur inconvénient est le risque de rupture.

V-9-2-4- Conduit en PEHD

Il présente les avantages suivant :

- Ils supportent des pressions élevées ;
- Une résistance aux contraintes (choc, écrasement, déplacement du terrain);
- Ils peuvent être adaptés à toutes les conditions de service;
- Ils offrent une bonne flexibilité ;
- Disponible sur le marché.
- Il n'est pas trop cher dans le marché.

Remarque :

Dans notre projet on utilise des conduites en **PEHD**.

V-10- Optimisation des diamètres des canalisations du réseau collectif de distribution

Avant déterminer les débits de pointe à transiter. On est amené à calculer les diamètres des canalisations satisfaisant à la condition technique et donnant le coût minimum. Pour ce faire, on doit disposer des données suivantes :

- Tracé du réseau, donc longueur de chaque tronçon.
- Débit à transiter pour chaque tronçon.
- Conditions aux limites aval, c à d côtes piézométriques minimum à assurer.
- Condition à la limite amont, côte piézométriques disponible à l'entrée du réseau.
- Vitesse minimum et maximum admises dans les tuyaux.

V-10-1- Calcul de diamètres :

Le calcul des diamètres est réalisé sur la base des débits véhiculés par le tronçon de conduite, et les vitesses. La formule de " LABYE " nous donne une approche du diamètre économique qu'on normalise

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q \times 0.001}{\pi \times V}} \times 1000 \dots\dots\dots (V.2)$$

Avec :

Q : débit, exprimé en m³/s.

D: diamètre exprimé en mm

V : vitesse économique de l'ordre de 1.25 m/s.

V-10-2- Vitesse admissible :

La vitesse admissible varie entre 0.5 m/s, comme vitesse inférieure, et 2.5 m/s comme vitesse maximum. Dans notre étude, on prend une vitesse dans la conduite égale à 1.25 m/s

V-10-3- Calcul des pertes de charge**V-10-3-1- Calcul des pertes de charge totales**

On distingue les pertes de charge linéaires et singulières

- Pertes de charges linéaires H_L : sont calculées par plusieurs méthodes, dans notre cas, nous avons utilisé la formule de Darcy-Weisbach:

$$h_l = f \frac{L \bar{V}^2}{D 2g} \dots\dots\dots(V.3)$$

L : est la longueur des tronçons.

D : diamètre des conduites.

V : vitesse de l'eau dans la conduite (m/s);

f : est le coefficient de perte de charge (λ) il est calculé comme suit :

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left(\frac{k}{3.7D} + \frac{2.51}{\text{Re} \sqrt{f}} \right) \dots\dots\dots(V.4)$$

Re : est le nombre de Reynolds, exprimé comme suit :

$$\text{Re} = \frac{\rho \bar{V} D}{\mu} = \frac{\bar{V} D}{\nu} \dots\dots\dots(V.5)$$

k : est la hauteur de rugosité, selon de type de matériaux utilisé.

Les pertes de charge singulières sont estimées de 0.1 de pertes de charge linéaires

V-10-4- Simulation du réseau par le logiciel EPANET

Après approche du diamètre des canalisations par un calcul hydraulique, on utilise le logiciel EPANET pour déterminer la vitesse et les pertes de charge au niveau de la conduite principale et dans chaque partie du réseau de distribution. Ainsi que la pression au chaque nœud de réseau.

Les pertes de charge ont été estimées selon la formule de Darcy Weisbach :

$$J = \frac{\lambda V^2}{D2g} \dots\dots\dots(V.6)$$

Ou V est la vitesse moyenne (m/s) et λ est le coefficient de perte de charge.

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

Tableau V.5 : Calcul hydraulique de réseau de distribution à partir de forage 01

Les points	N° du tronçon	Longueur du tronçon L(m)	Longueur du tronçon L (km)	débit Q (l/s)	débit Q (M3/S)	Diamètre calculé (mm)	Diam Normalisé (mm)	Vitesse réelle (m /s)	Perte de charge linéaire Δ HI (m)	Perte de charge total Δ Ht (m)	Cote terrain aval Z (m)	cote piézométrique (m)	Pression au point P(m)
N1	R1-N1	301.64	0.302	158.81	0.158	397.52	400	1.26	0.98	1.07	416	434.04	18.02
B1	N1-B1	184.17	0.184	13.44	0.013	114.01	160	0.67	0.57	0.62	412	433.44	21.44
N2	N1-N2	347.65	0.348	145.37	0.145	350.78	400	1.16	0.95	1.04	413	433.07	20.07
B2	N2-B2	139.02	0.139	13.12	0.0131	114.45	160	0.65	0.39	0.42	406	432.67	26.67
B3	N2-B3	101.04	0.101	21.56	0.021	144.91	160	1.07	0.73	0.80	408	432.33	24.33
N3	N2-N3	299.21	0.299	110.59	0.11	331.66	400	0.88	0.49	0.539	409	432.58	23.58
B6	N3-B6	202.09	0.202	18.22	0.018	134.64	160	0.91	1.06	1.166	405	431.51	26.51
N4	N3-N4	141.6	0.142	92.47	0.092	303.31	400	0.74	0.16	0.176	407	432.42	25.42
B7	N4-B7	104.14	0.104	16.37	0.016	126.49	160	0.81	0.447	0.491	401.5	431.97	30.47
N5	N4-N5	468.67	0.469	76.10	0.0761	275.86	315	0.98	1.24	1.36	394.2	430.56	36.36
B10	N5-B10	76.73	0.077	15.33	0.015	122.47	160	1.25	1.01	1.11	394.5	429.81	35.31
N6	N5-N6	244.6	0.245	60.77	0.067	258.84	315	0.78	0.42	0.47	393.5	430.29	36.79
B13	N6-B13	110.82	0.118	11.14	0.011	104.88	160	0.55	0.36	0.39	392.5	429.93	37.43
N7	N6-N7	172.03	0.172	49.63	0.049	221.35	250	1.01	0.65	0.71	392	429.64	37.64
B12	N7-B12	131.7	0.132	14.60	0.0146	120.83	160	0.73	0.455	0.50	391	430.19	38.19
N8	N7-N8	267.55	0.268	35.03	0.035	187.08	200	1.12	1.59	1.74	389	428.05	39.05
B16	N8-B16	226.18	0.226	17.50	0.0175	132.22	160	0.87	1.10	1.21	388	426.95	38.95
B17	N8-B17	241.13	0.241	17.53	0.0173	131.15	160	0.87	1.18	1.29	387.8	426.87	39.07

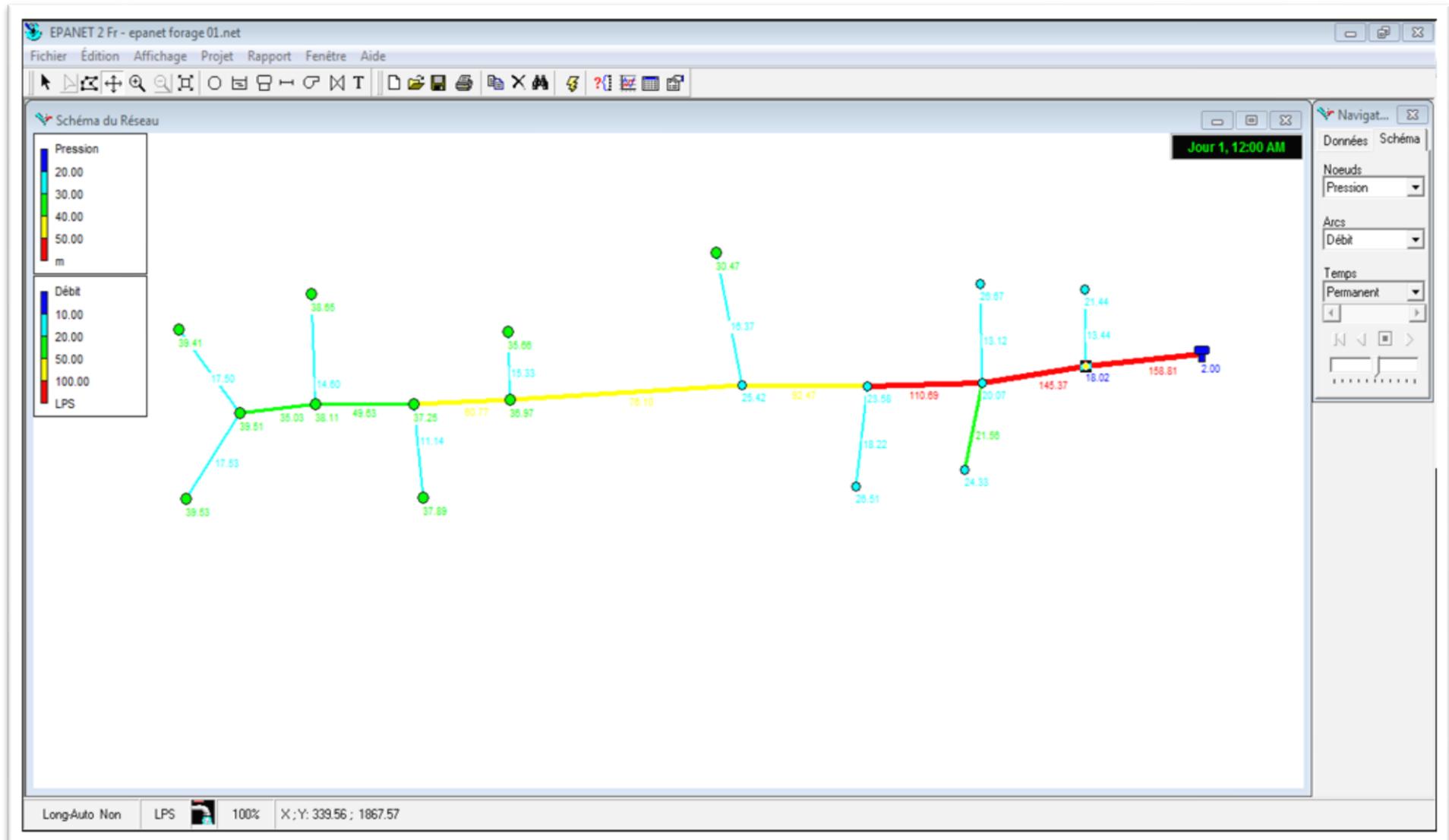


Figure V.1 : Simulation de réseau de distribution à partir de forage 01

Tableau V.6 : Calcul hydraulique de réseau de distribution à partir de forage 02 :

Les pointes	N° du tronçon	Longueur du tronçon L(m)	Longueur du tronçon L (km)	débit Q (l/s)	débit Q (M3/S)	Diamètre calculé (mm)	Diam Normalise (mm)	Vitesse réelle (m /s)	Perte de charge linéaire Δ HI (m)	Perte de charge total Δ Ht (m)	Cote terrain aval Z (m)	cote piézométrique (m)	Pression au point P(m)
N9	R2-N9	416.56	0.416	133.23	0.1330	364.73	400	1.06	0.96	1.06	416.50	432.06	15.56
B4	N9-B4	237.24	0.237	20.45	0.0205	144.34	160	1.02	1.32	1.45	413.50	429.35	15.85
N10	N9-N10	584.16	0.584	112.78	0.1126	338.64	400	0.9	0.98	1.08	406.45	432.05	25.60
B5	N10-B5	203.46	0.203	20.51	0.0205	144.55	160	1.02	1.01	1.11	408.00	431.0	23.00
N11	N10-N11	371.73	0.372	92.07	0.0921	306.27	400	0.72	0.43	0.47	398.00	431.53	33.53
B9	N11-B9	163.14	0.163	14.41	0.0144	121.16	160	0.73	0.56	0.62	397.50	429.11	31.61
B8	N11-B8	120.25	0.120	14.61	0.0146	122.00	160	0.73	0.42	0.46	398.30	430.95	32.65
N12	N11-N12	268.73	0.269	63.05	0.0631	253.45	315	0.81	0.49	0.53	394.70	430.94	36.21
B11	N12-B11	150.63	0.151	10.87	0.0109	105.23	160	0.54	0.305	0.335	394.40	430.62	36.22
N13	N12-N13	331.58	0.332	52.18	0.0522	230.57	250	1.06	1.37	1.51	392.00	429.54	37.54
B14	N13-B14	155.94	0.156	17.14	0.0171	132.14	160	0.85	0.73	0.80	392.50	428.81	36.31
N14	N13-N14	321.04	0.321	35.04	0.0350	188.94	200	1.12	1.91	2.10	390.50	427.52	37.02
B18	N14-B18	230.26	0.230	17.5	0.0175	133.53	160	0.87	1.13	1.24	389.50	427.39	37.89
B15	N15-B15	182.94	0.183	17.52	0.0175	133.60	160	0.87	0.89	0.98	390.00	427.6	37.60

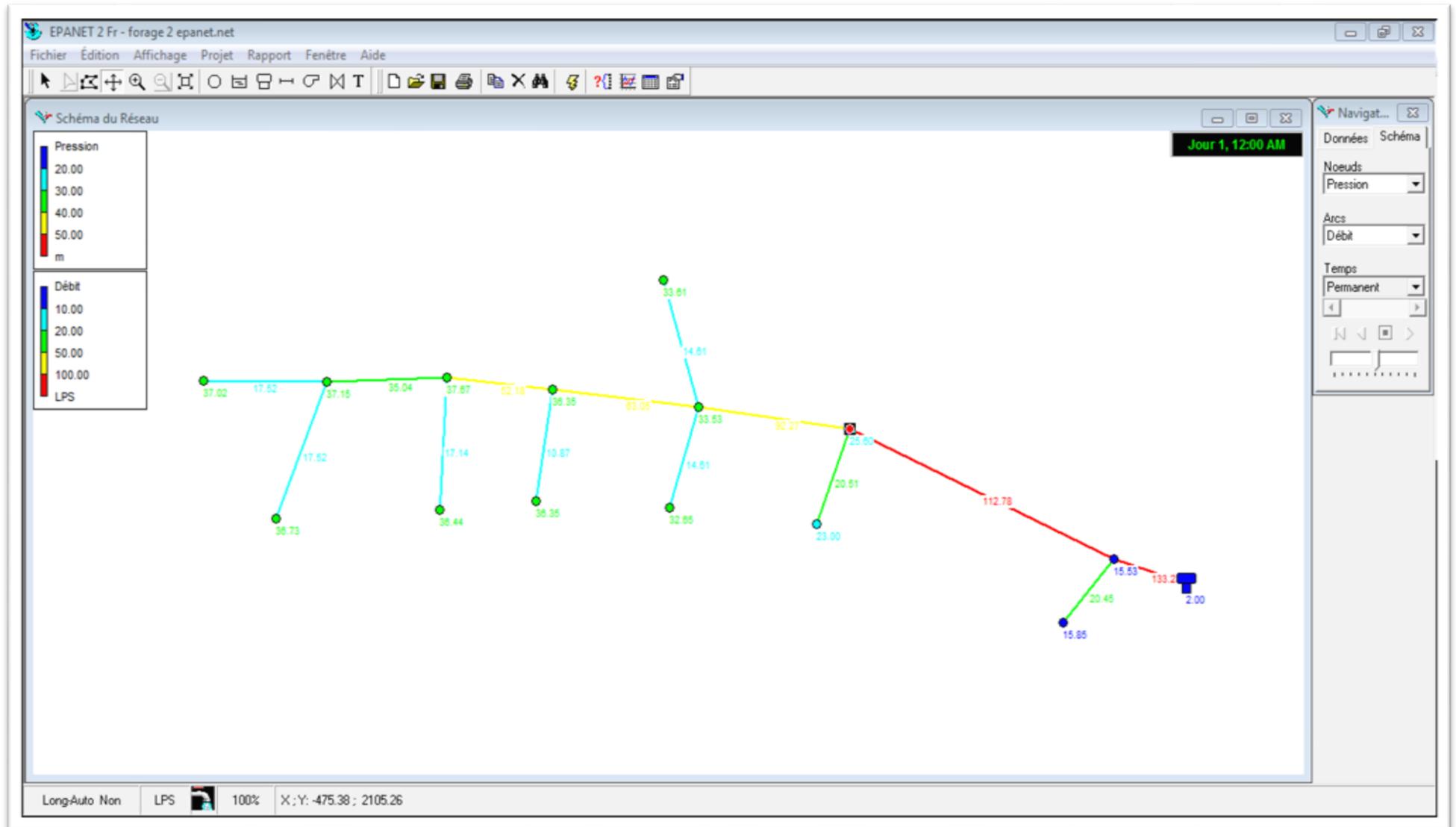


Figure V.2: Simulation de réseau de distribution à partir de forage 02

V-11- Dimensionnement des réservoirs de distribution :

Le volume du réservoir correspondra au volume d'eau correspondant à la tranche la plus exigeante.

L'irrigation se fera après remplissage du réservoir, donc à chaque fois une tranche est irriguée, on pompe l'eau du forage pour remplir le réservoir, puis on irrigue la tranche suivante.

On sait que :

$$V=Q \times T$$

Avec :

V : volume de la bache.

Q : Débit caractéristique.

T : Temps de remplissage du réservoir : 2 H

V-11-1-Dimensionnement de réservoir de stockage 01 correspondant au forage 01 :

Q caractéristique = $Q_{sp} \times \text{surface}$

Surface partielle = 108.79ha

Q caractéristique = **158.83 l/s**

Donc :

$$V = 158.83 \times 0.001 \times 2 \times 3600 = 1143.57 \text{ m}^3$$

On prend $V = 1200 \text{ m}^3$

$$V = S \times H$$

S : section de réservoir Avec : $S = a \times b \times H$ (V.7)

D: diamètre de réservoir

H : La hauteur de réservoir : 4m

On trouve que :

$$\text{Donc } S = 300 \text{ m}^2$$

$a = b = 17.32 \text{ m}$ (on suppose que le réservoir soit rectangulaire).

V-11-2- Dimensionnement du réservoir de stockage 02 correspondant au forage 02 :

Q caractéristique = $Q_{sp} \cdot \text{surface}$

Surface partielle = 91.21 ha

Q caractéristique = **133.16 l/s**

Donc :

$$V = 13 \cdot 0.001 \cdot 2 \cdot 3600 = 958.75 \text{ m}^3$$

On prend $V = 1000 \text{ m}^3$

$$V = S \cdot H$$

S : section de réservoir .

a : longueur de réservoir.

b : largeur de réservoir.

H : La hauteur de réservoir. On le prend 5m.

On trouve que :

$$\text{Donc } S = 200 \text{ m}^2$$

$a = b = 14.14 \text{ m}$ (on suppose que le réservoir soit rectangulaire).

V-12- Dimensionnement d'un réseau localisée (goutte à goutte)**V-12-1- Données générales :**

Mettons en pratique, sur un exemple concret, les principes précédents :

- Besoins quotidiens en eau pour les palmiers au mois de pointe correspondant au mois de mai.

$$b = 12.64 \text{ mm/jour}$$

- Ecartement des lignes $E = 10 \text{ m}$
- On a le choix entre différents types de goutteurs de débit varié
- $q = (1, 2, 3, 4, 5 \text{ ou } 8 \text{ l/h})$
- Les racines explorent le sol jusqu'à $Y = 2 \text{ m}$
- Les feuillages couvrent environ 40 % du sol ($p = 0,40$), cas de jeunes palmiers.
- Les caractéristiques hydrauliques du sol sont
- La vitesse d'infiltration du terrain $K = 1.98 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$
- $RFU = 2/3RU = 2/3 \cdot da \cdot (H_{pf} - H_{cc}) \cdot Y = (2/3) \cdot 1 \cdot 0.08 \cdot 2000 = 106.66 \text{ mm}$

Donc $RFU=106.66$ mm

- Surface totale de la culture $S= 12.48$ ha

V-12-2- Besoins quotidiens réduits (d_L en irrigation localisé) :

- Rendement de l'irrigation $R = 0,90$
- Coefficient d'uniformité $C_U = 0,85$
- L'irrigation traditionnelle demanderait à 12.64 mm/jour

En irrigation localisée, avec $p=0,40$, les besoins se réduit à :

$$d_L = d (0.10 + 0.90P) = 12.68 (0.10 + 0.90 \cdot 0.4) = 5.83 \text{ mm/j} \quad \dots\dots\dots(V.8)$$

Nous adopterons $d_L = 5.83$ mm/ j

V-12-3- Choix des goutteurs- Espacement sur la rampe

Dans notre zone d'étude la densité des palmiers est de 100 arbres/ha, c'est-à-dire une plantation de 10×10 m.

Pour le palmier généralement on utilise le système de goutteurs (queue de cochon) c'est-à-dire 6 goutteurs de 4 l/h pour chaque palmier.

V-12-4- Fraction du sol à humidifié (P) :

La valeur de P évalué par la formule suivant :

$$P = \frac{100 * e * s * L_N}{S_a * E} \quad \dots\dots\dots(V.9)$$

- e : Nombre de point de distribution par arbre (6 goutteurs par arbre)
- s : Espacement des points de distribution (1 m)
- L_N : Largeur de la bande non humidifiée est de (8m) car les goutteurs décrivent une circonférence de 2 m diamètre au tour du palmier ainsi entre deux palmiers l'écartement sera de $10 - 2 = 8$ m
- S_a : Espacement entre arbre sur la ligne (10 m)
- E : Ecartement entre les lignes d'arbres (10m)

$$AN : P = \frac{100 * 6 * 1 * 8}{10 * 10} = 48\%$$

$$P = 48 \%$$

V-12-5- Dose nette maximale ($d_{net\ max}$)

En irrigation (goutte à goutte), une partie seulement du sol est humidifiée, si on détermine la dose s'appliquer comme en aspersion les pertes par percolation risqueraient d'être importantes.

La dose maximum que l'on peut appliquer à chaque arrosage dépend de la dose réelle. Cette dose est défini comme la hauteur d'eau à appliquer sur une surface dans notre cas $d_r=0,039m$

La dose nette maximale est définie par la formule suivent :

$$d_{net\ max} = P * d_r = 0.48 * 0.1066 = 51.17mm \quad \dots\dots\dots(V.9)$$

V-12-6- Dose nette (d_{net})

$$d_{net} = d_{net\ max} * C_U * R = 51.17 * 0.85 * 0.90 = 39.14mm \quad \dots\dots\dots(V.10)$$

V-12-7- Fréquence de l'arrosage (I)

La fréquence ou espacement entre deux arrosages. Cette valeur dépend de la valeur de la transpiration journalière moyenne calculée dans la période de point de la culture et de la dose appliquée à

$$I = \frac{d_{net}}{d_l} = \frac{39.14}{5.83} = 6.71\text{jours} \quad \dots\dots\dots(V.11)$$

Donc on irrigue 7 jours

V-12-8- Dose réelle

$$D_r = Fr * B_j l = 7 * 5.83 = 40.81mm \quad \dots\dots\dots(V.12)$$

V-12-9- Dose brute :

$$D_{brute} = \frac{D_r}{C_u * eff} = \frac{40.81}{0.9 * 0.85} = 53.34mm \quad \dots\dots\dots(V.13)$$

V-12-10-Durée d'arrosage(t) :

La durée d'arrosage de fonctionnement des goutteurs ajutages peut être égale l'espacement des arrosages puisque cette opération n'a pas d'interférence sur les autres façons culturales, on a donc couvant tendance afin de réduire le cout du réseau prévoir l'irrigation en

continu pendant la période de point. De même le degré d'automatisation de l'installation favorisé le fonctionnement en continu d'autant plus qu'il est plus évalué.

$$t = \frac{d_b * S_{MO} * E_{MO}}{e * q} = \frac{53.34 * 8 * 8}{6 * 8} = 71.12 \text{heurs /mois} \quad \dots\dots\dots(\text{V.14})$$

- E_{MO} : Ecartement moyen des rampes
- S_{MO} : Ecartement moyen entre ligne portes goutteurs
- q : Débit moyen d'un goutteur 8 l/h
- e : Nombre de goutteurs par arbre

V-12-11- Durée d'arrosage journalier

$$Dj = (\text{durée d' arrosage})/Fr \quad \dots\dots\dots(\text{V.15})$$

$$\frac{71.12}{7} = 10.16 \text{ heures/jour}$$

V-12-12- Nombre de poste

Le nombre de poste par jour est défini comme suit :

$$N = (\text{Temps de travail})/(\text{Durée d' arrosage journalier}) \quad \dots\dots\dots(\text{V.16})$$

$$= 20/10.16 = 2 \text{ postes}$$

V-12-13-Surface de de poste

$$Sp = (\text{Surface totale})/(\text{Nombre de poste}) \quad \dots\dots\dots(\text{V.17})$$

$$= \frac{12.48}{2} = 6.24 \text{ha}$$

A partir de cette surface on peut déduire la dimension nécessaire des rampes et de la porte rampes.

V-13-Calculs hydrauliques

V-13-1- Condition hydraulique

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

$q = K.H^x$ avec $x=0.5$ (caractéristique du goutteur)

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

Telle que : $q(g)$: débit nominal du goutteur

$H(n)$ pression nominal

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

$$\Delta H (\max)=1/0.5 = 2\text{mce.}$$

V-13-2- Débit

$$Q_r = Q_g * N_g \quad \dots\dots\dots(V.18)$$

$$Q_{pr} = Q_r \cdot N_r \quad \dots\dots\dots(V.19)$$

Avec:

Q_r : Débit de rampe.

Q_g : Débit du goutteur.

N_g : Nombre des goutteurs par rampe

N_r : Nombre des rampes

Q_{pr} : Débit de porte rampe

Les longueurs de la rampe et de la porte rampe sont :

La longueur de la rampe (L_r) : 230 m

La longueur de la porte rampe (L_{pr}): 250m.

V-13-3- Nombre d'arbres par rampe

$$N \text{ arbres} = L_r / E_r = 150 / 10 = 23 \text{ arbre.}$$

V-13-4- Nombre de goutteurs par rampe

$$N_g = N_{arbres} * n = 23 * 6 = 138 \text{ goutteurs.}$$

V-13-5- Nombre de rampes:

$$N_r = L_{pr} / E_r = 250 / 10 = 25 \text{ rampes.}$$

V-13-6- Débit de la rampe

$$Q_r = N_g \cdot Q_g$$

$$Q_r = 138 \cdot 8 = 1104 \text{ l/h}$$

V-13-7- Débit de la porte rampe:

$$Q_{pr} = Q_r \cdot N_r = 1104 \cdot 25 = 27600 \text{ l/h}$$

V-14- Dimensionnement des différentes parties du réseau localisé

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

Le diamètre de rampes ainsi que des porte rampes est calculé d'après les formule suivante :

$$\varnothing_{r(cal)} = \left[\frac{P.d.c(r) \cdot 2.75}{0.478 \cdot Q(r)^{1.75} L(r)} \right]^{-\frac{1}{4.75}} \dots\dots\dots (V.20)$$

$$\varnothing_{pr(cal)} = \left[\frac{P.d.c(pr) \cdot 2.75}{0.478 \cdot Q(pr)^{1.75} L(pr)} \right]^{-\frac{1}{4.75}} \dots\dots\dots (V.21)$$

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
- $\varnothing_{r(cal)}$: le diamètre de rampes
- $\varnothing_{pr(cal)}$: le diamètre de porte rampe

V-14-1- Vérification des pertes de charges

Pour la détermination des pertes de charges des différents tronçons de la canalisation après choix du diamètre, on applique la formule de « Tison ».

La perte de charge unitaire

$$i = \frac{0.478}{2.75} \cdot D^{-4.75} \cdot Q^{1.75} \dots\dots\dots (V.22)$$

La perte de charge le long de la conduite en (m)

$$j = \frac{L}{2.75} \cdot i \quad \dots\dots\dots(V.23)$$

Ou : L : la longueur de la conduite ;

Q : débit (l/h) ;

D : diamètre intérieur de la canalisation ;

V-14-2- Calculs hydrauliques de la rampe

Tableau V.7 Caractéristique de la conduite de la rampe

Culture	Surface ha	Lr(m)	Ng	Qr (l/h)	hr(m)	Dcal (mm)	Dn (mm)	Vitesse m/s	hcal(m)
Palmier	6.24	230	138	1104	1.2	27.64	40	0.24	0.08

V-14-3- Calculs hydrauliques de la porte rampe

Tableau V.8 Caractéristiques de la conduite de la porte rampe

Culture	Surface ha	Lpr(m)	Nr	Qpr (l/h)	hpr(m)	Dcal (mm)	Dn (mm)	Vitesse (m/s)	hcal(m)
palmier	6.24	250	25	27600	0.6	106.58	110	0.81	0.19

La valeur de la perte de charges calculée est inférieure à 0.6 mce (hpr max).

D'après les deux tableaux précédents, on voit que les pertes de charges totales n'ont pas dépassé la limite imposée par la règle de Christiansen.

V-14-4- Calcul des diamètres de la conduite secondaire

La conduite secondaire alimente les deux parcelles de palmiers ayant des surfaces pour chacun de 6.24 ha. Les deux parcelles sont relativement homogènes en exploitations. Pour calculer le diamètre on doit fixer la Vitesse d'écoulement (valeur optimale) d'environ 1.05 m/s tel que :

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V}} \quad \text{avec : } Q : \text{débit de la conduite considérée (m}^3\text{/s);}$$

V : Vitesse d'écoulement (m/s).

V-14-5- Calcul de caractéristique de conduites secondaires (01)

Tableau V.9 Caractéristique de la conduite secondaire (01)

culture	L(m)	Q (l/h)	V supposée (m/s)	Dcal (mm)	Dn (mm)	Vcal (m/s)	hcal (m)
palmier	5	27600	1.05	96.44	110	0.807	0.004

V-14-6- Calcul de caractéristique de conduites secondaires (02) :**Tableau V.10** Caractéristique de la conduite secondaire

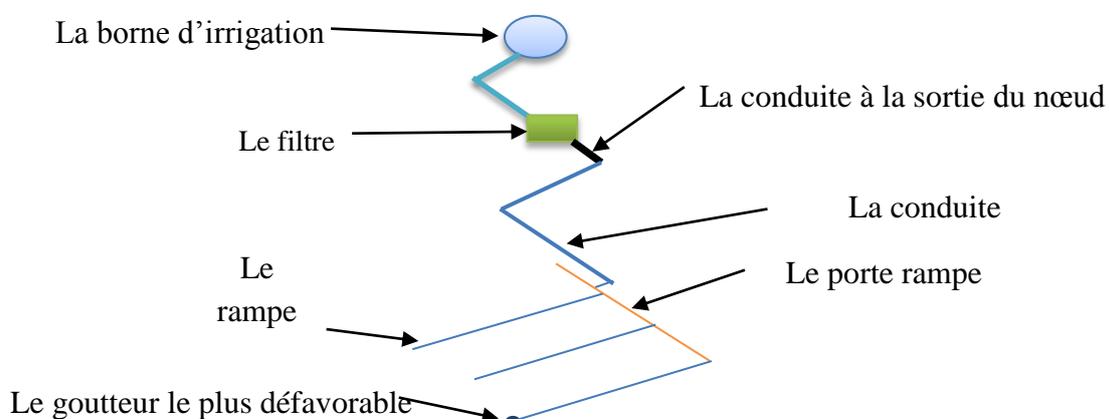
culture	L(m)	Q (l/h)	V supposée (m/s)	Dcal (mm)	Dn (mm)	Vcal (m/s)	hcal (m)
palmier	5	27600	1.05	96.44	110	0.807	0.004

V-14-7- Calcul du diamètre de la conduite principale à la sortie de la borne :**Tableau V.11 :** Caractéristique de la conduite d'approche

L(m)	Q (l/h)	V supposée (m/s)	Dcal (mm)	Dn (mm)	Vcal (m/s)	h cal(m)
15	55200	1.05	136.52	160	0.76	0.007

V-14-8-La pression d'eau à la borne de distribution :

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

**Figure V.3 :** Schéma explicatif de la desserte borne-goutteur

V-15- Conclusion

Dans ce chapitre nous avons abordé les variantes d'aménagement du système de distribution et détaillé les structures et facteurs régissant la conception et la gestion d'un système distribution ainsi que les calculs relatifs aux bornes d'irrigation.

Dans le cadre de la réalisation du projet, le périmètre est découpé en 18 îlots d'irrigation, avec une superficie totale de 200 ha et une taille moyenne de 11.11 ha.

En deuxième phase, nous avons entamé le calcul hydraulique des canalisations du système de distribution du périmètre d'étude.

Et finalement .Nous avons étudié le dimensionnement d'un réseau goutte à goutte. Ayant dimensionné tous les organes du réseau localisé projeté sur la parcelle choisie, nous avons effectué une vérification de la pression à la sortie de la borne, afin d'assurer la pression nominale de 10 m.c.e dans le goutteur le plus éloigné et cela pour assurer le bon fonctionnement des goutteurs.

CHAPITRE VI :

Organisation de chantier et estimation du cout du projet

CHAPITRE VI : ORGANISATION DE CHANTIER ET ESTIMATION DU COUT DU PROJET

VI-1) Introduction

La pose des canalisations joue un rôle très important dans leur stabilisation et leur durabilité. C'est pourquoi, et également dans le but d'obtenir une meilleure coordination des travaux sur le terrain, nous allons exposer de façon générale, la pose de canalisation à effectuer dans notre périmètre, une chronologie des travaux à entreprendre, ainsi que les engins de terrassement qui vont être utilisés pour la mise en place des conduites.

L'étude du devis estimatif nous permet d'avoir une idée sur le coût de réalisation de notre projet, ce calcul consiste à déterminer les quantités de toutes les opérations à effectuer sur le terrain, on multiplie le volume des travaux par le prix unitaire.

VI-2) Les actions reçues par les conduites:

Les conduites enterrées sont soumises à des actions qui sont les suivantes :

- La pression verticale due au remblai
- La pression résultant des charges roulantes
- La pression résultant des charges permanentes de surface
- La pression hydrostatique extérieure due à la présence éventuelle d'une nappe phréatique
- Le poids propre de l'eau véhiculée
- Le tassement différentiel du terrain
- Les chocs lors de la mise en œuvre
- Action des racines des arbres

VI-3) Exécution des travaux

Les principales étapes à exécuter pour la pose des canalisations sont :

- Vérification, manutention des conduites
- Décapage de la couche du goudron (si elle existe)
- Emplacement des jalons des piquets
- Exécution des tranchées et des fouilles pour les regards

- Aménagement du lit de pose
- La mise en place des canalisations en tranchée
- Assemblage des tuyaux
- Faire les essais d'étanchéité pour les conduites et les joints
- Remblai des tranchées

VI-4) Choix des engins de terrassement

Il est important de choisir pour chaque type de travaux, l'engin et le matériel, les mieux adaptés, de manière à obtenir un meilleur rendement. Pour notre cas on a envisagé de choisir les engins suivants :

VI-4-1) Bulldozer

Grâce à sa puissance qui est caractérisée par celle du tracteur et qui varie de 25 à 400 cheval, ainsi que par la longueur de sa lame qui varie de 1,8 à 6m le bulldozer permet de préparer les terrains à excaver, et d'éliminer les obstacles.



Figure VI.1 : Le Bulldozer

VI-4-2) Pelle équipée en rétro

On opte pour un excavateur à godet de 0,5m³, pelle équipée en rétro, vu ses avantages adaptés à la coupe transversale de la tranchée et qui se présente par les opérations suivantes

- ✓ Peut excaver dans la direction de la machine
- ✓ Creuser au-dessous de la surface d'appui
- ✓ Creuser à une profondeur importante
- ✓ Creuser rapidement et avec précision les tranchées à talus verticaux



Figure VI.2: Pelle équipée en rétro

VI-4-3) Les chargeurs

Ce sont des tracteurs sur lesquels montent à l'avant deux bras articulés, actionnés par des vérins et portent un godet.

Si les travaux ne sont pas très importants, on utilise le rétro chargeur.



Figure VI.3 : Le Chargeur

VI-5) Devis de réseau d'irrigation localisée :

Les globaux des pièces sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau VI.1 Factures pro-forma des pièces du réseau d'irrigation

Pièces	Unité de mesure	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
TubeØ40 PEHD	m/l	11500	141.51	1627365
TubeØ110 PEBD	m/l	510	632.3	322473
TubeØ125 PEHD	m/l	76.53	1132.24	86650.327
TubeØ160 PEHD	m/l	2977.85	1361.17	4053360.5
TubeØ200 PEHD	m/l	607.02	2932.06	1779819.1
TubeØ250 PEHD	m/l	505.37	3519.72	1778760.9
TubeØ315 PEHD	m/l	937.16	4508,21	4224914.1
TubeØ400 PEHD	m/l	2193.62	6007.06	13177207
Vanne Ø110	U	6	12000	72000
Vanne Ø150	U	7	14000	98000
Vanne Ø90	U	14	4500	63000
Filtre à tamis métallique	U	1	13500	13500
Manomètre glycérine 10bars	U	1	832.92	832.92
TOTAL				27.297.882

Les prix des conduites sont à la base de catalogue de Groupe K- PLAST.

VI-5-1) Dépenses des travaux

Le prix de terrassement est égal à :

Pour les déblais :

$$F_{\text{deb}} = V_{\text{deb}} \cdot K_{\text{deb}} \dots\dots\dots(\text{VI.1})$$

K_{deb} : prix de 1 m³ de déblai=300 DA

V_{deb} : volume total de déblai

Pour les remblais:

$$F_{\text{rem}} = V_{\text{rem}} \cdot K_{\text{rem}} \dots\dots\dots(\text{VI.2})$$

K_{rem} : prix de 1 m³ de remblai=100 DA

V_{rem} : volume total de remblai

VI-5-1-1) Calcul du volume de déblai et remblai :

La pose en terre des conduites s’effectue dans un tranché dont la largeur de fond B sera donnée par la formule suivante :

$$B=D+2\times 0,3 \dots\dots\dots(VI.3)$$

D : diamètre de la conduite (m)

La profondeur de fouille est en fonction du diamètre de la conduite, de la température du lieu (max, min) et les sollicitations des charges mobiles.

$$H\geq D+0,8$$

$$\text{Déblai} =L.H.B \dots\dots\dots(VI.4)$$

$$\text{Remblai} = \text{déblai} - \left(\pi \frac{D^2}{4}\right).L \dots\dots\dots(VI.5)$$

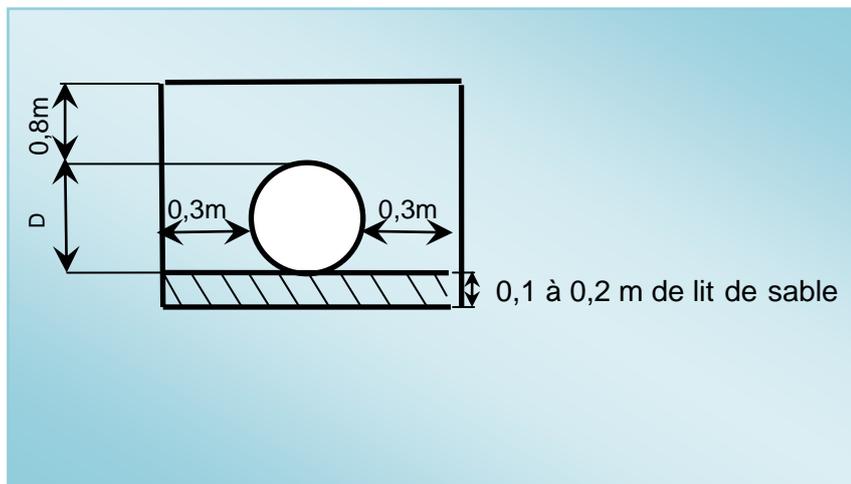


Figure VI.4: Schéma simplifié pour place la conduite principale

Tableau VI .2: Calcul de terrassement

Ø (mm)	B (m)	H (m)	L(m)	Déblai (m ³)	Remblai (m ³)
160	0.648	1.3	2977.85	2508.54	2448.71
200	0.66	1.3	607.02	520.82	501.75
250	0.675	1.3	505.37	443.46	418.66
315	0.69	1.3	937.16	840.63	774.41
400	0.72	1.3	2193.62	2053.22	1 777.70

Donc pour le déblai:

$$F_{\text{deb}} = 6366.67 \times 300 = 1\,910\,001 \text{ DA}$$

Pour le remblai :

$$F_{\text{rem}} = 5921.23 \times 100 = 592\,123 \text{ DA}$$

Donc :

Le cout total des dépenses des travaux égaux : **2 502 124** DA, donc le cout total du projet est égale **29.800.006 D**

En ajoute 40 % pour les travailleurs donc cout total du projet à égale **41.720.009** DA, écrit en lettre : **Quarrent et un millions et sept cent vingt milles et neuf dinars algériens.**

VI-6) Conclusion

On constate que le coût de la projection du réseau d'irrigation localise et le réseau de distribution est évalué à **41.720.009 DA**.

D'après le coût de la projection des réseaux que nous avons obtenus, on remarque que l'estimation financière du réseau d'irrigation localisée est relativement importante. Cette élévation est due à l'utilisation d'un nombre de conduites assez important, et a la filtration qui demande des équipements trop chers.

CONCLUSION GENERALE

L'objectif fondamental visé par l'élaboration de ce mémoire de fin d'étude est de dimensionner un réseau d'irrigation du périmètre de Hassi Lfhel-secteur 01- (wilaya de Ghardaïa) à partir de deux Forage.

Vu le retard de développement de la production agricole dans la région d'étude qui se heurte en premier lieu, à une réalité climatique dont on a pu en faire une analyse climatique et en déterminer les contraintes naturelles, Parce qu'étant un support indispensable on peut dire que notre climat est de type « saharienne » d'étage climatique. Nous avons également insisté sur la géologie, l'hydrogéologie et la pédologie de la région, En seconde lieu, on a évoqué la ressource d'eau ; sa disponibilité, la composition chimique et la classification des eaux pour l'irrigation, on est arrivé à dire que l'eau du deux forage est de qualité adequate, donc elle peut être utilisée pour l'irrigation de notre parcelle.

On s'aperçoit, en effet, que cette analyse qui a été faite sur les différentes contraintes qui caractérisent notre région d'étude nous oblige à opérer le bon choix de la technique et le système d'irrigation. Et pour que ce choix s'établisse correctement on a jugé utile de déterminer les besoins en eau.

Enfin, le choix s'est porté sur le système d'irrigation localisée, vu que ce dernier répond parfaitement aux exigences des cultures choisies, et c'est le plus recommandé de par le monde afin d'économiser la ressource d'eau.

Dimensionner ; ne se limite pas seulement au dimensionnement du réseau d'irrigation, mais aussi les différents organes du réseau d'irrigation, comme les réservoirs de stockages, Puis vers la conduite principale qui alimente les conduites secondaires, où ces dernières alimentent les porte-rampes et les rampes, et au final, on arrive aux goutteurs qui alimentent les plantes. Ce qu'il convient de mettre en exergue dans ce travail est le coût de projet, dont le devis estimatif est très élevée, environ de 40 million dinars, cette élévation est due à l'utilisation d'un nombre de conduites assez raisonnable, , le projet va apporter l'économie sur l'énergie électrique, puisque les agriculteurs sont pas obligés de payer les factures d'électricité de moment que leurs champs agricoles reçoivent l'eau seulement par gravité.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Bulletin N°30 FAO Calcul des besoins en eau des cultures p40.
- [2] Bulletin DE FAO N° 24 Les besoins en eau des cultures, 1975 (A C* E F) p45.
- [3] F.ZEROUATI (2014), Dimensionnement du périmètre d'irrigation de boukali commune el abadia wilaya d'Ain defla.
- [4] M. MESSAHEL (1988) : Irrigation au goutte à goutte (Régime d'irrigation) Edition O.P.U.Alger p102 .
- [5] A.KANTAOUI (2015) dimensionnement d'un réseau d'irrigation périmètre de bordjia dans la commune de Sirat (Mostaganem) sur 107 ha à partir de forage.
- [6] T.BENDADA (2013) : Dimensionnement d'un réseau d'irrigation du périmètre Tlaghma- Secteur Sud- (Wilaya de Mila) d'une superficie de 358 ha. À partir du barrage réservoir. .
- [7] Ollier, Ch, Poirée, M (1983). Les réseaux d'irrigation théorie, technique et économie des arrosages, Paris. 500P p117.
- [8] R.Moussaoui (2013) : dimensionnement d'un réseau d'irrigation par système goutte à goutte d'un périmètre destiné à la culture maraichère, Hassi Khalifa (W. El Oued). 2013.
- [9] B.TOUAIBIA (2001-2002) :« Cours de l'hydrologie » ENSH, Guerouaou (Blida)
- [10] B. BENHAFID(2008) : Etude du réseau d'irrigation du périmètre El-Houba (W-Biskra.
- http://www.agrometeo.fr/coef_culturaux.asp
- <http://www.irrijardin.fr/boutique/goutte-a-goutte/toutes-les-marques/all>

ANNEXES

ANNEXE 1

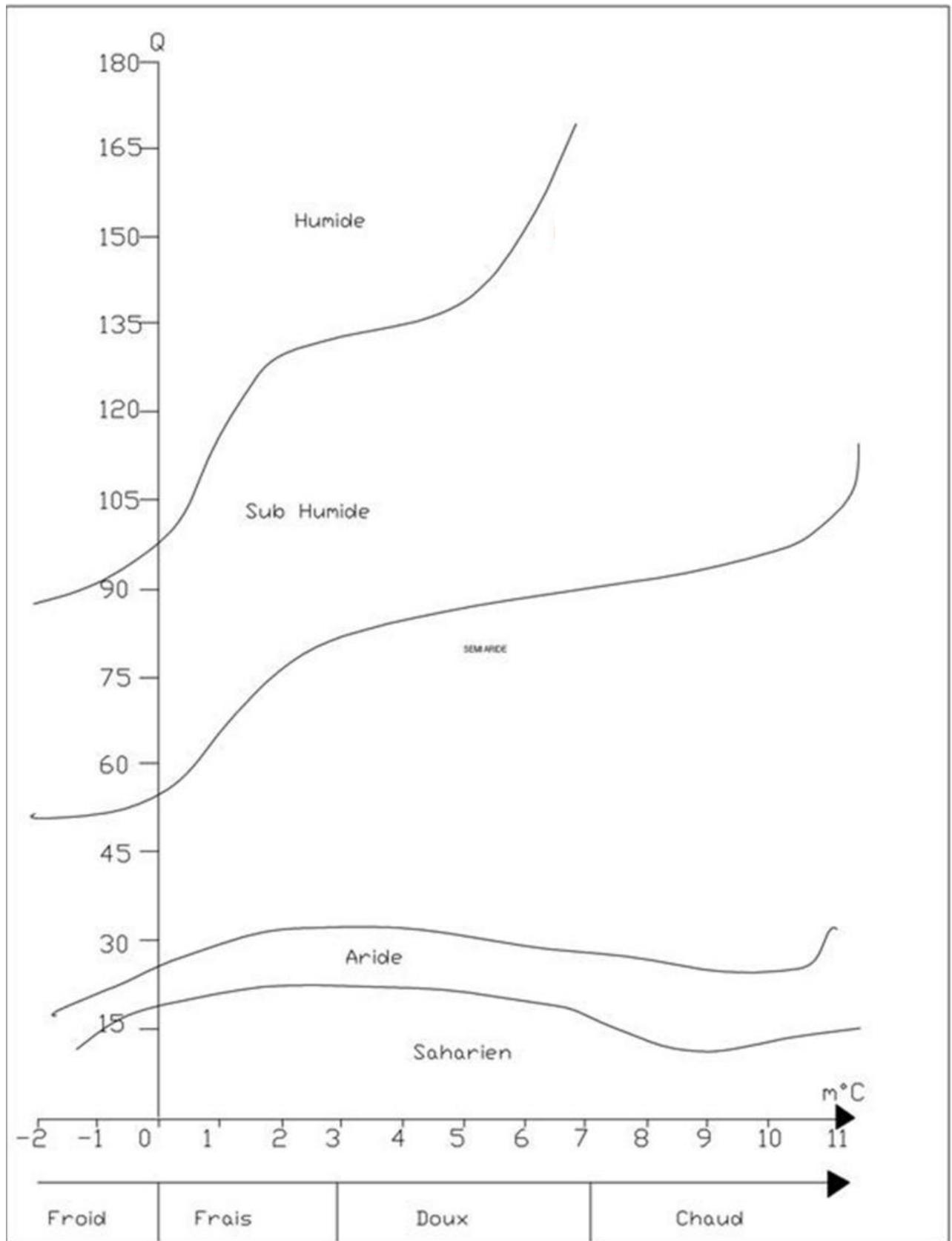


Diagramme bioclimatique d'Emberger

ANNEXE 2

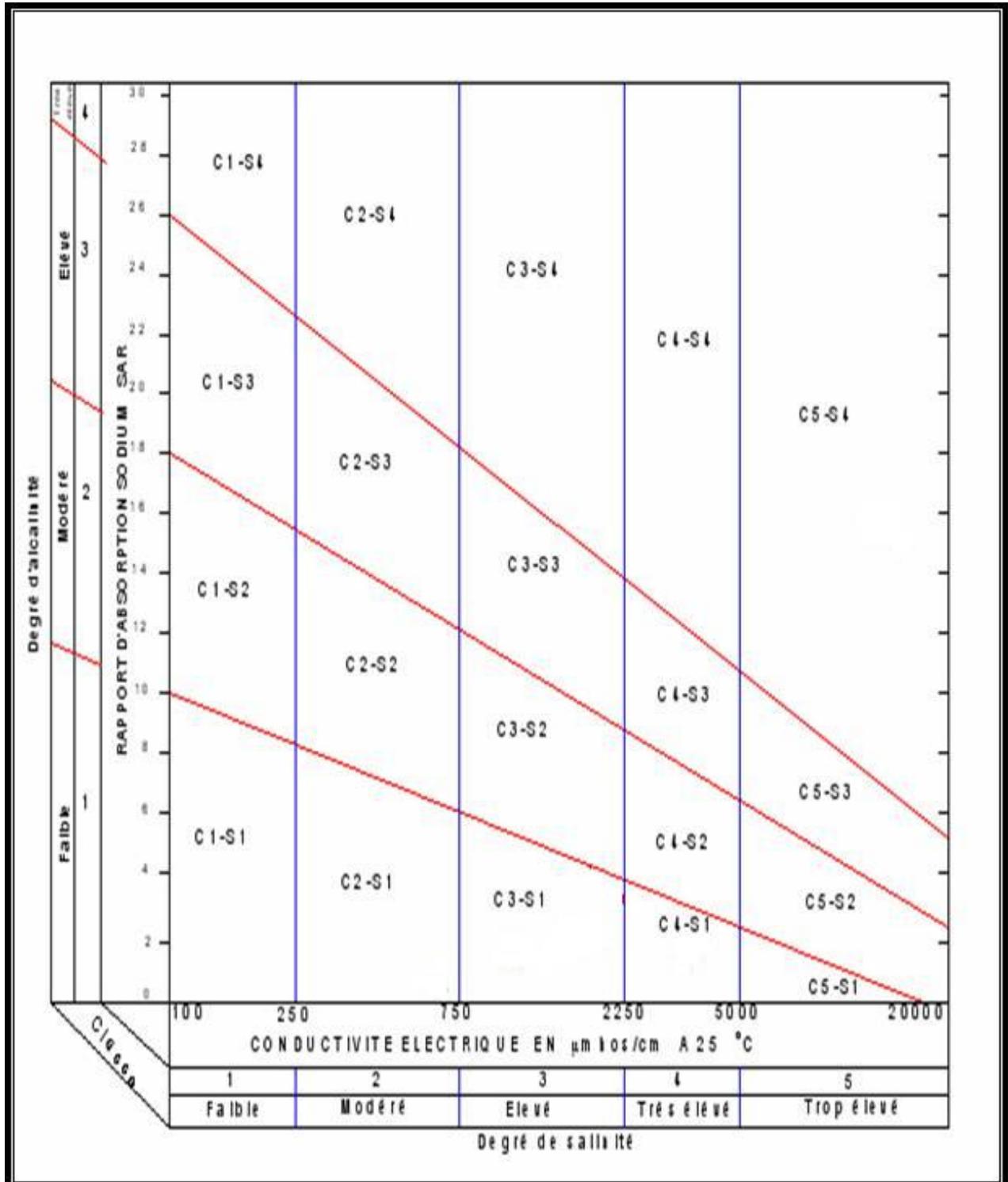


Diagramme de classification des eaux d'irrigation

ANNEXE 3

Caractéristiques hydriques de quelques sols

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

ANNEXE 4

Valeurs minimales et maximales de Z pour diverses cultures

Cultures	Z m
Tomates	1 - 1,2
Cultures maraîchères	0,3 - 0,6
Agrumes	1 - 1,2
Arbres fruitiers à feuilles caduques	1 - 2
Vigne	1 - 3

ANNEXE 5



GROUPE K-PLAST
FABRICATION DE TUBES PVC et PE



UNITE TUBE

GAMME DE PRIX
TUBES PEHD EAU (PE80 & PE100)

TUBES PEHD : PN 06				
Code	Diam. Ext.	EP. mm	Prix H.T DA/ML	Prix TTC DA/ML
-	Ø20	-	-	-
13003	Ø25	-	36,28	42,45
13006	Ø32	-	48,35	56,57
13009	Ø40	2.0	64,6	75,58
13012	Ø50	2.4	98,25	114,95
13015	Ø63	3.0	160,25	187,49
13018	Ø75	3.6	225,21	263,49
13022	Ø90	4.3	296,03	346,35
13025	Ø110	4.0	357,86	418,70
13040	Ø125	-	473,08	553,50
13030	Ø160	5.8	770,85	901,89
13044	Ø200	7.2	1 163,39	1 361,17
13050	Ø250	9.1	1 950,00	2 281,5
3042	Ø315	11.4	3 080,00	3 603,6
3039	Ø400	14.5	5 134,24	6 007,06
3051	Ø500	19.1	6 938,13	8 117,61
3052	Ø630	24.1	12 682,50	14 838,53

TUBES PEHD : PN 10				
Code	Diam. Ext.	EP. mm	Prix H.T DA/ML	Prix TTC DA/ML
P3513000	Ø20	-	29,07	34,01
P3513004	Ø25	2.5	38,28	44,79
P3513007	Ø32	2.5	55,48	64,91
P3513010	Ø40	3.0	84,10	98,40
P3513013	Ø50	3.7	135,26	158,25
P3513016	Ø63	4.7	209,69	245,34
P3513019	Ø75	5.6	300,50	351,59
P3513023	Ø90	5.4	359,09	420,14
P3513026	Ø110	6.6	540,50	632,39
P3513028	Ø125	7.4	660,13	772,35
P3513031	Ø160	9.5	1 142,25	1 336,43
P3513033	Ø200	11.9	1 650,84	1 931,48
P3513035	Ø250	14.8	2 595,00	3 036,16
P3513041	Ø315	18.7	4 093,57	4 789,47
P3513038	Ø400	23.7	6 698,74	7 837,53
P3513049	Ø500	29.7	10 152,51	11 878,44
P3513048	Ø630	37.4	15 738,79	18 414,38

TUBES PEHD : PN 16				
Code	Diam. Ext.	EP. mm	Prix H.T DA/ML	Prix TTC DA/ML
001	Ø20	2.3	32,18	37,66
005	Ø25	2.8	50,85	59,49
008	Ø32	3.6	78,51	91,86
011	Ø40	4.5	120,95	141,51
014	Ø50	5.6	188,28	220,29
017	Ø63	7.1	297,95	348,60
020	Ø75	8.4	407,8	477,13
024	Ø90	8.2	510,71	597,53
027	Ø110	10.0	757,19	885,91
029	Ø125	11.4	967,90	1 132,44
032	Ø160	14.6	1 560,00	1 825,20
034	Ø200	18.2	2 472,00	2 892,24
035	Ø250	22.7	3 815,00	4 463,55
037	Ø315	28.6	5 850,00	6 844,50
039	Ø400	36.3	9 320,00	10 904,40
041	Ø500	45.4	14 911,00	17 445,87
043	Ø630	57.2	23 123,50	27 054,50

TUBES PEHD : PN 20				
Code	Diam. Ext.	EP. mm	Prix H.T DA/ML	Prix TTC DA/ML
P3513101	Ø20	2.3	38,01	44,47
P3513102	Ø25	3.0	53,29	62,35
P3513103	Ø32	3.6	82,22	96,20
P3513104	Ø40	4.5	128,15	149,94
P3513105	Ø50	5.6	200,7	234,82
P3513106	Ø63	7.1	338,73	396,31
P3513107	Ø75	8.4	447,35	523,40
P3513108	Ø90	10.1	627,09	733,70
P3513109	Ø110	12.3	948,86	1 110,17
P3513110	Ø125	14.0	1 202,75	1 407,22
P3513111	Ø160	17.9	1 947,59	2 278,68
P3513112	Ø200	22.4	3 121,70	3 652,39
P3513113	Ø250	27.9	4 846,33	5 670,21
P3513114	Ø315	35.2	7 585,88	8 875,48
P3513115	Ø400	44.7	12 110,03	14 168,74
P3513054	Ø500	55.8	19 063,81	22 304,66
-	Ø630	-	-	-

* Longueur de Tubes : du Diamètre 25 mm au 110 mm sont des Couronnes (Rouleaux) de 100 ML.
 * Longueur de Tubes : du Diamètre 125 mm au 400 mm sont des tubes de 12 ML.
 * Longueur de Tubes : du Diamètre 500 mm au 630 mm sont des tubes de 06 ML.

le Industriel setif TEL: 036 92 41 12 /93 01 80 FAX: 036 93 58 60

SARL K-PLAST
Transformation de Plastique
Cité du 1^{er} Novembre 1954
Boulevard SETIF 6
Un "K" à retenir...